

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Вінницький навчально-науковий інститут економіки
Кафедра економіки, обліку та оподаткування

Костюк Д.О.

**Підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів
автомобілів**

Improving the efficiency of car engine servicing

Спеціальність 274 – Автомобільний транспорт

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи

АТмвн-21

Кваліфікаційна робота
Допущено до захисту
_____ 2024 р.
Завідувач кафедри
_____ В.М.Пилявець

Вінниця 2024

АНОТАЦІЯ

Костюк Д.О. Підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів автомобілів. - Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», освітньо-професійна програма. - Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2024.

У роботі дано визначення поняття сервісного обслуговування автомобілів, уточнено методику забезпечення якості технологічного процесу на ремонтних підприємствах, запропоновано шляхи підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів автомобілів.

ANNOTATION

Kostyuk D.O. Improving the efficiency of car engine servicing. - Manuscript.

Continuing to obtain the master's degree in specialty 274 "Automotive transport", educational and professional program. - Western Ukrainian National University, Ternopil, 2024.

The work has a clear understanding of car servicing, the methodology for ensuring the integrity of the technological process at repair facilities was clarified, and ways to improve the efficiency of service maintenance of automobile engines were established.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ.....	7
1.1. Суть поняття сервісного обслуговування автомобілів.....	7
1.2 Контроль якості в машинобудуванні та ремонтному виробництві	10
РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ З'ЄДНАННЯ «ПОРШЕНЬ - ГІЛЬЗА»	16
2.1 Визначення оптимального числа груп селекції з умови якості контролю.....	16
2.2 Методика забезпечення якості технологічного процесу на ремонтних підприємствах.....	19
РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ.....	25
3.1 Вибір засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів	25
3.2. Оцінка стабільності технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір	28
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Технічний сервіс має вирішальне значення для підтримки складної сільськогосподарської техніки в належному стані. На якість ремонту впливає багато факторів, але найважливішими є операції контролю, завдання яких – запобігти дефектам на виробництві та їх потраплянню до споживача. Сучасна статистика показує, що на провідних підприємствах інструменти контролю якості вирішують від 80 до 95% проблем, але в дрібносерійному ремонтному виробництві вони застосовуються недостатньо. Інструменти контролю якості дають підприємству можливість отримувати точну інформацію про якість продукції та своєчасно вживати коригувальні та запобіжні заходи для зменшення дефектів у виробництві. Якість відремонтованих деталей, вузлів та агрегатів залежить також від правильного вибору засобів вимірювання та контролю, що дозволяє зменшити кількість помилково прийнятих та відхилених деталей, а також знижує внутрішні та зовнішні втрати. Це особливо важливо для забезпечення якості та точності контролю деталей при селективному складанні, а також для уникнення незавершеного виробництва.

У роботі розглянуто одну із ключових проблем – підвищення якості ремонту з'єднання «поршень - гільза» двигунів шляхом вдосконалення методів і вибору засобів контролю.

Питаннями підвищення якості контролю під час ремонту техніки займалися такі вчені, як Голубєв І.Г., Дорохов А.С., Єрохін М.Н., Іванов А.І., Карепін П.А., Кряжков В.М., Корнілович С.А., Лезін П.П., Левшин А.Г., Лельчук П.П., Леонов О.А., Михлин В.М., Рижков А.І., Сковородин В.Я., Фатхутдінов Р.А., Халфин М.А., Шкаруба Н.Ж. та інші.

Однак на сьогодні залишаються невирішеними питання наявності незавершеного виробництва та вибору засобів вимірювань при селективному складанні, а інструменти контролю якості майже не застосовуються при ремонті техніки.

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення якості складання з'єднання «поршень - гільза» двигуна під час ремонту шляхом обґрунтування, адаптації та впровадження інструментів контролю якості, вдосконалення селективного складання і методики вибору засобів вимірювань з метою зменшення незавершеного виробництва та кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1.Провести аналіз процесу ремонту гільз циліндрів та вхідного контролю поршнів з точки зору можливості використання методів і засобів контролю для забезпечення якості селективного складання.

2.Теоретично обґрунтувати та практично впровадити метод групової взаємозамінності з'єднань «поршень - гільза» двигуна для значного зменшення незавершеного виробництва при селективному складанні.

3.Розробити методику оцінки дефектності процесу ремонту гільз циліндрів, визначити контрольні точки, де необхідно застосовувати інструменти контролю якості для виявлення браку.

4.Провести метрологічний аналіз контрольних точок і розробити методику вибору засобів вимірювання для контролю гільз циліндрів і поршнів двигуна при селективному складанні.

5.Створити програму для ЕОМ для розрахунку кількості неправильно прийнятих і неправильно відхиленних деталей.

Об'єкт досліджень: відновлені до першого ремонтного розміру гільзи циліндрів та поршні ремонтного розміру двигуна ЗМЗ сімейства 402. Технологічні процеси ремонту гільз циліндрів, комплектації та складання з поршнем.

Предмет досліджень: обґрунтування використання класичних і нових інструментів контролю якості в ремонтному виробництві на прикладі процесу ремонту з'єднання «поршень - гільза» двигуна.

Наукова новизна:

Розроблено методику оцінки рівня дефектності технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів.

Вдосконалено форму контрольного листка, де впроваджено розрахунок даних про втрати від виправного і невиправного браку по всій номенклатурі можливих дефектів.

Розроблено методику вибору засобів вимірювань при селективному складанні.

Теоретично обґрунтовано застосування групової взаємозамінності в з'єднанні «поршень - гільза» з метою покращення якості складання з'єднання та виключення незавершеного виробництва.

Теоретична і практична значущість роботи. Використання методики вибору засобів вимірювань при селективному складанні дозволило знизити кількість неправильно прийнятих і неправильно відхилених деталей при ремонті з'єднання «поршень - гільза» циліндрів двигунів ЗМЗ-402 на 10-15%.

Застосування групової взаємозамінності в з'єднанні «поршень - гільза» дозволило повністю виключити незавершене виробництво та зменшити допуск посадки вдвічі.

Методологія і методи досліджень. Використовувалися методика мікрометражу і дефектації відновлених і нових деталей, методика визначення неправильно прийнятих і неправильно відхилених деталей за РД 50-98-86. Для обробки експериментальних даних застосовувалися методи теорії ймовірностей, математичної статистики та комп'ютерні програми.

Структура дипломної роботи. Дана дипломна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

1.2. Суть поняття сервісного обслуговування автомобілів

Технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту автомобілів охоплюють комплекс взаємопов'язаних операцій, спрямованих на підтримання або відновлення їхнього технічного стану відповідно до встановлених стандартів. Ці процеси включають діагностику, планування, проведення обслуговування чи ремонту, контроль якості виконаних робіт і оформлення документації. На першому етапі проводиться діагностика для визначення технічного стану автомобіля та виявлення несправностей, що дозволяє скласти план необхідних заходів. Після цього виконується технічне обслуговування або ремонт, залежно від потреби.

Технічне обслуговування може включати щоденні перевірки, періодичну заміну витратних матеріалів, підготовку автомобіля до сезонної експлуатації тощо. Ремонтні роботи поділяються на поточний, середній та капітальний ремонт, залежно від складності та обсягу необхідного втручання.

Важливим етапом є контроль якості виконаних робіт, який включає перевірку ходових характеристик автомобіля, тест-драйв, повторну діагностику для підтвердження усунення несправностей і візуальний огляд. Завершальним етапом є оформлення документації, де фіксуються результати виконаних робіт і надаються рекомендації для подальшого обслуговування.

Сучасні технологічні процеси орієнтовані на автоматизацію, використання інноваційних технологій та профілактичний підхід до обслуговування.

Автоматизація дозволяє оптимізувати графіки обслуговування, контролювати процеси та знижувати витрати. Інноваційні рішення, такі як комп'ютерні сканери, роботизовані системи та 3D-друк, покращують точність діагностики та швидкість виконання робіт. Профілактичний підхід спрямований на регулярне обслуговування для запобігання серйозним несправностям, що сприяє продовженню терміну служби автомобіля. Усі ці заходи спрямовані на забезпечення надійності, безпеки та економічності експлуатації транспортних засобів.

Ефективність сервісного обслуговування автомобілів визначає якість, швидкість і економічність виконання робіт, пов'язаних із підтриманням технічного стану транспортних засобів. Висока ефективність сервісного обслуговування сприяє підвищенню задоволеності клієнтів, зниженню експлуатаційних витрат і забезпеченню тривалої експлуатації автомобілів.

Основними критеріями оцінки ефективності є:

1. Швидкість обслуговування - оперативне виконання діагностичних, ремонтних і профілактичних робіт є важливим чинником, що впливає на задоволеність клієнтів і мінімізує простої автомобілів.

2. Якість виконаних робіт, передбачає високий рівень професіоналізму персоналу, використання сучасного обладнання і технологій, а також дотримання стандартів гарантує довговічність виконаних ремонтів та усунення несправностей.

3. Технічна оснащеність сервісу: використання сучасного діагностичного обладнання, автоматизованих систем управління процесами та інструментів значно покращує якість обслуговування та скорочує час на виконання завдань.

4. Вартість обслуговування: передбачає конкурентні ціни, прозорість тарифів та економічна доцільність виконаних робіт відіграють важливу роль у формуванні довіри клієнтів.

5. Прогнозування та профілактика - впровадження систем превентивного обслуговування на основі аналізу технічного стану автомобіля дозволяє уникати серйозних несправностей і скоротити витрати на ремонти.

6. Організація процесів це раціональне планування роботи сервісу, автоматизація процесів прийому заявок і управління технічним обслуговуванням дозволяють уникнути затримок і забезпечують безперебійну роботу.

7. Клієнтоорієнтованість: надання додаткових послуг, таких як консультації, інформація про стан ремонту в режимі реального часу, гарантія на виконані роботи, сприяє підвищенню лояльності клієнтів.

Для покращення ефективності сервісного обслуговування необхідно впроваджувати сучасні інформаційні системи, які забезпечують автоматизацію процесів планування, обліку та управління обслуговуванням. Також важливим є

підвищення кваліфікації персоналу, впровадження нових технологій ремонту та діагностики, оптимізація логістики запасних частин і зменшення часу виконання робіт.

Постійний аналіз показників ефективності, таких як середній час обслуговування, рівень задоволеності клієнтів, кількість повторних звернень та фінансові результати, дозволяє вчасно виявляти проблеми та впроваджувати заходи для їх вирішення. Ефективне сервісне обслуговування сприяє зміцненню репутації компанії, підвищенню конкурентоспроможності та забезпеченню довгострокової прибутковості.

Технічне обслуговування та поточний ремонт автомобілів в умовах автотранспортних підприємств, є досить складним технологічним процесом, що складається з окремих, послідовно виконуваних технічних операцій. Однією з основних умов якісного виконання технічного обслуговування, є своєчасне виконання. Передчасне виконання обслуговування призводить до нераціонального витрачання праці, засобів та матеріалів, а виконання обслуговування через більший період на відміну з прийнятою періодичністю призводить до того, що обслуговування втрачає своє профілактичне значення.

Виконання робіт пов'язаних з технічним обслуговуванням та ремонтом автомобілів або окремих їх вузлів, потребують застосування відповідного технологічного обладнання різноманітного призначення. Виходячи з цього, оснащення постів зони обслуговування та ремонтних ділянок, впливатиме на якість виконання технічного обслуговування і ремонту автомобілів, продуктивність та умови праці ремонтно-обслуговуючих працівників. Зростаючі вимоги до питань охорони праці, а також полегшення умов роботи працівників, вимагають підвищення рівня механізації та автоматизації виробництва, а підвищені вимоги до рівня якості автомобілів, потребують застосування нових видів обладнання, що дасть змогу реалізувати прогресивні підходи в технологіях обслуговування та ремонту. Останнім часом, за умов зростання кількості марок і моделей автомобілів, що обслуговуються на автотранспортних підприємствах, потреба в спецінструментах і технологічному обладнанні зростає все більше. Промислові

підприємства, для сучасних автотранспортних підприємств випускають широку номенклатуру технологічного обладнання, що відрізняються як конструкційно, так і за принципом дії. Потреба в кількості обладнання для автотранспортних розраховується залежно від його потужності, виробничої програми, типу та кількості рухомого складу, враховується кількість змін роботи зон технічного обслуговування і ремонту, а також їх тривалість. Вагомими факторами є, трудомісткості робіт, кількість робочих постів, кількість працівників, запас матеріалів та інші чинники.

Обладнання зон технічного обслуговування, наприклад піднімальнооглядове, обирається з врахуванням кількості робочих постів та їх варіантів розміщення, з врахуванням поправки на кількість робітників, які працюють одночасно [1].

Оглядові канали, є універсальним обладнанням, що забезпечує можливість одночасного обслуговування автотранспорту, як знизу так і зверху. Облаштування оглядових каналів, залежить від можливостей виробничої бази автотранспортного підприємства

1.2. Контроль якості в машинобудуванні та ремонтному виробництві

Контроль якості в машинобудуванні та ремонтному виробництві є ключовим елементом забезпечення надійності, довговічності та безпеки виробів і техніки. Він охоплює сукупність заходів, спрямованих на перевірку відповідності продукції чи ремонтних робіт установленим стандартам, технічним умовам та вимогам замовника. Основною метою контролю є запобігання дефектам, підвищення ефективності виробництва та мінімізація витрат, пов'язаних із переробками або рекламаціями.

Контроль якості починається з перевірки вхідних матеріалів і комплектуючих, які використовуються у виробництві чи ремонті. Це дозволяє виявити невідповідності на ранніх етапах і уникнути використання неякісної сировини.

Наступним етапом є контроль у процесі виробництва або ремонту. Це можуть бути як візуальні перевірки, так і вимірювання параметрів із застосуванням спеціального обладнання, наприклад, калібрів, мікрометрів, ультразвукових або

рентгенівських установок. На цьому етапі важливим є моніторинг критичних вузлів і деталей, які можуть впливати на функціональність і безпеку виробу.

Заключний етап включає контроль готової продукції або відремонтованих об'єктів. Це можуть бути функціональні випробування, перевірка точності збирання, тестування на відповідність механічним, фізичним чи хімічним характеристикам. У машинобудуванні особливу увагу приділяють перевірці зварних з'єднань, точності обробки поверхонь і характеристикам роботи механізмів. У ремонтному виробництві важливо підтвердити відновлення технічних параметрів до рівня, який забезпечує їхню подальшу ефективну експлуатацію.

Для підвищення ефективності контролю якості застосовуються сучасні інформаційні технології, автоматизовані системи контролю та методи неруйнівного тестування. Вони дозволяють отримувати більш точні результати, зменшувати людський фактор і скорочувати час на перевірки. Крім того, впровадження систем управління якістю, наприклад, стандартів ISO 9001, дозволяє організувати контроль якості як безперервний процес, інтегрований у всі етапи виробництва чи ремонту.

Контроль якості є також інструментом зворотного зв'язку, що дозволяє виявляти проблемні аспекти у виробничих процесах і вносити корективи для їхнього усунення. Це сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства, зменшенню витрат і підвищенню задоволеності клієнтів. Таким чином, контроль якості в машинобудуванні та ремонтному виробництві є важливою складовою ефективного управління виробничими процесами та гарантією відповідності продукції сучасним вимогам.

Контроль якості здійснюється через послідовність дій, спрямованих на перевірку відповідності продукції, матеріалів і технологічних процесів встановленим стандартам, технічним умовам і вимогам замовника. На початковому етапі проводиться вхідний контроль, який включає перевірку якості матеріалів, сировини та комплектуючих, що надходять на підприємство, для виявлення дефектів і запобігання їх використанню у виробництві. Далі здійснюється операційний контроль, що передбачає перевірку якості під час виконання технологічних операцій, зокрема оцінку точності обробки деталей, правильності

складання та монтажу. Міжопераційний контроль забезпечує оцінку якості напівфабрикатів між етапами виробництва, що дозволяє запобігти накопиченню дефектів на наступних етапах.

На завершальному етапі проводиться фінальний контроль, який включає перевірку готової продукції або відремонтованих об'єктів перед їх передачею в експлуатацію чи клієнту. Цей етап може включати функціональні випробування, тестування на міцність, надійність і відповідність заявленим параметрам. Для моніторингу продуктивності та відповідності характеристик продукції заявленим параметрам може застосовуватися контроль якості під час експлуатації, що дозволяє виявляти та усувати недоліки в реальних умовах використання.

Контроль якості виконується за допомогою різних методів, зокрема візуального огляду, інструментального вимірювання, методів неруйнівного контролю, таких як ультразвукова діагностика або рентгенографія, а також руйнівних випробувань для аналізу міцності або довговічності. Результати контролю документуються, і за потреби здійснюються коригувальні дії.

Впровадження сучасних технологій, таких як автоматизовані системи, дозволяє значно підвищити точність і ефективність контролю, а також знизити вплив людського фактора. Контроль якості є безперервним процесом, інтегрованим у всі етапи виробництва або ремонту, що сприяє підвищенню надійності продукції та зменшенню витрат.

Підвищення ефективності контролю якості передбачає впровадження сучасних методів, технологій і організаційних рішень, які дозволяють підвищити точність перевірок, зменшити витрати часу та ресурсів, а також забезпечити високу надійність продукції. Основними напрямками для вдосконалення є автоматизація, оптимізація процесів, використання новітніх технологій і розвиток персоналу.

Автоматизація процесів контролю якості дозволяє скоротити час перевірок і знизити вплив людського фактора. Використання сучасних автоматизованих систем, таких як системи машинного зору, роботизовані платформи та інтегровані інформаційні системи, дає змогу виявляти дефекти з високою точністю і швидкістю. Інтеграція контролю якості у виробничі лінії за допомогою

датчиків і програмного забезпечення забезпечує безперервний моніторинг параметрів продукції в режимі реального часу.

Оптимізація процесів включає перегляд і вдосконалення існуючих методів контролю. Це може передбачати створення чітких регламентів і стандартів, які визначають вимоги до продукції та процедур перевірки. Використання статистичних методів контролю, таких як контрольні карти Шухарта або методи аналізу варіацій, дозволяє виявляти відхилення від норми ще до виникнення дефектів. Використання новітніх технологій, таких як методи неруйнівного контролю (ультразвук, рентгенографія, лазерне сканування), забезпечує детальний аналіз стану матеріалів і виробів без їх пошкодження. Впровадження цифрових двійників дозволяє моделювати процеси та перевіряти відповідність продукції вимогам ще до її виготовлення. Використання великих даних (Big Data) і штучного інтелекту (ШІ) для аналізу результатів контролю сприяє виявленню закономірностей і прогнозуванню потенційних проблем.

Розвиток персоналу є ще одним важливим аспектом підвищення ефективності контролю якості. Навчання співробітників сучасним методам перевірки, впровадження систем підвищення кваліфікації та мотивація до дотримання стандартів якості забезпечують більш якісне виконання контрольних операцій.

Важливо також формувати культуру якості на підприємстві, де кожен співробітник розуміє свою відповідальність за кінцевий результат.

Постійний моніторинг та аналіз результатів контролю якості дозволяє виявляти слабкі місця у процесах і вчасно вносити необхідні корективи. Використання принципу безперервного вдосконалення (Kaizen) сприяє постійному підвищенню ефективності контролю. Усе це дозволяє забезпечити високу якість продукції, скоротити витрати на переробки та збільшити конкурентоспроможність підприємства.

Контроль якості здійснюється за допомогою різноманітних методів, які дають змогу оцінити відповідність продукції встановленим стандартам, технічним умовам і вимогам замовника. Серед них візуальний контроль, що базується на огляді продукції для виявлення видимих дефектів, таких як тріщини, подряпини або

деформації. Інструментальні методи передбачають використання спеціальних приладів, таких як штангенциркулі, мікрометри або манометри, для вимірювання точності геометричних розмірів, ваги чи інших фізичних характеристик.

Методи неруйнівного контролю дозволяють перевіряти внутрішній стан продукції без її пошкодження. До них належать ультразвуковий контроль для виявлення внутрішніх дефектів, рентгенографія для аналізу структури, магнітно-порошковий метод для виявлення тріщин на поверхні, капілярний метод для перевірки наявності дефектів за допомогою спеціальних речовин та термографія, яка аналізує температурні аномалії. Руйнівний контроль, на відміну від попереднього, передбачає тестування зразків продукції на міцність чи інші характеристики, що призводять до руйнування матеріалу, для оцінки довговічності.

Статистичні методи базуються на аналізі вибіркового даних для оцінки якості партії продукції. Функціональні випробування перевіряють працездатність продукції в умовах, наближених до реальної експлуатації. Хімічний і спектральний аналізи використовуються для оцінки складу матеріалів і сировини, щоб гарантувати їхню відповідність встановленим стандартам.

Сучасні технології дозволяють застосовувати автоматизовані методи контролю, які інтегрують датчики, сканери та програмне забезпечення для швидкої і точної оцінки якості в реальному часі. Крім того, цифрові двійники дають змогу моделювати характеристики продукції на етапі розробки без необхідності створення фізичних зразків. Вибір конкретного методу контролю залежить від специфіки продукції, вимог до якості та виробничих умов, а часто застосовуються комбінації різних підходів для забезпечення високої точності та надійності.

В процесі експлуатації двигунів у гільз циліндрів утворюються такі дефекти, як знос внутрішньої поверхні, знос посадочних пасків і поверхні нижнього опорного бурту, кавітаційне руйнування, відхилення від форми, збільшення шорсткості, нагар, тріщини, задири та раковини. Основним дефектом гільзи циліндрів є знос внутрішньої поверхні. Наразі існує кілька способів відновлення робочої поверхні гільз циліндрів, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

Відновлення робочої поверхні гільз циліндрів є важливим процесом для забезпечення їх належної експлуатації після зношення чи пошкодження. Одним із поширених способів є розточування та хонінгування, яке передбачає механічну обробку внутрішньої поверхні для усунення дефектів і забезпечення потрібної шорсткості.

У разі значного зношення застосовується нанесення покриттів, таких як хромування, нікелювання чи термічне напилення, що дозволяє підвищити зносостійкість та покращити експлуатаційні властивості.

Ще одним методом є наплавлення металу на пошкоджену поверхню з подальшою механічною обробкою, яке ефективно при глибоких дефектах. Для випадків, коли відновлення неможливе, гільзи замінюють на нові, що особливо актуально для двигунів із мокрими чи сухими гільзами.

Шліфування та полірування використовуються для усунення дрібних дефектів і зменшення тертя після основної обробки. У деяких випадках застосовуються вставки з високоміцних матеріалів, що дозволяють зберегти початкові розміри.

Хіміко-термічна обробка, наприклад цементация чи азотування, підвищує міцність та стійкість до зносу, тоді як електроіскрове легування створює зміцнений шар для додаткової зносостійкості. Вибір методу залежить від ступеня зношення, типу двигуна, економічної доцільності та технічних можливостей.

Наразі найпоширенішим методом ремонту робочої поверхні гільз циліндрів є розточування до ремонтного розміру завдяки його простоті та доступності обладнання. Суть цього методу полягає в розточуванні гільзи по внутрішньому діаметру до наступного ремонтного розміру. Ремонтний розмір - це заздалегідь встановлений розмір, який відрізняється від номінального і використовується для обробки або ремонту деталі. Різні виробники визначають певну кількість ремонтних розмірів, зазвичай від одного до трьох. Даним методом ремонтуються багато моделей двигунів, як вітчизняних, так і зарубіжних - ЯМЗ-236, 238; ЗиЛ-508.10; ЗМЗ-5233, 406, 402; УЗАМ-3317, 3313; Chrysler, АМС 242, і т.д.

РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ З'ЄДНАННЯ «ПОРШЕНЬ - ГІЛЬЗА»

2.1 Визначення оптимального числа груп селекції за умови якості контролю

Якщо допуск при розрахунку дуже малий, а способи відновлення і обробки дешеві, можливе застосування селективного складання, щоб уникнути більш дорогих методів.

Розсіяння розмірів деталей по групах селекції - це метод сортування деталей на основі їхніх фактичних розмірів, з метою забезпечення точності складання, мінімізації відхилень у з'єднаннях і покращення якості кінцевого виробу. Цей підхід застосовується в машинобудуванні, де висока точність і взаємозамінність компонентів є критично важливими.

Процес селекції передбачає вимірювання фактичних розмірів деталей і поділ їх на групи залежно від допусків, встановлених у технічній документації. Наприклад, якщо деталь має номінальний розмір 50 мм із допуском $\pm 0,02$ мм, то її можна розділити на кілька груп (наприклад, від 49,98 до 50,00 мм, від 50,00 до 50,02 мм тощо). Це дозволяє підбирати деталі для з'єднань із мінімальними зазорами чи натягами, забезпечуючи оптимальну взаємодію між компонентами.

Чим більше груп селекції, тим більше буде кількість m і n . Для селекції важливе, як потрапляння розмірів деталей в інші групи, так і з інших. Але, чим більше груп селекції, тим менше, наприклад, середній зазор в посадці, тим більше довговічність з'єднання. Маємо такий результат - зменшення середнього зазору або натягу в посадці підпорядковується наступній залежності:

$$\Delta S = 50 / N, \quad (2.1)$$

де ΔS - величина зменшення середнього зазору або натягу в посадці в процентах від конструктивного допуску;

N - число груп селекції.

Згідно РД 50-98-86, процес контролю є досить складним з точки зору математичного опису рішення при визначенні числа m і n .

Ймовірність того, що придатні деталі потраплять в іншу групу (за правилом множення незалежних подій), становить:

$$P_m = \int_{-\infty}^1 p(x) \cdot P_o(x) dx, \quad (2.2)$$

де $p(x)$ - щільність розподілу вимірюваної величини в межах її поля розсіювання, що має відносну ширину ω / T ;

$P_o(x)$ - ймовірність попадання продукції в іншу групу.

Ймовірність попадання деталей з іншої групи в досліджувану групу (за правилом множення незалежних подій):

$$P_m = \int_1^{+\infty} p(x) \cdot P_z(x) dx, \quad (2.3)$$

де $P_z(x)$ - ймовірність того, що продукція буде придатна.

Вплив точності обробки деталей на результати сортування по групах селекції виражається через відносну величину: T / σ . Умова допуск дорівнює зоні розсіювання $T = \omega = 6\sigma$, що при селекції оптимально, так як виключається брак (для цього і проводиться селекція). Складемо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Залежність відношення T / σ від числа груп селекції

Кількість груп	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Величина T / σ по межах груп	60	62	630	63,6 1,2	64 20	6 4,3 2,6 0,9	6 4,5 3 1,5 0	6 4,7 3,3 2 0,7	6 4,8 3,6 2,4 1,2 0

З таблиці 2.1 видно, що загальна формула для визначення відношення T / σ при N групах селекції буде виглядати так:

$$T / \sigma = 6Y / N, \quad (2.4)$$

де Y - парне (при N - парному) або непарне (при N - непарному) число від 0 до N .

Тепер можна підсумувати окремо n і m за результатами, представленими в таблиці 2.1. На основі аналізу якості контролю за Σm (кількість неправильно прийнятих деталей з іншої групи) від загальної кількості прийнятих деталей та Σn

(кількість деталей, що потрапили в іншу групу з досліджуваної) від кількості придатних деталей була складена таблиця 2.2. У цій таблиці прийнята гранична умова для вибору засобів вимірювання, де допустима похибка вимірювання дорівнює граничній, тобто $\pm \delta = \pm \Delta_{\text{lim}}$, з коефіцієнтом точності вимірювань $A_{\text{мет}} (\sigma) = 16\%$. Таблиця 2.2 демонструє, що краще використовувати меншу кількість груп селекції, бажано непарних, оскільки інша схема контролю не зачіпає максимуму щільності розподілу ймовірності контрольованої величини. На рис. 2.1 показано зміну параметрів Σm і Σn залежно від кількості груп селекції.

Визначимо емпіричним способом залежність $\Sigma (m + n)$, % від числа груп селекції для парного і непарного чисел N :

$$\Sigma (m + n) \text{ парне} = 15,100 \cdot N^{0,683}, \quad (2.5)$$

де коефіцієнт кореляції моделі $\rho = 0,996$, тобто модель підходить для вираження інших параметрів;

$$\Sigma (m + n) \text{ непарне} = 5,289 \cdot N^{1,082}, \quad (2.6)$$

де коефіцієнт кореляції моделі $\rho = 0,999$, тобто модель підходить для вираження інших параметрів.

Тепер можна скласти рівняння оптимізації:

$$\Delta S + \Sigma (m + n) \rightarrow \min. \quad (2.7)$$

Вирішимо рівняння для парного і непарного чисел груп селекції. З цією метою диференціюючи рівняння по N : $(50 \cdot N^{-1})' + (15,100 \cdot N^{0,683})' = 0$. Звідки $N_{\text{парне}} = 2,55$; $(50 \cdot N^{-1})' + (5,289 \cdot N^{1,082})' = 0$. Звідки $N_{\text{непарне}} = 3,09$.

Таблиця 2.2

Зміна параметрів Σm і Σn в залежності від числа груп селекції

кількість груп	$A_{\text{мет}} (\sigma)$	$\Sigma m, \%$	$\Sigma n, \%$	$\Sigma (m + n), \%$
2	16	12,4	12,8	25,2
3	16	7,0	10,2	17,2
4	16	15,9	21,0	36,9
5	16	12,0	18,7	30,7
6	16	20,7	29,1	49,8
7	16	16,7	27,0	43,7
8	16	25,5	37,3	62,8
9	16	21,8	34,8	56,4
10	16	30,6	45,0	75,6

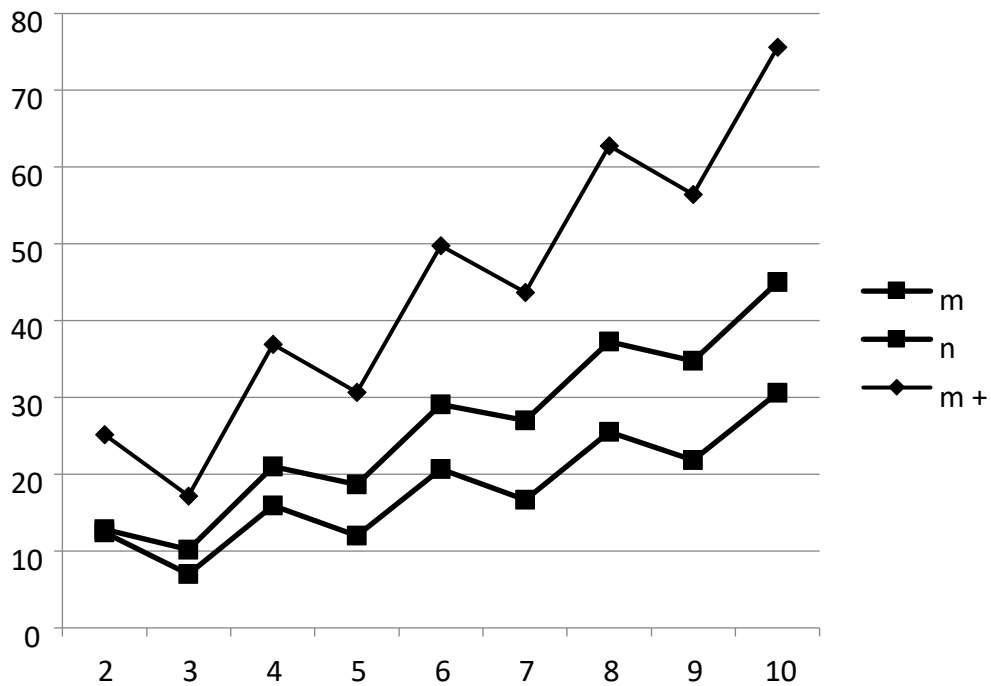


Рис. 2.1 Зміна параметрів Σm і Σn в залежності від числа груп селекції

Оскільки на практиці спостерігається зміщення центру розсіювання, то можливі взаємні переходи ($\Sigma (m + n)$ парне \leftrightarrow $\Sigma (m + n)$ непарне, через розбіжність, наприклад, межі (при трьох групах) другої групи з серединою центру розсіювання, тоді остаточно приймемо $n_{\text{опт}} \leq 3$ групи.

2.2 Методика забезпечення якості технологічного процесу на ремонтних підприємствах

Методика забезпечення якості технологічного процесу на ремонтних підприємствах включає визначення вимог до якості, розробку системи контролю, впровадження інструментів статистичного аналізу, адаптацію технологічних процесів, навчання персоналу, виявлення та усунення причин дефектів, а також регулярний моніторинг ефективності заходів. Основними аспектами є забезпечення точності технологічного процесу, впровадження селективного складання, контроль параметрів процесу, аналіз дефектів та коригувальні дії, модернізація обладнання і методів контролю. Це дозволяє забезпечити стабільну якість продукції, мінімізувати дефекти та оптимізувати витрати на ремонт.

Загальну методику застосування методів і засобів забезпечення якості на ремонтних підприємствах можна представити у вигляді схеми. Для безперервного забезпечення та контролю якості метрологічне забезпечення та застосування статистичних інструментів контролю якості повинні здійснюватися паралельно.

Методика забезпечення якості на ремонтних підприємствах полягає в послідовному виконанні наступних етапів:

1. Аналіз вимог до якості: на цьому етапі визначаються критерії та стандарти якості, відповідно до яких буде здійснюватися ремонт. Враховуються технічні умови, специфікації замовника та нормативні документи.

2. Розробка системи контролю якості: формується система, що включає процедури, методи й інструменти для перевірки параметрів технологічного процесу. Розробляються контрольні карти, точки перевірки та система допусків.

3. Впровадження методів контролю якості: реалізуються сучасні інструменти контролю, такі як статистичний аналіз процесів (SPC), метод FMEA для аналізу потенційних відмов і 6 Sigma для зменшення варіабельності.

4. Адаптація технологічного процесу: удосконалюються технологічні карти, модернізується обладнання та впроваджуються нові методи, які підвищують точність і надійність виконання процесу.

5. Селективне складання: здійснюється ретельний відбір компонентів за розмірами й іншими параметрами для забезпечення оптимального складання вузлів. Це знижує рівень дефектності та підвищує якість з'єднань.

6. Навчання персоналу: працівники проходять тренінги з використання сучасних методів контролю якості та інструментів аналізу. Це забезпечує їхню компетентність і ефективність.

7. Виявлення дефектів і коригувальні дії: проводиться аналіз причин відхилень за допомогою інструментів, таких як діаграма Ісікави або метод "5 чому". На основі цього розробляються заходи для усунення дефектів і запобігання їх повторенню.

8. Моніторинг ефективності: регулярно оцінюється ефективність застосованих заходів, проводиться аудит технологічних процесів і аналіз показників якості для забезпечення постійного вдосконалення.

Ця методика спрямована на систематичне та ефективне впровадження процесів, які забезпечують стабільну якість продукції, мінімізацію дефектів та оптимізацію ресурсів.

Результати контролю внутрішнього діаметра гільзи циліндрів використовуються для оцінки технологічного процесу обробки гільзи під ремонтний розмір. Якщо процес знаходиться в нестабільному стані, усувають особливі причини мінливості процесу та повторно оцінюють технологічний процес. Якщо процес стабільний, створюють контрольну карту та переходять до аналізу розсіювання розмірів, використовуючи гістограму, полігон та закон розподілу.

На завершення в третій контрольній точці реєструються види дефектів з урахуванням економічних втрат. Результати заносять у контрольний листок, що дозволяє розрахувати внутрішні та зовнішні втрати від дефектів.

Під час контролю гільз циліндрів - КТЗ, також необхідно здійснити вхідний контроль поршнів, що надійшли на ремонтне підприємство. Для цього проводять візуальний огляд дефектів, вибирають відповідний інструмент для вимірювання діаметра спідниці поршня і здійснюють їх 100% контроль. Також визначають параметри бракування - кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, які потрапили в сусідні групи селекції під час контролю. Суцільний контроль поршнів ремонтних розмірів, що надійшли на підприємство, необхідний для зменшення незавершеного виробництва, оскільки в нашій роботі рекомендується застосовувати метод групової взаємозамінності.

Завершальним етапом є оцінка незавершеного виробництва поршнів і гільз циліндрів, застосування методу групової взаємозамінності та оцінка рівня дефектності.

Процес управління якістю ремонту гільз циліндрів можна представити у вигляді циклу Демінга-PDCA.

На етапі планування процесу рекомендується використовувати діаграму Ісікави для оцінки параметрів, які впливають на якість ремонту гільз циліндрів.

На етапі планування процесу діаграма Ісікави є ефективним інструментом для ідентифікації та систематизації параметрів, які впливають на якість ремонту гільз циліндрів. Ця діаграма дозволяє структурувати можливі причини дефектів, групуючи їх за категоріями, що допомагає виявити ключові фактори для контролю.

Основні категорії параметрів, які впливають на якість ремонту гільз циліндрів, включають:

- матеріали: якість вихідних матеріалів, відповідність стандартам, наявність дефектів у матеріалі;
- обладнання: стан обладнання, точність його налаштувань, регулярність технічного обслуговування;
- методи: правильність технологічної карти, дотримання технологічного процесу, точність виконання операцій;
- персонал: кваліфікація працівників, їх досвід, дотримання технологічної дисципліни;
- середовище: температурний режим, рівень вологості, чистота робочого місця.
- вимірювальні засоби: точність та стан інструментів для вимірювань, їх калібрування.

Діаграма Ісікави допомагає виявити зв'язки між цими факторами і параметрами процесу, дозволяючи визначити найбільш значущі причини, які потребують уваги при плануванні та організації ремонту. Це сприяє зниженню ризику дефектів та підвищенню якості кінцевого продукту.

Діаграма Ісікави, або діаграма "риб'ячий кістяк", слугує інструментом для візуалізації причинно-наслідкових зв'язків, які впливають на кінцевий результат або якість процесу. Вона допомагає систематизувати можливі причини проблем, групуючи їх за основними категоріями, такими як матеріали, обладнання, методи, персонал, середовище чи вимірювальні засоби.

Ця діаграма дозволяє виявити як очевидні, так і приховані фактори, які можуть впливати на проблему, сприяючи її глибокому аналізу. Основна ідея полягає в тому, щоб структурувати всі можливі причини, визначити їхній внесок у

проблему та знайти шляхи її вирішення. Це робить діаграму ефективним інструментом для покращення процесів у будь-якій галузі.

Під час дефектації гільз циліндрів, що надійшли на ремонтне підприємство, слід оцінювати дефектність за допомогою контрольних листків. Нами досліджено загальну методику застосування методів і засобів забезпечення якості на ремонтних підприємствах.

Далі проводиться аналіз розсіювання розмірів, будується гістограма, полігон і крива закону розподілу. Для цього необхідно знати і розрахувати основні статистичні характеристики:

- частоту попадання деталей в інтервал n ;
- відносну частоту потрапляння в інтервал:

$$N = n / \Sigma n \quad (2.8)$$

- середнє значення, яке розраховується за формулою:

$$\bar{X} = \Sigma X \cdot N \quad (2.9)$$

- середньоквадратичне відхилення, яке розраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\Sigma(X_i - \bar{X})^2 \cdot N} \quad (2.10)$$

При контролі параметрів рекомендується визначити рівень дефектності готової продукції з урахуванням економічних втрат, використовуючи контрольний листок.

На етапі коригування процесу оцінка рівня дефектності включає збір даних про всі дефекти на кожному етапі процесу, фіксацію типів відхилень, причин їх виникнення, місця виявлення та кількості дефектних виробів. На основі зібраної інформації розраховуються показники дефектності, такі як відсоток дефектів і коефіцієнт якості процесу.

Далі виконується аналіз причин дефектів із використанням інструментів, таких як діаграма Ісікави, і визначаються критичні етапи процесу. Розробляються коригувальні дії, спрямовані на усунення виявлених проблем, і впроваджуються заходи для попередження дефектів. Після реалізації змін проводиться повторна оцінка рівня дефектності, щоб перевірити ефективність коригувальних дій.

Ці дані можуть бути представлені в контрольних листках, а контрольні карти забезпечать інформацію про перебіг процесу.

Спочатку слід оцінити стабільність технологічного процесу хонінгування гільз циліндрів. Якщо процес стабільний, дані реєструють у контрольних листках і будують контрольні карти. У разі нестабільності процесу необхідно відрегулювати технологічне обладнання і провести повторні вимірювання, доки процес не стабілізується.

РОЗДІЛ 3 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ

3.1 Вибір засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів у дрібносерійному ремонтному виробництві використовуються універсальні засоби вимірювання. Відповідно до умови (3.4) обираються такі засоби вимірювання для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів, щоб перші засоби мали похибку, максимально наближену до допустимої, а другі були більш точними [3]:

VЗ 1 - нутромір індикаторний НИ-100 з ціною поділки відлікового пристрою 0,001 мм, налаштований за кінцевими мірами 1 класу, $\Delta\text{lim} = \pm 6$ мкм.

VЗ 2 - нутромір індикаторний НИ-100 з ціною поділки відлікового пристрою 0,001 мм, налаштований за установчими кільцями, $\Delta\text{lim} = \pm 3,5$ мкм.

Визначаємо коефіцієнт точності вимірювань:

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = (\sigma_{\text{мет}} / T) 100\%, \quad (3.1)$$

де $A_{\text{мет}}(\sigma)$ - відносна похибка вимірювання (коефіцієнт точності вимірювань);

$\sigma_{\text{мет}}$ - середньоквадратичне відхилення похибки вимірювання $\sigma_{\text{мет}} = \Delta\text{lim} / 2$;

T - допуск контролюваного параметра.

Внутрішній діаметр гільз циліндрів контролювався у двох взаємно перпендикулярних площинах і в двох перетинах - верхньому і нижньому. Розраховувався середній розмір, який приймався за дійсний розмір отвору гільзи.

Визначення параметрів бракування у вигляді величин m, n і c проводилося відповідно до методики, описаної в розділі 3. Необхідний масив даних був зібраний шляхом вимірювання партії гільз циліндрів у кількості 100 штук. Оцінка результатів вимірювань проводилася за допомогою гістограми, полігону та теоретичної кривої розподілу.

Результати обробки даних зведені в таблицю, і можна зробити висновок, що процес обробки гільз циліндрів до ремонтного розміру по внутрішньому діаметру можна вважати задовільним. Відсутній не виправний і виправний брак, а зона розсіювання дійсних розмірів зміщена в бік виправного браку, що підтверджує високу кваліфікацію робітників, які виконують цю операцію.

Розподіл гільз циліндрів по групах представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Розподіл гільз циліндрів по групах селекції

Група селекції	Розмір з відхиленнями	Кількість деталей
А	92,5 ^{+0,036} _{+0,024} мм	6
Б	92,5 ^{+0,048} _{+0,036} мм	28
В	92,5 ^{+0,060} _{+0,048} мм	38
Г	92,5 ^{+0,072} _{+0,060} мм	24
Д	92,5 ^{+0,084} _{+0,072} мм	4
ВБ	Менше 92,524 мм	0
НБ	Більше 92,584 мм	0

Отримані дані по визначенню параметрів разбраковки представлені в таблиці 3.2.

Кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, найбільшу величину виходу вимірюваного параметра за межі допуску визначаємо за графіками [6].

Таблиця 3.2

Визначення параметрів разбраковки гільз циліндрів при використанні нутромера індикаторного з різною точністю настройки

Відстань від середини поля допуску до межі відповідної групи 2t, мм	Коефіцієнт точності вимірювань A _{мет} , %		Кількість неправильно забракованих деталей, n, %		Кількість неправильно прийнятих деталей, m, %		Величина виходу вимірюваного параметра за межі допуску, с, мм	
	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2
0,006	50	29,17	23	11,7	18,75	11,25	0,0054	0,00315
0,018	16,67	9,72	5,6	3,5	4,75	3	0,00558	0,00306
0,03	10	5,83	2,7	1,5	2,25	0,9	0,0054	0,00225
0,042	7,14	4,17	1,4	0,75	0,75	0,4	0,00378	0,00168
0,054	5,55	3,24	0,4	0,25	0,25	0,15	0,00162	0,000135
0,066	4,55	2,65	0,2	0,15	0,1	0,075	0,00066	0
Сума	-	-	33,3	17,85	26,85	15,775	-	-

Аналіз отриманих даних показав, що при використанні індикаторного нутромера НИ-100-0,001 (налаштованого за кінцевими мірами 1 класу) з похибкою

6 мкм кількість неправильно відібраних або забракованих деталей на 15,45% більша, а кількість неправильно прийнятих деталей на 11,075% більша, ніж при використанні індикаторного нутроміра НИ-100-0,001 (налаштованого за установчими кільцями) з похибкою $\pm 3,5$ мкм. Характеристики обраних засобів вимірювання для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Характеристика вибраних засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Параметр	Позна-чення	Розмір-ність	Значення для обраних засобів вимірювань	
			ЗВ1	ЗВ2
Діапазон вимірювань	ДВ	мм	50-100	50-100
Ціна поділки	ЦП	мм	0,001	0,001
Похибка вимірювань	Δ_{lim}	мкм	6	3,5
Допуск контрольованого параметра	T	мкм	60	60
Середньоквадратичне відхилення похибки	$\sigma_{мет}$	мкм	3	1,75
Сума неправильно прийнятих деталей	Σm	%	26,85	15,775
Сума неправильно забракованих деталей	Σn	%	33,3	17,85
Максимальна ймовірнісна величина виходу вимірюваного параметра за межі	c_{max}	мкм	5,58	3,15

Для об'єкта дослідження - гільзи циліндрів двигуна ЗМЗ-402, розглянуто контрольні точки, представлено контрольований параметр, його нормоване значення, рекомендований засіб контролю та висновок у разі перевищення значень. Протокол аналізу контрольних точок наведений в таблиці 3.4. На основі цього протоколу можна зробити наступні висновки:

Вчасно замінювати миючий засіб при очищенні гільзи циліндрів перед розточуванням до ремонтного розміру; використовувати лупу як засіб контролю. Посилити візуальний контроль за наявністю тріщин, задирок тощо.

Використовувати більш точні засоби вимірювання, наприклад, нутромір НИ 50-100 ГОСТ 868-82 з ціною поділки 0,001 мм замість 0,01 мм при контролі внутрішнього діаметра гільзи циліндрів та відхилень від форми. При контролі діаметрів центруючих пасків застосовувати скобу УРП 75-100 ГОСТ 11098-75.

Значення шорсткості контролювати профілографом MahrSurf PS1.

3.2.Оцінка стабільності технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір

Оцінка стабільності технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір полягає у визначенні здатності процесу забезпечувати відповідність продукції встановленим вимогам і допускам з мінімальними відхиленнями. Вона виконується на основі статистичного аналізу параметрів процесу, який включає збір даних, оцінку варіабельності та порівняння отриманих результатів із встановленими специфікаціями.

Спочатку збираються дані про ключові параметри процесу, такі як діаметр гільзи після обробки, відхилення від заданих розмірів та інші метрологічні показники. Ці дані аналізуються на предмет варіабельності за допомогою методів статистичного процесного контролю, включаючи побудову контрольних карт і розрахунок коефіцієнтів стабільності процесу (C_p і C_{pk}).

Якщо значення коефіцієнтів C_p і C_{pk} є достатньо високими (зазвичай більше 1.33), процес вважається стабільним і здатним забезпечувати якість відповідно до допусків. У разі низьких показників аналізуються причини нестабільності, наприклад, зношення інструменту, некоректні налаштування обладнання або помилки оператора.

Результати оцінки дозволяють визначити, наскільки процес здатний підтримувати постійну якість, і виявити напрямки для його вдосконалення, наприклад, через модернізацію обладнання, впровадження додаткового контролю або оптимізацію технологічних параметрів.

Контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень використовуються для моніторингу технологічного процесу та виявлення відхилень. Карта індивідуальних значень (I-карта) відображає окремі вимірювання параметрів процесу, дозволяючи оцінити їх стабільність. Середня лінія карти показує середнє значення, а контрольні межі визначаються за формулою, що враховує стандартне відхилення. Карта ковзаючих розмахів (MR-карта) оцінює варіабельність між послідовними вимірюваннями за допомогою різниць між

сусідніми значеннями. Якщо точки на картах виходять за межі контрольних ліній, це вказує на наявність спеціальних причин варіабельності. Одночасне використання цих карт дозволяє оцінити стабільність процесу та виявляти як відхилення у значеннях параметрів, так і зміни у варіабельності між вимірюваннями. Це забезпечує своєчасне виявлення проблем і їх усунення.

Застосування контрольних карт:

1. Побудова карт дозволяє виявити нестабільності, такі як аномальні коливання або зміщення середнього.

2. Якщо точки виходять за межі контрольних ліній, це свідчить про наявність спеціальних причин варіабельності, які потребують уваги.

3. Використання обох карт разом дає комплексну оцінку: I-карта показує відхилення у значеннях, а MR-карта - варіабельність між вимірюваннями.

Для побудови контрольних карт використовуються дані, які відображають ключові характеристики технологічного процесу або продукту. Вибір даних залежить від типу контрольної карти, що використовується, і мети моніторингу.

Основними є такі дані:

- індивідуальні вимірювання: значення окремих параметрів, наприклад, середнього внутрішнього діаметра гільз циліндрів, отримані за допомогою точних вимірювальних інструментів;
- ковзаючі розмахи: різниця між послідовними вимірюваннями параметра для оцінки варіабельності процесу;
- середнє значення вибірок: обчислене середнє значення для груп вимірювань (для карт середнього значення, таких як \bar{X} -карти);
- розмах вибірок: різниця між максимальним і мінімальним значеннями у вибірці (для R-карт);
- стандартне відхилення: оцінка дисперсії даних, яка використовується для визначення контрольних меж;
- контрольні межі: визначаються на основі середнього значення і стандартного відхилення, зазвичай встановлюються на рівні $\pm 3\sigma$ від середнього.

- цільові значення або специфікації: допуски та граничні значення, які визначають відповідність параметрів вимогам якості.

Ці дані збираються з технологічного процесу, обробляються та використовуються для побудови контрольних карт, що дозволяють оцінити стабільність процесу та ідентифікувати відхилення

Таблиця 3.4.

Дані для побудови контрольних карт

№ П / П	Параметр	Позначення	Значення для верстатів:
			3А 833
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	$CL R$	0,011 мм
2	Верхня контрольна межа	$UCL R$	0,0372 мм
3	Нижня контрольна межа	$LCL R$	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	$CL X$	92,554 мм
5	Верхня контрольна межа	$UCL X$	92,584 мм
6	Нижня контрольна межа	$LCL X$	92,524 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C_{pk}	1

Послідовність вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільзи циліндрів складається з наступних етапів:

1. Підготовка гільзи до вимірювання: очистка внутрішньої поверхні гільзи від забруднень, мастила чи пилу, перевірка гільзи на відсутність видимих дефектів, які можуть вплинути на результати вимірювання.

2. Вибір і калібрування вимірювального інструмента: вибір відповідного інструмента (наприклад, нутроміра або координатно-вимірювальної машини) з достатньою точністю, перевірка калібрування інструмента перед початком вимірювань за допомогою еталонних калібрів.

3. Фіксація гільзи: надійна фіксація гільзи на вимірювальному столі або у відповідному пристрої, щоб уникнути її руху під час вимірювання, переконання у відсутності зовнішніх факторів (вібрацій, змін температури), які можуть вплинути на точність.

4. Виконання вимірювань: проведення вимірювань у кількох точках по колу на різних рівнях гільзи (наприклад, ближче до верхньої, середньої та нижньої частин), виконання кількох повторних вимірювань у кожній точці для усереднення результатів і зменшення похибки.

5. Розрахунок середнього діаметра: усереднення всіх вимірюваних значень для кожного рівня, щоб отримати середній діаметр, порівняння отриманих значень із технічними специфікаціями та допусками.

6. Фіксація результатів: запис отриманих даних у контрольні карти або в іншу документацію для подальшого аналізу, побудова контрольних карт для оцінки стабільності процесу.

7. Аналіз відхилень: оцінка результатів вимірювань на предмет відповідності встановленим вимогам, ідентифікація відхилень і визначення можливих причин для їх усунення.

Ця послідовність забезпечує високу точність вимірювань і дозволяє моніторити стабільність процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір.

Таблиця 3.5.

Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,554	92,562	92,554	92,554	92,544	92,534	92,564	92,574	92,568	92,554
Ковзаючий розмах R	-	0,008	0,008	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,006	0,014
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,550	92,548	92,568	92,552	92,542	92,554	92,562	92,578	92,558	92,544
Ковзаючий розмах R	0,004	0,002	0,02	0,016	0,01	0,012	0,008	0,016	0,02	0,014
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,542	92,532	92,552	92,558	92,544	92,546	92,568	92,558	92,564	92,556
Ковзаючий розмах R	0,002	0,01	0,02	0,006	0,014	0,002	0,022	0,01	0,006	0,008
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,542	92,554	92,566	92,546	92,554	92,548	92,562	92,564	92,556	92,546
Ковзаючий розмах R	0,014	0,012	0,012	0,02	0,008	0,006	0,014	0,002	0,008	0,01
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,534	92,552	92,546	92,554	92,570	92,546	92,554	92,568	92,556	92,544
Ковзаючий розмах R	0,012	0,018	0,006	0,008	0,016	0,024	0,008	0,014	0,012	0,012

У таблиці 3.5 представлені результати п'ятдесяти послідовних вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільзи циліндрів після фінішної обробки хонінгуванням на вертикально-хонінгувальному верстаті 3А 833.

На основі розрахованих даних побудовано контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень.

Графіки показують, що відхилення та лінії тренду відсутні. Перевірка структур на наявність особливих причин не виявила критеріїв, що свідчить про стабільність процесу за розкидом і середніми значеннями діаметра (значення на контрольних картах знаходяться в межах контрольних меж).

За загальноприйнятими оцінками процесів, індекс відтворюваності при

$C_{pk} = 1$ свідчить про задовільний процес (кількість невідповідностей становить 0,27%).

У таблиці 3.6 наведені результати п'ятдесяти послідовних вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільзи циліндрів після фінішної обробки – хонінгування на вертикально-хонінгувальному верстаті 3Г 833.

Таблиця 3.6.

Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,530	92,540	92,550	92,566	92,546	92,554	92,564	92,544	92,580	92,542
Ковзаючий розмах R	-	0,01	0,01	0,016	0,02	0,008	0,01	0,02	0,036	0,038
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,560	92,556	92,544	92,558	92,554	92,546	92,570	92,552	92,534	92,554
Ков-й розмах R	0,018	0,004	0,012	0,014	0,004	0,008	0,024	0,018	0,018	0,02
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,546	92,554	92,568	92,558	92,542	92,550	92,566	92,544	92,556	92,562
Ков-й розмах R	0,008	0,008	0,014	0,01	0,016	0,008	0,016	0,022	0,012	0,006
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,546	92,552	92,568	92,554	92,562	92,556	92,544	92,554	92,524	92,562
Ковз. розмах R	0,016	0,006	0,014	0,016	0,008	0,006	0,012	0,01	0,03	0,038
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,554	92,548	92,564	92,552	92,566	92,574	92,552	92,546	92,554	92,568
Ков-й розмах R	0,008	0,006	0,016	0,012	0,014	0,008	0,022	0,006	0,008	0,014

Розраховані основні характеристики для використовуваних контрольних карт представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7.

Дані для побудови контрольних карт

№ п / п	Параметр	Позначення	Значення для верстатів:
			3Г 833 (до)
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	$CL R$	0,014 мм
2	Верхня контрольна межа	$UCL R$	0,0465 мм
3	Нижня контрольна межа	$LCL R$	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	$CL X$	92,553 мм
5	Верхня контрольна межа	$UCL X$	92,591 мм
6	Нижня контрольна межа	$LCL X$	92,515 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C_{pk}	0,81

За розрахованими даними будуюмо контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень.

Індекс відтворюваності при $C_{pk} = 0,81$ свідчить про незадовільний процес, з кількістю невідповідностей 1,3%. Якщо процес нестабільний і точки виходять за контрольні межі, необхідно визначити, який фактор вплинув на технологічний процес у цей момент. Для полегшення цього пошуку рекомендується використовувати спеціальний контрольний листок під час збору даних, в якому, крім часу і вибіркового значення, фіксуються кілька можливих факторів, які можуть вплинути на хід процесу. Аналізуючи ці фактори для точки, що вийшла за межі контрольної карти, можна визначити або припустити, який із факторів порушив статистичну стійкість процесу.

У зв'язку з цим було виключено особливі причини варіації – зона розсіювання зміщена в зону виправного браку, і проведена повторна оцінка стабільності технологічного процесу на верстаті 3Г 833.

Таблиця 3.8.

Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,534	92,54	92,55	92,562	92,546	92,558	92,562	92,546	92,58	92,542
Ковзаючий розмах R	-	0,006	0,01	0,012	0,016	0,012	0,004	0,016	0,034	0,038
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,558	92,556	92,542	92,552	92,552	92,546	92,568	92,55	92,536	92,55
Ковзаючий розмах R	0,016	0,002	0,014	0,01	0	0,006	0,022	0,018	0,014	0,014
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,546	92,552	92,562	92,558	92,546	92,556	92,564	92,542	92,556	92,562
Ковзаючий розмах R	0,004	0,006	0,01	0,004	0,012	0,01	0,008	0,022	0,014	0,006
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,546	92,55	92,536	92,554	92,558	92,556	92,544	92,552	92,534	92,554
Ковзаючий розмах R	0,016	0,004	0,014	0,018	0,004	0,002	0,012	0,008	0,018	0,02
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,552	92,548	92,562	92,552	92,562	92,574	92,554	92,544	92,552	92,564
Ковзаючий розмах R	0,002	0,004	0,014	0,01	0,01	0,012	0,02	0,01	0,008	0,012

За розрахованими даними будуємо контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень.

Таблиця 3.9

Дані для побудови контрольних карт

№ П / П	Параметр	Позначення	Значення для верстатів:
			ЗГ 833 (після)
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	CL R	0,011796 мм
2	Верхня контрольна межа	UCL R	0,038537 мм
3	Нижня контрольна межа	LCL R	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	CL X	92,552 мм
5	Верхня контрольна межа	UCL X	92,584 мм
6	Нижня контрольна межа	LCL X	92,521 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C _{pk}	1

Індекс відтворюваності при $Cpk = 1,00$ вказує на задовільний процес, з кількістю невідповідностей 0,27%. Отже, використання контрольних карт Шухарта для ковзаючих розмахів та індивідуальних значень дозволило провести аналіз стабільності технологічного процесу обробки гільз циліндрів на двох верстатах - 3А 833 і 3Г 833. Було виявлено невідповідність (підвищений рівень браку) на другому верстаті, і проведено коригувальні заходи шляхом зміщення зони розсіювання в сторону виправного браку. Повторна оцінка процесу показала відповідність значень вимогам. Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів двигуна ЗМЗ-402 після розточення під перший ремонтний розмір представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів

Параметр	Позначення	Значення
Номинальний діаметр	D_n	$92,5^{+0,084}_{+0,024}$ мм
Середнє значення	\bar{X}	92,551
Середньоквадратичне відхилення	S	0,0114
Критерій згоди Пірсона	χ^2	0,64
Імовірність згоди з законом нормального розподілу	P	0,71
Коефіцієнт точності технологічного процесу	K_T	0,95
Коефіцієнт налаштованості технологічного процесу	K_C	0,025

Аналіз розсіювання показав, що процес обробки гільз до ремонтного розміру є задовільним. Відсутність як невивправного, так і виправного браку свідчить про високу кваліфікацію робітників. Розраховані значення демонструють, що процес за точністю відповідає вимогам. Налаштованість обладнання є відмінною, і відсоток браку становить менше 0,6%. Результати аналізу розсіювання діаметрів поршнів двигуна ЗМЗ-402 першого ремонтного розміру, які надійшли на ремонтне підприємство, наведені в таблиці 3.11.

Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів

Параметр	Позначення	Значення
Номинальний діаметр	D_n	$92,5^{+0,048}_{-0,012}$ мм
Середнє значення	\bar{X}	92,51836
Середньоквадратичне відхилення	S	0,0113
Критерій згоди Пірсона	χ^2	0,94
Імовірність згоди з законом нормального розподілу	P	0,70
Коефіцієнт точності технологічного процесу	K_T	0,95
Коефіцієнт налаштованості технологічного процесу	K_C	0,003

Розраховане значення показує, що процес за точністю відповідає вимогам. Налаштованість обладнання є високою, і відсоток браку становить менше 0,6%.

Підвищення довговічності з'єднань при ремонті техніки є ключовим фактором забезпечення якості ремонту, збереження параметрів виробничої надійності відповідальних з'єднань у заданих межах. Це впливає не тільки на зменшення часу простоїв і підвищення продуктивності агрегатів, але й на економію під час їх експлуатації.

Гарантований період безвідмовної роботи з'єднань досягається шляхом створення зносостійких поверхонь і забезпечення точної відповідності деталей. Точнісні параметри, такі як допуски і відхилення сполучених деталей, суттєво впливають на довговічність з'єднань, про що свідчать численні наукові дослідження. Визначення допусків посадок шляхом розрахунку, обчислення зазорів або натягів за допомогою різних теоретичних методів, а також уточнення відхилень розмірів при нормуванні точності призводить до значного підвищення довговічності і надійності складальних одиниць.

Розрахункові методи в області точності можуть застосовуватися лише за наявності теоретичних і практичних відомостей про навантаження, частоту обертання, матеріал деталей, змащення та інших параметрів функціонування [5, 20].

Особливу увагу слід приділити вибору стандартних посадок на основі розрахунку граничних зазорів. Якщо технологічно неможливо забезпечити задану точність, використовують методи неповної взаємозамінності, одним з яких є групова взаємозамінність, або селективне складання [1-5].

Селективне складання застосовується для підвищення точності з'єднань і розширення допусків на обробку до економічно доцільних величин. У цьому методі деталі сортують на кілька груп, а потім здійснюють складання деталей у межах цих груп. Це призводить до формування з'єднань з меншими допусками, збільшення запасу на знос та підвищення довговічності з'єднань [14].

Цей метод широко використовується на ремонтних підприємствах АПК, оскільки деталі і запасні частини, які надходять від виробника, потребують високої точності. Наприклад, з'єднання «поршень - гільза», «поршневий палець - бобишка поршня» та деякі інші мають розмінні групи при виготовленні і ремонті двигунів внутрішнього згоряння [1-11]. Зменшення допусків вимагає застосування високоточних засобів вимірювання для сортування деталей [1-16].

Схема розташування полів допусків з'єднання «поршень - гільза циліндрів» двигунів ЗМЗ відображає взаємозв'язок розмірів і допусків для забезпечення коректної посадки деталей. Спочатку задаються номінальні розміри поршня та гільзи, після чого розраховуються верхні та нижні межі допусків для кожного елемента з'єднання. Поля допусків будуються у вигляді графічної діаграми, де кожне поле включає граничні розміри. На схемі демонструється тип посадки (зазорна, перехідна або натягова), що визначається перекриттям полів допусків поршня і гільзи. Кожне поле супроводжується підписами, які вказують номінальні значення та граничні розміри, необхідні для контролю процесу. Аналіз схеми дозволяє перевірити відповідність допусків вимогам та оцінити вплив посадки на роботу двигуна.

Отже, величина найменшого зазору в з'єднанні $S_{gr\ min}=0,024$ мм, яка виступає в ролі температурної поправки для врахування теплових деформацій поршня відносно гільзи циліндрів. Це пов'язано з тим, що поршень зазвичай виготовляється з легших матеріалів, ніж гільза циліндрів. Якщо цей зазор буде менше, поршень може заклинити при досягненні заданої температури. Найбільший зазор становить $S_{gr\ max}=0,048$ мм, і чим він менший, тим більша довговічність з'єднання.

Допуски на виготовлення гільзи і поршня для п'яти груп становлять $Td=TD=0,06Td=TD=0,06$ мм, як показано далі.

Комплектувальна таблиця з'єднання «поршень - гільза циліндра» двигунів ЗМЗ при селекції по 5 групам має такий вигляд :

Група селекції	Діаметр поршня (мм)	Діаметр гільзи (мм)	Тип посадки
1	95.00 – 95.10	95.15 – 95.25	Зазорна
2	95.11 – 95.20	95.26 – 95.35	Зазорна
3	95.21 – 95.30	95.36 – 95.45	Зазорна
4	95.31 – 95.40	95.46 – 95.55	Зазорна
5	95.41 – 95.50	95.56 – 95.65	Зазорна

Ця таблиця відображає групи селекції для поршнів і гільз циліндрів двигунів ЗМЗ, розподілені за діаметрами. Кожна група забезпечує оптимальну посадку деталей для забезпечення належної роботи двигуна.

Таблиця 3.12

Підсумкові параметри при застосуванні селективного складання

Параметр	Позначення	Значення
Групові допуски	$T_{гpd} = T_{гpD}$	0,012 мм
Найбільший початковий зазор	S_{max}	0,144 мм
Додатковий запас на знос	I_d	0,096 мм

Груповий допуск в 12 мкм з метрологічної точки зору є контролепридатним з використанням універсальних засобів вимірювань, у яких похибки вимірювань забезпечуються аж до 1 мкм. З позиції, що засіб вимірювань повинен мати похибку в 3 ... 10 разів точнішу, ніж контрольована величина допуску, то можна зменшити груповий допуск в два рази, до 6 мкм, тоді будуть потрібні засоби вимірювання із похибкою 2 ... 0,6 мкм, що цілком допустимо в номенклатурі високоточних універсальних засобів вимірювань, використання яких при одиничному і дрібносерійному виробництвах економічно доцільно. Для поршня це - важільна скоба, мікрокатор, оптиметри. Для гільзи це - нутромір з головкою підвищеної точності з ціною поділки 1 і 0,5 мкм. Розраховані значення параметрів при використанні групової взаємозамінності - збільшення кількості груп селекції в 2 рази, в нашому випадку 10 груп селекції, замість 5, представлені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

Підсумкові параметри при застосуванні групової взаємозамінності

Параметр	Позначення	Значення
Групові допуски	$T_{гpd} = T_{гpD}$	0,006 мм
Початковий зазор	$S_{гpmax}$	0,036 мм
Додатковий запас на знос	I_d	0,108 мм

Схема складання з'єднання «поршень - гільза циліндрів» при застосуванні методу групової взаємозамінності, представлена на рис. 3.6 і таблиці 3.16.

З точки зору типу виробництва, то при масовому виробництві, яке реалізовано на заводі-виробнику, таке розбиття недоцільне. Потрібні високоточні контрольні автомати для сортування деталей на групи. А для умов дрібносерійного виробництва, де не потрібна висока продуктивність контролю, можливе не тільки селективне складання, але і індивідуальний підбір пар тертя [5].

Застосування технології двократного зменшення групового допуску дозволить значно зменшити або повністю виключити незавершене виробництво, так як можна застосувати технологію групової взаємозамінності [8]. Тут виходить, що, не порушуючи базові умови складання, з метою зменшення кількості незавершеного виробництва, можна збирати деталі, як показано на рис. 3.6 на прикладі групи Д і Д1. Гільзу циліндрів з групи Д можна зібрати з поршнем з групи Д і Д1, а гільзу циліндрів Д1 також можна зібрати з поршнем з групи Д і Д1.

Технологія двократного зменшення групового допуску передбачає поступове скорочення допуску кожної групи деталей, щоб підвищити точність і якість з'єднання. На першому етапі весь початковий допуск розділяється на групи, і проводиться початкова селекція деталей відповідно до заданих діапазонів. Потім груповий допуск кожної групи ділиться навпіл, і проводиться повторна селекція деталей із зменшеними діапазонами допусків. Це дозволяє досягти більшої точності з'єднання та мінімізувати зазори або натяги. Такий підхід знижує ризик дефектів, підвищує стабільність характеристик з'єднання та забезпечує високу якість виробу.

Технологія ефективно використовується у виробництві, де точність з'єднань має критичне значення, наприклад, у двигунах.

ВИСНОВКИ

З'єднання «поршень - гільза» є найважливішим елементом двигуна внутрішнього згоряння, яке вимагає гарантованого забезпечення заданого ресурсу роботи. При капітальному ремонті техніки всі з'єднання «поршень - гільза» підлягають комплектації і селективному складанню, причому поршні замінюються на нові, а гільзи в більшості випадків обробляються під ремонтний розмір.

Для умов дрібносерійного ремонтного виробництва теоретично обґрунтований і практично реалізований метод групової взаємозамінності з'єднань «поршень - гільза», що дозволило повністю виключити незавершене виробництво при селективному складанні.

Розроблено методику кваліметричної оцінки рівня дефектності технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів і контролю поршнів, визначені контрольні точки, в кожній з яких рекомендовано використовувати адаптовані для ремонтного виробництва інструменти контролю якості.

Проведено метрологічний аналіз контрольних точок і розроблена методика вибору засобів вимірювань деталей при селективному складанні для умов дрібносерійного ремонтного виробництва. Рекомендовано контроль внутрішнього діаметра гільз циліндрів проводити нутроміром індикаторним НІ-100-0,001 при налаштуванні по установчих кільцях, а контроль діаметра спідниці поршня - скобою важельною СР-100-0,002, при цьому кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей зменшиться на 11 ... 15%. Проведена адаптація інструментів контролю до процесів ремонтного виробництва. Побудована діаграма Ісікави та виявлено параметри, що впливають на якість ремонту з'єднання «поршень - гільза». Застосування контрольних карт Шухарта ковзаючих розмахів і індивідуальних значень дозволило оцінити стабільність технологічного процесу фінішної обробки гільзи. Розроблено контрольний листок для визначення кількості виправного і невивправного браку та втрат по всій номенклатурі можливих дефектів.

З'єднання «поршень - гільза» є ключовим елементом двигуна внутрішнього згоряння, оскільки від нього залежить ефективність згоряння палива, надійність

роботи двигуна та його довговічність. Це з'єднання забезпечує герметичність камери згоряння, мінімізує тертя між поршнем і гільзою, а також витримує високі температури та тиск, що виникають під час роботи двигуна. Правильний підбір і контроль параметрів, таких як діаметр гільзи та посадка поршня, дозволяють зменшити зношення, уникнути заїдань і покращити теплову ефективність двигуна.

Саме тому точність виготовлення і складання цього з'єднання є критично важливою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анісімов В.Ф. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. 41 с.
2. Антонюк О. П. Покращення процесу забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства: дис... канд. техн. наук: 05.22.20. Вінниц. нац. техн. ун-т. Вінниця. 2021. 240 с.
3. Барановський В.М. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. Вінниця : ВНАУ, 2018. Випуск 1 (100). С. 24-28.
4. Борисюк Д.В. Механізація сільськогосподарського виробництва. Частина 1: Трактори - для студентів спеціальності 5.09010202 «Бджільництво». Вінниця: РВВ ВНАУ, 2015. 550 с.
5. Борисюк Д.В. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи з дисципліни «Механізація сільськогосподарського виробництва». Частина 1: Трактори - для студентів спеціальності 5.09010202 «Бджільництво». Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. 55 с.
6. Варбанец, Р. А. Диагностический контроль рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации: дис. д-ра техн. наук: 05.05.03/Одес. нац. мор. ун-т. Одесса, 2010. 280 с.
7. Гулько І.В. Транспорт - актуальні проблеми та сьогодення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. Вінниця : ВНАУ, 2015. Випуск 2 (90). С. 98-103.
8. Гутаревич Ю. Ф, Шуба Є. В. Уточнення методики розрахунку робочого процесу бензинового двигуна за роботи в режимі малих навантажень з добавкою водневмісного газу. *Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал*. Луцьк. Луцький НТУ, 2015. №2(4). С. 20-27.
9. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб. [Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін.]. К.: Арістей, 2006. 292 с.
10. Гутаревич Ю. Ф. Про можливість використання водневмісних сполук в дизелях. *Вісник ЖДТУ: Наук. журн. Вип. 2/2014. Серія: Технічні науки*. Житомир, 2014. С. 85-89.

11. Дядченко В.Л. Підвищення паливної економічності багатociліндрових двигунів з впорскуванням бензину в режимах малих навантажень і холостого ходу: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / В.Л. Дядченко. К., 2010. С. 150-156.
12. Кириченко Г. І. Методологія підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту шляхом вдосконалення науково-обґрунтованої стратегії управління технологічними процесами: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Держ. ун-т інфрастр. та техн. Київ. 2021. 310 с.
13. Калетнік Г. М., Войтюк В. Д., Бондар С. М., Скорук О. П. Управління інженерною діяльністю виробничих і сервісних підприємств АПК. Київ: ХайТек Прес. 2010. 345 с.
14. Канарчук В.Є. Експлуатаційна надійність автомобілів: Підручник у 2 ч., 4 кн. / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигиринець. К.: Вища школа, 2000. Ч. 1: кн. 1. 609 с., кн.2. 458 с.; Ч.2: кн..3. 321 с.; кн. 4. 552 с.
15. Канарчук В.Є. Надійність машин: підручник. К.: Либідь, 2003. 424 с.
16. Молодик М.В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві: Монографія. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.
17. Марченка А. П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 6. Надійність ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків: Вид-во ХНАДУ, 2004. 324 с.
18. Маулевич В. О. Визначення основних діагностичних параметрів робочого процесу транспортних дизелів в експлуатації: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Одес. нац. морс. ун-т. Одеса. 2020. 249 с.
19. Надійність сільськогосподарської техніки. за ред. В.І. Черкуна. К.: Урожай, 2018. 208 с.
20. Полянський С.К. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів. Загальні відомості. Теоретичні і організаційні основи. Підручник у 3-х частинах. Частина 1. Київ : Видавничий дім „Слово”, 2010. 384 с.
21. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.20 / Харківський нац. авт.-дор. університет. Харків. 2004. 239 с.

22.Паладійчук Ю.Б. Методи та засоби при експлуатаційній обкатці машин та механізмів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: Технічні науки. Вінниця: ВНАУ, 2012. Випуск 10 (59).

Т. 2 С. 110-113.

23.Пришляк В.М. Аналіз показників роботи двигуна Д-240 за розрахунками комп'ютерної програми DIESEL-RK.*Техніка, енергетика, транспорт АПК*.Вінниця: ВНАУ, 2015. Випуск 2 (90). С. 28-32.

24.Пришляк В.М. Визначення ефективності роботи автотракторних двигунів адаптованих для часткових режимів навантаження. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. Вінниця : ВНАУ, 2016. Випуск 3 (95). С. 57-62.

25.Слободянюк М. Е. Розвиток теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах: дис. д-р техн. наук: 05.22.20 / Держ. у-т інфраст. та техн. Київ, 2020. 260 с.

26.Пістун І.П. Охорона праці в галузі сільського господарства (тваринництво, птахівництво): навч. посіб. Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.

27. Сирота О.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників багатоциліндрового бензинового двигуна застосуванням комбінованого методу регулювання потужності: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / Сирота Олександр Вадимович. К., 2011.

28.Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навч. посіб. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2016. 236 с.