

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу відновлення блоку циліндрів
двигуна автомобіля Volkswagen Passat B7

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАс-41
спеціальності 274

Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Микола ЗАБІТЧУК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Роман ХОРОШУН

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 23 » січня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Забітчуку Миколі Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення блоку циліндрів двигуна автомобіля Volkswagen Passat B7

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2025 року № 4/7-38

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Технологія ремонту гільз циліндрів Технологічний процес відновлення блоку циліндрів автомобіля Volkswagen Passat B7

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ

2 Технологічний розділ

3 Конструкторський розділ

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Притискаючий механізм – 1 лист А1

Технологічна карта відновлення – 1 лист А1;

Деталювання – 1 лист А1;

Дефектація гільзи – 1 лист А1;

Хонінгувальна головка – 1 лист А1;

Схема обкочування – 1 лист А1;

[illegible]

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему *«Удосконалення технологічного процесу відновлення блоку циліндрів двигуна автомобіля Volkswagen Passat B7»* присвячена розробленню ефективного і технологічно обґрунтованого процесу ремонту однієї з найвідповідальніших деталей двигуна внутрішнього згоряння — блоку циліндрів.

У вступній частині обґрунтовано актуальність теми, зумовлену необхідністю підвищення ефективності відновлювальних робіт у зв'язку зі зростаючими вимогами до надійності, ресурсу, екологічності та економічності сучасних автомобільних двигунів. Детально розглянуто будову та класифікацію блоків циліндрів, а також особливості матеріалів, з яких вони виготовляються — чавуну та алюмінієвих сплавів.

У загальнотехнічному розділі подано опис типових дефектів блоку циліндрів і причин їх виникнення. Основними несправностями визнано: зношування робочої поверхні гільз, еліпсність, конусність, тріщини, задири, корозійні пошкодження. Представлено методи діагностики та контролю технічного стану циліндрів, зокрема візуальний огляд, вимірювання нутромірами, застосування дефектоскопів.

У технологічному розділі обґрунтовано вибір маршрутів обробки гільз залежно від характеру дефектів. Найпоширенішим виявлено комплексний дефект, що включає зношування внутрішньої поверхні, посадочних поясків та опорного бурта. Для нього розроблено послідовність операцій: дефектація, розточування, хонінгування, лазерне термічне зміцнення. Наведено розрахунок припусків на обробку, вибір ремонтних розмірів та режими різання.

У конструкторському розділі проаналізовано та підібрано обладнання, необхідне для виконання всіх етапів ремонту — токарні, розточувальні, шліфувальні, хонінгувальні верстати, а також обладнання для лазерної обробки поверхонь. Розглянуто пристосування для фіксації деталей, систему контролю геометричних параметрів.

Окрему увагу приділено розділу з безпеки життєдіяльності, де розглянуто

вимоги до освітлення, вентиляції, охорони праці та виробничої санітарії при виконанні ремонтних робіт.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Конструктивні особливості блоків циліндрів двигунів внутрішнього згоряння автомобілів.	9
1.2 Основні види дефектів та причини їх виникнення	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Обґрунтування технології дефектування блоку циліндра	20
2.2 Технологічний процес розточування блоку циліндра	23
2.3 Розроблення технологічного процесу відновлення блоку циліндрів із обґрунтуванням та вибором раціональної структурно-технологічної послідовності виконання операцій.	29
2.4. Критерії вибору необхідного технологічного обладнання, устаткування, робочого та вимірювального інструментів, основних та допоміжних матеріалів	32
2.5 Порядок розрахунку та вибір основних режимів технологічних операцій при відновленні блоку циліндрів згідно запропонованого технологічного процесу	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	47
3.1 Технологічне обладнання для розточування блоку циліндрів	47
3.2 Характеристика технологічного обладнання для хонінгування робочих поверхонь гільз циліндрів	51
3.3 Горизонтально-розточний верстат мод. 2A620-1	53
3.4 Приспосіблення для закріплення деталей блоку циліндрів	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	57
4.1 Теорія небезпеки та безпеки	57
4.2 Нормування природного освітлення. Основні світлотехнічні одиниці	61

ВИСНОВКИ

66

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

67

ВСТУП

Сучасний рівень розвитку автомобільного транспорту вимагає не лише надійної експлуатації техніки, а й високоефективних методів технічного обслуговування та ремонту її складових. Однією з найвідповідальніших деталей автомобіля є двигун, технічний стан якого безпосередньо впливає на ресурс, паливну економічність та екологічність силового агрегату. Зношування поверхні гільзи, утворення задирів, тріщин чи інших дефектів у процесі тривалої експлуатації двигуна потребує своєчасної діагностики й ефективного відновлення.

Актуальність теми дослідження полягає у підвищенні ефективності відновлення блоків циліндрів шляхом застосування сучасних технологічних рішень, зокрема вдосконалення методики дефектування та впровадження раціональних маршрутів обробки. Це дозволяє суттєво знизити витрати на капітальний ремонт двигуна, забезпечити належний технічний рівень відновлених деталей і продовжити строк служби двигуна загалом.

У роботі проаналізовано конструктивні особливості циліндропоршневої групи двигуна, досліджено характерні види зношування та пошкоджень, запропоновано технологічну схему контролю та обробки, а також наведено необхідні розрахунки режимів різання, припусків, вибору обладнання та інструменту.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні особливості блоків циліндрів двигунів внутрішнього згоряння автомобілів.

Блок циліндрів є одним з основних елементів циліндро-поршневої групи двигуна автомобіля. На блоці циліндра та всередині нього знаходяться головні механізми та деталі двигуна. Автомобільні блоки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) бувають лінійними та V-подібними. Їх поділяють на безгільзовані, з мокрими або сухими гільзами. Блоки циліндрів поділяють на однорядні та дворядні, а також з нижнім та з верхнім розташуванням клапанів. Число циліндрів у двигунів в основному від 2 до 16. Блоки двигунів у малолітражних автомобілів в основному лінійні, виготовленні із чавуну або алюмінієвого сплаву з сухими напівгільзами та верхнім розташуванням клапанів.

У чавунних блоків циліндрів товщина стінок варіюється в діапазоні 5-8 мм. Допустиме колювання товщини стінок становить 1,5-2 мм. У свою чергу в алюмінієвих блоках стінки на 1,5-2 мм товщі, ніж у чавунних. Обробка окремих елементів блоків циліндрів виконується з високою точністю. Важливим є також забезпечення правильного взаємного розташування зазначених поверхонь. Блоки циліндрів ДВЗ виготовляються, як правило, з сірого чавуну марок: СЧ 18, СЧ 15, СЧ 24 або алюмінієвого сплаву АЛ 4. Робочий циліндр – одна з головних частин поршневого двигуна внутрішнього згоряння автомобіля.

Традиційні монолітні блоки циліндрів, виготовлені із чавуну, які не мають знімних гільз приведено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1. Монолітний чавунний блок циліндрів двигуна автомобіля
Volkswagen passat b7

Після зношування робочої поверхні блоку циліндрів постало питання їх ремонту. Під час розточування робочих поверхонь під ремонтний розмір, після останнього ремонтного розміру доводиться замінювати весь блок на новий, що є недоцільно. Взамін почали виготовляти знімні чавунні гільзи, що значно збільшило ресурс блоку циліндрів двигуна (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2. Чавунний блок циліндрів двигуна із знімними гільзами

В подальшому, блоки циліндрів двигунів почали виготовляти із алюмінієвих сплавів, зі знімними чавунними гільзами. Дані блоки циліндрів

виготовляються в основному литтям з більш дешевого алюмінієвого сплаву.

Під монолітними блоками розуміються конструкції блоків циліндрів, які мають мокрі гільзи. Для забезпечення заданих параметрів точності та якості окремих поверхонь із високими параметрами міцності деякі конструкції монолітних блоків мають окремі частини, які формуються в зоні отворів циліндрів, разом із частинами, які виготовляються відповідно із сірого або ковкого чавунів для суттєвого підсилення робочої зони біля отворів під посадку корінних підшипників.

Алюмінієвий блок циліндрів має значно меншу вагу, оскільки питома маса алюмінію становить 2850 кг/м^3 , що приблизно в 2,7 рази менше порівняно з питомою масою чавуну — 7695 кг/м^3 . Це має особливе значення при конструюванні багатоциліндрових двигунів великого об'єму. Крім того, алюміній характеризується теплопровідністю, яка майже в чотири рази перевищує аналогічний показник чавуну. Завдяки цьому двигуни з алюмінієвими блоками прогріваються значно швидше, що дозволяє зменшити об'єм системи охолодження завдяки ефективнішому теплообміну та швидкому вирівнюванню температури по товщині стінок блоку.

Однак реалізувати на практиці ці переваги алюмінію не так просто. Відомо, що по чавунних циліндрах чудово «ходять» поршневі кільця, як з твердими покриттями, так і без таких, і самі «м'які» алюмінієві поршні. З алюмінієвими циліндрами ситуація інша: поєднання «м'якого» металу поршня з таким ж «м'яким» матеріалом циліндра миттєво наводить до «схоплювання» металів та заклинювання двигуна. У зв'язку з цим, конструктори двигунів, зважаючи на ці властивості металів, розробили декілька способів вирішення цієї проблеми. Один з них – використання блоків циліндрів із «мокрими» гільзами.

Таким чином, для блоку циліндрів використовують як чавуни, так і алюмінієві сплави. Характеристики цих матеріалів впливають на технологію відновлення блоків гільз циліндрів двигунів автомобілів.

1.2 Основні види дефектів та причини їх виникнення

Блок циліндрів, як одна з найбільш навантажених деталей двигуна, може мати відхилення, в процесі експлуатації, від номінальних значень в результаті зношування основних робочих поверхонь. Навантаження на елементи блоку розподіляється вкрай нерівномірно і, як наслідок цього, нерівномірність зносу робочих поверхонь призводить до різного запасу міцності.

Гільзи циліндрів двигунів виготовляють, як правило, із чавуну марок СЧ 18, СЧ 22 твердістю НВ 179-229. У верхній частині деякі гільзи циліндрів мають тонкостінну вставку із спеціального легованого чавуну. До основних дефектів блоків циліндрів двигунів відносяться: інтенсивне зношування або задир внутрішньої циліндричної поверхні гільзи або блоку, тріщини та відколи різного характеру та місць розташування, наявність на поверхнях продуктів зношування та нагару.

При згорянні палива в циліндрі газу прориваються в канавки поршневих кілець і з силою віджимають їх до стінок циліндра, при цьому сила тиску кілець у міру руху поршня вниз зменшується, внаслідок чого зношування циліндра у верхній частині більше, ніж у нижній (поява конусності). Крім того, умови змащення верхньої частини циліндра внаслідок високих температур значно гірші.

Бічні сили діють також при тактах впуску і випуску палива і горючих газів, але в значно меншій мірі. Крім еліпсності, бічні сили викликають і конусність поверхні гільзи, оскільки в міру руху поршня вниз вони зменшуються.

Задири на дзеркалі циліндра утворюються внаслідок перегріву двигуна, нестачі мастила та його забрудненості, недостатнього зазору між поршнем і стінкою циліндра, поганим кріпленням поршневого пальця та поломкою поршневих кілець.

Для визначення конусності поверхні гільзи циліндра, індикатор переміщають уздовж осі циліндра в площині, перпендикулярній осі

колінчастого валу. Показник індикатора в нижній частині циліндра і є величина конусності поверхні.

Якщо величина еліпсності поверхні перевищує 0,04 мм, а конусності 0,06 мм і є задири на поверхнях, такі циліндри необхідно ремонтувати. При ремонті циліндра збільшують його діаметр до відповідного ремонтного розміру, потім встановлюють поршень збільшеного розміру.

Характерні дефекти гільз циліндрів: тріщини, інтенсивне зношування робочої поверхні, корозійні та кавітаційні ушкодження посадкових поясів. Тріщини і послаблення вставки є дефектами, через які гільзи циліндрів вибраковуються.

Гільза циліндра зазнає дії змінного тиску надпоршневої порожнини під час роботи. Під час руху поршень впливає на гільзу бічним зусиллям, а наприкінці кожного ходу, змінюючи напрямок руху, вдаряється об її стінку. У крайніх положеннях (мертвих точках) швидкість поршня дорівнює нулю, після чого вона поступово зростає, досягаючи максимуму, який в автомобільних двигунах при номінальній частоті обертання колінчастого валу може сягати до 25 м/с, а далі знову зменшується до нуля в наступній мертвій точці (див. рисунок 1.3).

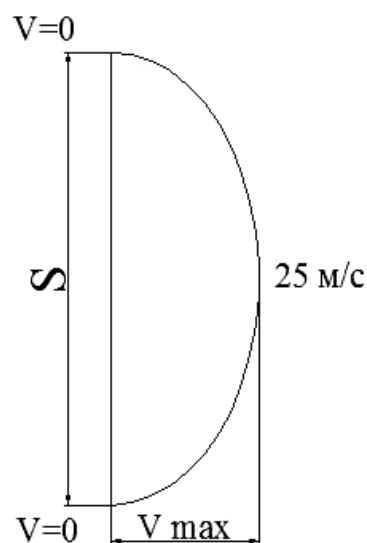


Рисунок 1.3 Характер зміни швидкості руху поршня

У процесі переміщення поршня до верхньої мертвої точки збільшується зусилля стиснення в циліндрі, який спрямований не по осі циліндра, а під кутом до неї, що впливає на нерівномірний тиск у площинах вздовж осі валу та перпендикулярної до неї.

Внутрішні стінки циліндра виконують роль напрямних для поршня під час його переміщення між крайніми точками. Вони піддаються дії високотемпературного полум'я та гарячих газів, температура яких сягає 1500–2500 °С.

Особливості роботи циліндро-поршневої групи призводять до інтенсивного зносу верхньої частини циліндра. Унаслідок цього його робоча поверхня набуває конусоподібної форми по висоті та овальної форми в поперечному перерізі.

Найчастішою причиною, що зумовлює потребу в ремонті, є зношування гільз циліндрів внаслідок тертя. Оскільки досягти однакової твердості матеріалів контактуючих деталей при виготовленні практично неможливо, одну з них зазвичай навмисно виготовляють менш зносостійкою, спрощуючи тим самим її подальшу заміну.

Внутрішня поверхня гільзи циліндрів зношується нерівномірно, як по діаметрі так висоті. Максимальне зношування спостерігається у верхній частині гільзи (рисунок 1.4), в зоні, де верхнє поршневе кільце змінює напрямок руху при проходженні верхньої мертвої точки. У цьому місці утворюється кільцеве вироблення поверхні, глибина якої зазвичай і лімітує термін служби гільзи циліндра.

Дефектами, характерними для гільз та блоків циліндрів, є зношування робочої поверхні. Граничне зношування циліндрів автомобільних двигунів знаходиться у межах 0,3-04 мм. Подальша експлуатація гільз циліндрів стає неможливою через погіршення їх експлуатаційних характеристик.

Види зношування гільз циліндрів: абразивне, гідроабразивне, втомне, корозійне та фреттинг-зношування.

Збільшення внутрішнього діаметра та спотворення правильності форми

робочої поверхні є наслідком нормального зношування гільз і блоків циліндрів, що зумовлені зношувальною дією поршневих кілець. Порушення траєкторії руху поршнів відбувається з кількох причин, однієї з головних є проблема так званої співвісності, а також неперпендикулярності положення сполучених деталей. Крім того, передчасний знос поршнів і циліндрів відбувається через надто великі допуски в розмірах, за рахунок чого поршень має можливість рухатися не тільки по осі циліндра, але і з відхиленням по горизонталі.

Це в результаті призводить до нерівномірного зношування циліндра, який втрачає форму, а його профіль з ідеально круглого перетворюється на еліпсоподібний. Крім зношування, що змінює форму циліндрів, на них впливає висока температура і продукти згоряння, здатні руйнувати стінки циліндра або відкладатися нагаром на його поверхні і на поверхні поршнів.

Щоб встановити ступінь зношування поверхні циліндра, використовують спеціальну систему оцінки, яка зводиться до двох розмірних параметрів циліндра. Зміна початкових розмірів на 0,05 мм у верхній мертвій точці, верхнього поршневого кільця, а не самого поршня. Зміна розміру на 0,03 мм в точці контакту спідниці поршня і стінки циліндра. У випадку зміни параметрів до таких величин - робиться висновок про необхідність ремонту. Виникнення дефекту у вигляді сходинок у верхній частині циліндра, саме по причині цієї сходинок розбиваються поршневі кільця, та посадкові місця під поршневі кільця. Усі це супроводжується відчутними ударами, а сам двигун починає працювати з сильною вібрацією. Поява еліпсності поверхні не дозволяє поршневим кільцям добре прилягати до стінок циліндра. Надмірне тертя та напруження, що виникає за відсутності співвісності, руйнують інші залежні вузли, які відносяться до поршневої групи. Виникають додаткові навантаження на всі рухомі елементи, які беруть участь в процесі роботи двигуна, можливі появи вигинів, тріщин, деформацій.

Причини виникнення дефектів: нерівномірне зношування робочої поверхні гільзи циліндра, корозійні ушкодження внаслідок впливу зовнішнього

середовища, отвори циліндра мають ознаки нерівномірного зносу у вигляді окремих блискучих полірованих місць (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 Характер нерівномірного зношування робочої поверхні гільзи циліндра

Робоча поверхня гільзи циліндра має у верхній частині металеві місця з глянцеvim блиском, на яких зникла хонінгувальна структура (рисунок 1.5).

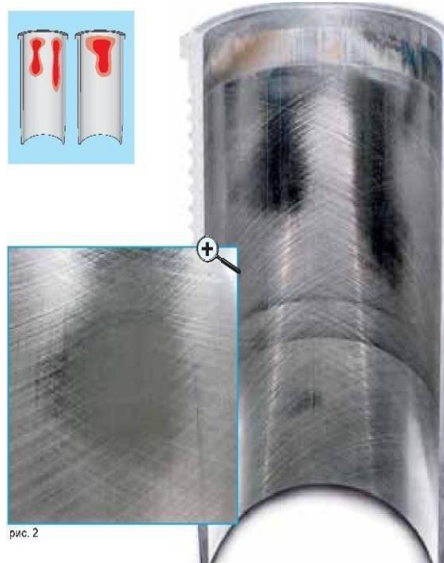


Рисунок 1.5 Блискучі місця у верхній зоні поверхні гільзи циліндра

Такі види зносу з'являються тоді, коли при експлуатації на жаровому поясі поршня утворюється твердий олійний нагар в результаті незгорілої олії та

залишків горіння.

Головними причинами зношування внутрішньої поверхні гільзи циліндра є процес стирання поршневих кілець. Під час роботи двигуна відбувається вибух робочої суміші, починається прорив газів, які рвуться під верхнє кільце, внаслідок чого стає вищим питомий тиск поршневих кілець на поверхню циліндра. Зниження в'язкості олії та міцності масляної плівки викликано проривом робочої суміші підвищеної температури. На зношування гільз циліндра впливає також газова корозія. Внутрішня поверхня гільзи циліндра у процесі зношування набуває по довжині форми конуса, а по діаметру - форму овала.

Ступінь зносу при терті кілець про гільзі циліндра значною мірою залежить від режиму мащення. Утворення гідродинамічного шару мастила між гільзою та кільцем найбільш ймовірно в середній частині ходу поршня, де швидкості переміщення відносно великі. Численні спостереження під час ремонту показують, що безперервної масляної плівки яка знаходиться на поверхні гільзи немає. При уповільненні русі поршня у верхній та нижній мертвих точках режим змащення можна охарактеризувати як граничне тертя, тому ці зони максимально схильні до зносу.

Найдрібніші домішки в мастилі або абразивний пил, що потрапляє в камеру згоряння разом з повітрям, мають розміри, що перевищують розміри граничних масляних шарів. Отже, поверхні тертя кілець та гільз розділені цими частинками. Звідси можна зробити висновки, що зносостійкість пари тертя, яка найбільш зношується, визначається значною мірою властивостями цих частинок, мікротвердість яких може значно перевищувати твердість матеріалу деталей пари тертя. Крім того, високі тиски в камері згоряння приводять до значного питомого навантаженням поршневих кілець на дзеркало циліндра. Тиск у за кільцевому просторі може сягати 75-85% від тиску газів у циліндрі.

Крім впливу тиску на зношування дуже важливо забезпечити оптимальне охолодження високотемпературних зон, оскільки основні теплові потоки проходять через головку поршня, кільця та верхню частину гільзи циліндра.

Перевищення допустимих температур може призвести до вигорання масляної плівки в зоні тертя і надалі необхідність проведення дороговартісного ремонту після заклинювання поршня.

Велике значення для двигунів автомобілів має обставина, що суміш, яка надходить в циліндри, змиває мастило зі стінок гільзи циліндра, внаслідок чого посилюються процеси «схоплювання» і при русі поршня відбувається «вириг» металу гільзи. Тому на поверхні зношеної гільзи pojawiaються типові поглиблення у верхній та нижній мертвих точках. Свій внесок робить і корозійне зношування, причиною якого є утворення в поршневому просторі різних агресивних з'єднань. Таким чином, при експлуатації двигуна внутрішнього згоряння автомобіля виникають такі дефекти робочої поверхні гільзи циліндра: збільшення внутрішнього діаметра, нерівномірне зношування робочої поверхні, овальність, конусність, задири.

Способи відновлення робочої поверхні гільзи циліндра.

Основним способом відновлення робочої поверхні гільзи циліндрів є механічна обробка. До механічної обробки відноситься розточування під ремонтний розмір та хонінгування з подальшим використанням ремонтних поршнів.

При ремонті блоку циліндрів слід врахувати наступні вимоги: допустима неплоскостність поверхні сполучення блоку з головкою блоку циліндрів становить 0,1 мм; при шліфуванні поверхні сполучення блоку циліндра з головкою блоку циліндрів допускається зняття металу трохи більше 0,2 мм; допустима овальність поверхні циліндрів не більше 0,015 мм; максимально допустимий знос циліндрів під час експлуатації двигуна 0,2мм; номінальна різниця діаметрів двох циліндрів - 0,05 мм, максимально допустима різниця - 0,20 мм.

Під час роботи двигуна, незважаючи на легкість роботи, він і всі його деталі, такі як циліндри, поршні, колінчастий вал, розподільчий вал і клапани, відчувають максимальні навантаження.

Розточування блоку циліндрів двигуна або відновлення необхідного зазору

між поршнями і стінками гільзи циліндра з технологічної точки зору не являється складною операцією. Зазор утворюється сам собою, після того як виконується проточка на вертикально-розточувальному верстаті. Якість роботи та правильність розточування безпосередньо залежать від використовуваного обладнання та кваліфікації робітника.

Відновлення правильної геометричної форми поверхні гільзи циліндра, більш складна технологічна операція. Перед розточуванням гільз циліндрів проводиться вимірювання параметрів поверхні гільзи з використанням мікрометричних приладів, з допомогою яких робиться висновок про необхідність виконання певних операцій, визначення їх складності і доцільності проточування гільз циліндрів.

За допомогою розточування гільз циліндрів блоку двигуна забирається не тільки еліпсність і конусність гільз циліндрів. Нормою вважається значення даних відхилень, які не перевищують 0,01 мм по всій довжині циліндра. Виконання таких операцій вимагає високої точності, що передбачає використання спеціальних високоточних розточувальних верстатів, які мають точність не нижче 0,01 мм. Високі вимоги, під час проточування, і до параметрів чистоти робочих поверхонь. Чим чистіше поверхня гільзи буде оброблена під час розточування, тим менше буде потрібно часу на притирання нових деталей одна до одної. Недостатня чистота поверхні призведе до передчасного зношування поршневих кілець, збільшення витрати палива та мастила. Крім того, через інтенсивне тертя, при обкатуванні двигуна після капітального ремонту та розточування блоку циліндрів, в маслі утворюється велика концентрація металевого пилу та стружки, яка також шкідлива та небажана.

Після механічної обробки гільзи циліндра під ремонтний розмір, повертається її геометрія, параметри шорсткості та точності зношеної деталі. Деталі, які зазнають процесу відновлення мають ремонтні розміри. Параметри ремонтних розмірів враховуються в залежності від величини зношеної деталі, припуску на її обробку і запасу міцності деталі, що залишилася.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування технології дефектування блока циліндра

Дефектом називається будь-яке окреме відхилення деталі від параметрів, які встановлені відповідною нормативною документацією. Процес оцінки технічного стану деталі та визначення її придатності до подальшого використання є основною метою технологічної операції дефектації. У технічних умовах на проведення дефектації визначено два ключових критерії для оцінювання технічного стану деталі: перший критерій встановлює допустимість подальшого використання деталі з урахуванням її ресурсу до наступного ремонту; другий критерій описує граничний стан деталі, при досягненні якого встановлення її на машину заборонено, при цьому деталь підлягає або ремонту (за умови технологічної можливості), або бракуванню.

Оцінювання стану деталі при дефектації виконується такими методами: візуальним оглядом – для загальної оцінки стану деталі; лінійними вимірювальними засобами – для визначення розмірних відхилень; за допомогою спеціалізованих приладів та пристроїв – для перевірки фізико-механічних характеристик матеріалу; шляхом гідравлічних і пневматичних випробувань – для виявлення нещільностей і тріщин; а також методами дефектоскопії – для визначення прихованих дефектів і мікротріщин.

Перед виконанням дефектації деталь піддається попередній обробці, що включає очищення, знежирення та миття. При дефектації слід суворо дотримуватись технічних вимог щодо процедури контролю і сортування. Роботи з дефектації виконуються фахівцями відповідної кваліфікації та розряду на спеціально обладнаних робочих місцях.

Таблиця 2.1 – Перелік дефектів поверхні гільзи циліндра.

Дефект, що контролюється		Розмір, мм		Способи та засоби контролю		Висновок
№ дефекту	Найменування дефекту	по кресленню	допустимий	назва	Позначення чи похибка вимірювання	
–	Тріщини, зломи, сколення	Не допускається		Огляд Дефектоскоп	– ПМД–70	Бракувати
1	Кавітаційні раковини	Наскрізні раковини не допускаються		Огляд	–	Ремонтувати
2	Поздовжні риси, задирки, корозія	Не допускається		Огляд	–	Ремонтувати (гільзи ремонтного розміру бракувати)
3	Знос, овальність, конусність	130+0,04	130,04	Нутромір	100–160 ДСТУ 9244–95 8144-13004Д 8144-13074Д ДСТУ 70.0001.024–99	Ремонтувати (гільзи ремонтного розміру бракувати)
		Ремонтний розмір				
		130,70 ^{+0,04}	130,74			
		Овальність, конусність внутрішньої поверхні				
		0,02	0,03			
		поясків				
	0,06	0,08				
	Знос верхнього посадкового пояса	153 ^{–0,050 –0,090}	152,80	Мікрометр	МК 175-2 ДСТУ 6507–93	Ремонтувати
	Овальність конусність: 0,02	0,04				
5	Знос нижнього посадкового пояса	151 ^{–0,005 –0,009}	150,80	Мікрометр	МК 175-2 ДСТУ 6507–93	Ремонтувати
6	Знос опорного буртика	Висота буртика:		Мікрометр	МК 25-2 ДСТУ 6507–95	Ремонтувати
		12,10 ^{+0,03}	12,00			
		Ремонтний розмір				
		11,70 ^{+0,03}	11,60			

На рисунку 2.1 графічно ілюстровані дефекти гільзи циліндра двигуна легкового автомобіля, а у таблиці 2.1 наведено їхні кількісні значення та методи контролю.

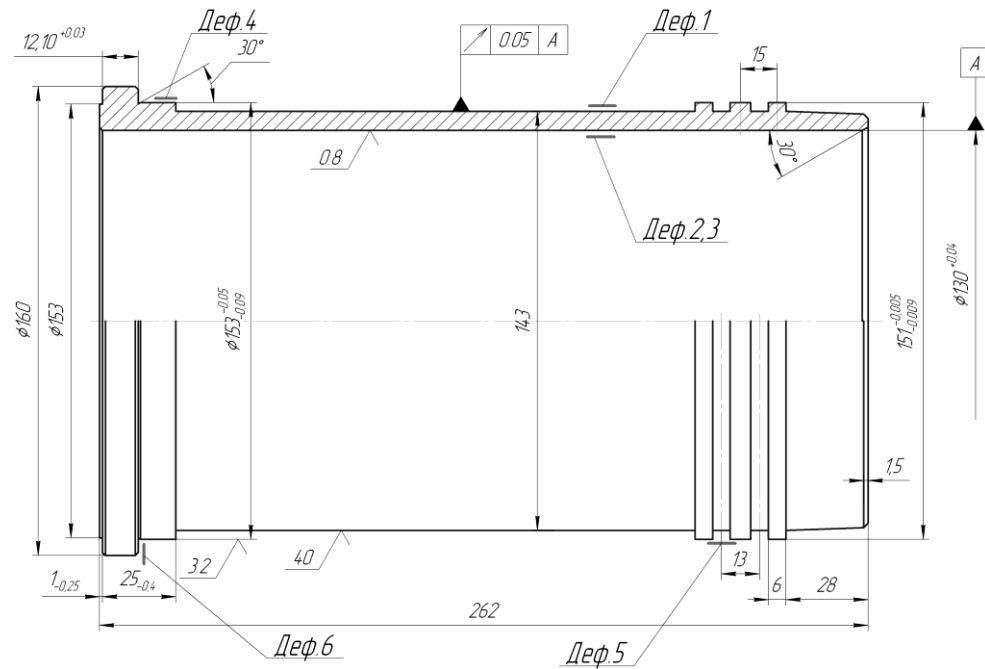


Рисунок 2.1 – Дефекти поверхні гільзи циліндра двигуна легкового автомобіля Volkswagen Passat B7.

На основі наведених дефектів поверхонь гільз циліндрів двигуна складено маршрути їх відновлення:

Маршрут I: Зношування внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра, при якому її діаметр перевищує 130,16 мм.

Маршрут II: Підвищене зношування внутрішньої поверхні гільзи циліндра понад діаметр 130,16 мм у поєднанні з пошкодженням (зношуванням) посадочних поясків.

Маршрут III: Складний дефект, який включає зношування внутрішньої поверхні гільзи до діаметра понад 130,16 мм, зменшення висоти опорного бурта до значення менше ніж 10,2 мм, а також зношування посадочних поясків.

Маршрут IV: Зношування внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра понад 130,16 мм, ускладнене кавітаційним руйнуванням.

Проведений аналіз показав, що найбільш поширеними є дефекти, визначені в маршруті III. Саме для цього маршруту розроблено технологічний

процес відновлення робочої поверхні гільзи циліндра.

2.2 Технологічний процес розточування блоку циліндра

Підібрати змінну вставку нутроміра відповідно до діаметра циліндра, накрутити на неї контргайку і встановити в отвір нутроміра. Налаштувати мікрометр приблизно на величину діаметра циліндра, виміряного попередньо штангенциркулем. Наприклад, якщо за допомогою штангенциркуля визначено діаметр 82,5 мм, слід встановити мікрометр на 82,00 або 83,00 мм. Закріпити положення шпинделя мікрометра за допомогою стопора. Далі вставити вимірювальні штифти нутроміра між опорними поверхнями п'яти та шпинделем мікрометра і регулювати положення змінної вставки до моменту переміщення малої стрілки індикаторної головки на величину 1...2 мм. Після досягнення цього закріпити вставку контргайкою і встановити нуль шкали на позицію великої стрілки індикаторної головки.

Вимірювання діаметрів циліндрів виконують почергово: спочатку у верхній зоні, що не піддається зносу, а потім у трьох поясах циліндра в двох взаємно перпендикулярних площинах. Для цього необхідно натиснути на рухомий вимірювальний штифт нутроміра, вставити нутромір у циліндр, розташувавши вимірювальний штифт паралельно осі колінчастого валу. Похитуючи нутромір навколо опорного центруючого містка, спостерігати за рухом стрілки індикаторної головки, яка в момент проходження штифтів через площину, що перпендикулярна до осі циліндра, змінюватиме напрямок свого руху на протилежний. Зафіксувати це положення і отриманий діаметр циліндра записати в звітний бланк.

Формула для визначення діаметра циліндра при вимірюванні нутроміром:

$$D = A \pm C$$

де D – значення діаметра циліндра у заданих поясі та площині, мм;

A – розмір для налаштування нутроміра, мм;

C – величина відхилення стрілки індикатора від початкового положення, мм.

Знак «+» у формулі використовується в тому випадку, коли велика стрілка індикатора відхиляється від нульової позначки проти годинникової стрілки. Це свідчить про те, що діаметр циліндра перевищує значення, встановлене на мікрометрі. Для проведення вимірювань нутромір необхідно переміщати всередині циліндра під нахилом, що дозволяє знизити зношування вимірювальних штифтів.

Необхідно визначити овальність і конусність циліндрів та занести результати до звітнього бланка. Овальність визначається як різниця між діаметрами, виміряними в одному поперечному перерізі, але у різних площинах. Конусність — це різниця між найбільшим і найменшим діаметрами циліндра, виміряними в одній площині (наприклад, паралельно до осі колінчастого валу), але в різних поясах по висоті циліндра.

Для вибору необхідного ремонтного розміру циліндра D_1 , що є найблищим до діаметра $D_{\max}$ використовуємо дані із таблиці 2.1.

Використовуючи таблицю 2.1 – вибираємо необхідний ремонтний розмір циліндра D_1 , який ближче до діаметра $D_{\max}$.

В подальшому необхідно вибрати діаметр для подальшого розточування D_p при врахуванні величини припуску δX , який необхідний при фінішній обробці отвору хонінгуванням. Величину δX вибирають із діапазону 0,06...0,08 мм діаметра отвору.

$$D_p = D_1 - \delta X$$

Встановлюємо показання максимального припуску для розточування (по діаметру) $\delta P_{\max}$ та максимальної глибини розточування $h_{\max}$

$$\delta P_{\max} = D_p - D_{\min}$$

$$h_{\max} = \delta P_{\max} / 2$$

Таблиця 2.2 - Розміри блоків циліндрів двигунів

Ремонтний розмір циліндра, мм	Клас поршня та циліндра	Діаметр поршня (довід.), мм	Діаметр циліндра після розточування, мм	Діаметр циліндра після хонінгування, мм
76,4	A	76,34 - 76,35	76,37 - 76,38	76,40 - 76,41
	B	76,35 - 76,36	76,38 - 76,39	76,41 - 76,42
	C	76,36 - 76,37	76,39 - 76,40	76,42 - 76,43
	D	76,37 - 76,38	76,40 - 76,41	76,43-76,44
	E	76,38 - 76,39	76,41 - 76,42	76,44 - 76,45
76,8	A	76,74 - 76,75	76,77 - 76,78	76,80 - 76,81
	B	76,75 - 76,76	76,78 - 76,79	76,81 - 76,82
	C	76,76 - 76,77	76,79 - 76,80	76,82-76,83
	D	76,77 - 76,78	76,80 - 76,81	76,83 - 76,84
	E	76,78 - 76,79	76,81 - 76,82	76,84 - 76,85
79,4	A	79,34 - 79,35	79,37 - 79,38	79,40-79,41
	B	79,35 - 79,36	79,38 - 79,39	79,41 - 79,42
	C	79,36 - 79,37	79,39 - 79,40	79,42-79,43
	D	79,37 - 79,38	79,40-79,41	79,43 - 79,44
	E	79,38 - 79,39	79,41 - 79,42	79,44 - 79,45
79,8	A	79,74 - 79,75	79,77 - 79,78	79,80 - 79,81
	B	79,75 - 79,76	79,78 - 79,79	79,81 - 79,82
	C	79,76 - 79,77	79,79 - 79,80	79,82-79,83
	D	79,77 - 79,78	79,80 - 79,81	79,83 - 79,84
	E	79,78 - 79,79	79,81 - 79,82	79,84 - 79,85
82,4	A	82,34 - 82,35	82,37 - 82,38	82,40 - 82,41
	B	82,35 - 82,36	82,38 - 82,39	82,41 - 82,42

	C	82,36 - 82,37	82,39 - 82,40	82,42-82,43
	D	82,37 - 82,38	82,40 - 82,41	82,43 - 82,44
	E	82,38 - 82,39	82,41 - 82,42	82,44 - 82,45
82,8	A	82,74 - 82,75	82,77 - 82,78	82,80 - 82,81
	B	82,75 - 82,76	82,78 - 82,79	82,81 - 82,82
	C	82,76 - 82,77	82,79 - 82,80	82,82-82,83
	D	82,77 - 82,78	82,80 - 82,81	82,83 - 82,84
	E	82,78 - 82,79	82,81 - 82,82	82,84 - 82,85

Режими різання визначаємо для розточування з огляду на рекомендації літературних джерел.

Встановлюємо глибину різання t , яка варіюється в межах $0,1 \dots 0,3$ мм в залежності від $h_{\max}$.

З'ясовується, що $h_{\max}$ більше t тоді необхідно позначити глибину різання під час другого проходу:

$$t_r = h_{\max} - t,$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв:

$$n = 1000 \cdot V_p \cdot \pi \cdot D_p$$

де V_p – швидкість різання ($80 \dots 120$ м/хв);

D_p – діаметр розточування, мм.

Швидкість подачі шпинделя S встановлюється в діапазоні $0,05 \dots 0,12$ мм/об.

Виходячи з технічної характеристики верстата вибираємо необхідну частоту обертання шпинделя, найближчу до розрахункової та подачу шпинделя.

Попередньо підготувати блок циліндрів до транспортування на розточувальному стіл. Очистити блок та знежирити. Підготувати стіл, очистити

від металевої стружки та інших забруднень. Встановити на стіл верстата приблизно на осі шпинделя, притискаючи до столу прихватами.

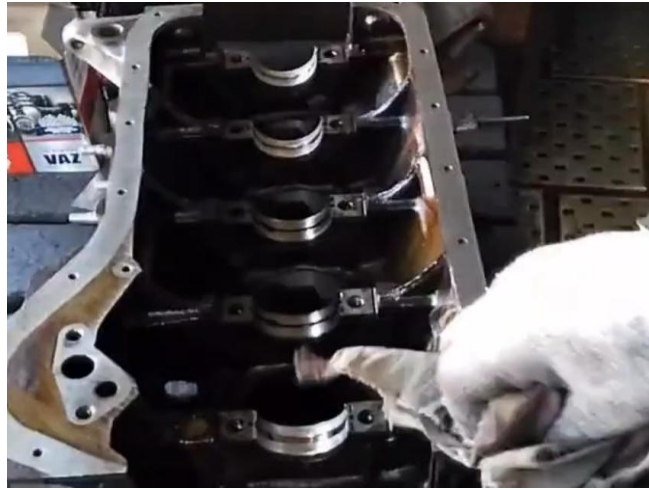


Рисунок 2.2 - Підготовка блоку циліндрів до експлуатації

Лінійкою виміряти довжину циліндра і відрегулювати упори, що обмежують вертикальне переміщення шпиндельної бабки. Верхній упор, що обмежує переміщення бабки вниз, встановити так, щоб він натискав на важіль кінцевого перемикача після виходу різця, що розточується. циліндра на 3...5 мм. Нижній упор повинен зупинити бабку, коли шпиндель вийде з отвору на відстань, достатню для зручної зміни інструменту або оброблюваної деталі.

Відцентрувати циліндри по осі шпинделя необхідно з допомогою рукоятки, відключивши шпиндель від приводу який встановлюється безпосередньо в циліндр, що розточується. Потім необхідно встановити індикаторне пристосування в торець різцевої головки шпинделя, переміщуючи державку індикатора так, що його важіль міг вільно увійти в циліндр, що розточується, при опусканні шпиндельної бабки. швидкого переміщення шпиндельної бабки вниз, підведемо шпиндель до циліндра. колесом, опустимо шпиндель з важелем центрошукача в циліндр на 3...5 мм у верхній незношений кромці циліндра. Повернемо шпиндель з індикаторним пристосуванням у напрямку поздовжньої осі столу, потім перемістивши тримку центрошукача,

притиснемо кінець важеля до внутрішньої поверхні циліндра з натягом 2...3 мм.

Скориставшись рукояткою поздовжнього та поперечного напрямку столу, переміщуючи площину столу із встановленим блоком циліндрів та повертаючи шпиндель, досягнемо точного центрування осі циліндра з віссю шпинделя, при цьому стрілка індикатора при переміщенні шпинделя на 180 градусів не повинна відхилитися від нуля більш ніж 0,02 мм. Після центрування виводимо шпиндель з циліндра вручну за допомогою махового колеса або використовувати кнопку «Шпиндель вгору» в правій частині пульта управління. Видалити центрошукач із шпинделя.



Рисунок 2.3 - Процес центрування блоків циліндра двигуна

Встановимо різець з діаметром розточування, для цього за допомогою махового колеса з лімбом подаємо різець усередину шпинделя. Опустимо шпиндель, ввівши різець у циліндр на 3...5 мм. Підвести різець до внутрішньої поверхні циліндра до торкання, відзначити показання лімба та індикатора. Обертаючи махове колесо, виведемо шпиндель з циліндра. За допомогою маховика лімба та індикатора забезпечимо додатковий рух різця на величину радіальної подачі t .

Запускаємо верстат на автоматичний режим розточування «Цикл», за допомогою перемикання тумблера у праве положення на пульті керування, натискаємо на центральну кнопку «Обертання шпинделя». Після цього

запускається процес розточування.



Рисунок 2.4 - Встановлення різця в робочу зону для процесу розточування

Після завершення розточування, виводимо шпиндель, встановлюємо в шпиндель індикаторний пристрій, опускаємо пристрій в циліндр, щоб перевірити на овальність циліндра. Видаляємо індикаторний пристрій.

При допомозі індикаторного нутроміра заміряємо точність розточування по діаметру, визначаємо ще раз овальність і конусність циліндра, які мають бути в діапазоні 0,02 мм. Проводимо візуальний огляд внутрішньої поверхні циліндра після розточування. Кінцева шорсткість поверхні циліндра має бути в межах $Ra = 0,63...2,5$ мкм.

2.3 Розроблення технологічного процесу відновлення блоків циліндрів із обґрунтуванням та вибором раціональної структурно-технологічної послідовності виконання операцій.

Відповідно до обґрунтованих та обраних технічних рішень для відновлення гільз циліндрів за допомогою методів механічної обробки під заданий ремонтний розмір, передбачено застосування технології лазерного термічного зміцнення поверхні матеріалу гільз. Перелік основних етапів

реалізації цього технологічного процесу наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік головних операцій технологічного процесу ремонту гільзи циліндра двигуна легкового автомобіля

№ операції	№ переходу	Назва технологічної операції	Виконуванні роботи
1	2	3	4
005		Миття	Очищення деталі
010		Дефектування	Визначення придатності гільзи циліндрів для подальшого відновлення
015	1	Точіння	Точіння зовнішньої поверхні гільзи циліндра: діаметр 152.6-0.05 мм, довжина 13 мм
	2		Точіння зовнішньої поверхні гільзи циліндра: діаметр 143.3 _{-0.05} мм, довжина 147 мм,
	3		Точіння зовнішньої поверхні гільзи циліндра діаметр 150.8 мм, довжина 58 мм.
020		Точіння	Нарізання на зовнішній поверхні гільзи гвинтової канавки: довжина 65 мм і 28 мм, діаметри 150.8 _{-0.1} мм і 152.6 _{-0.1} мм.
025		Металізування	Наростити зовнішню поверхню гільзи: довжина 28 мм, діаметр 155.8 _{-0.8} мм; довжина 65 мм, діаметр 153.8 мм.
030	1	Точіння	Точіння зовнішньої поверхні: довжина 28 мм, діаметр 153.1 _{-0.09} мм; довжина 65 мм, діаметр 151,1 _{-0.09} мм.

035		Точіння	Розточити робочу поверхню під ремонтний розмір: довжина 262 мм, розмір діаметр $130,6^{+0,04}_{-0,04}$ мм.
040		Шліфування	Шліфувати зовнішні поверхні: довжина 28 мм, діаметр $153_{-0,05}$ мм; довжина 65 мм, діаметр $151_{-0,05}$ мм
045		Шліфування	Фінішне шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь: довжина 28 мм, діаметр $153^{+0,05}_{-0,09}$ мм; довжина 65 мм діаметр $151^{+0,05}_{-0,09}$ мм.
050		Хонінгування	Хонінгування внутрішньої циліндричної поверхні гільзи діаметром $130,60^{+0,04}$ мм, довжиною 262 мм до діаметра $130,7_{-0,04}$ мм.
055		Хонінгування	Хонінгування робочої поверхні гільзи циліндра діаметром $130,70_{-0,04}$ мм, довжиною 262 мм до діаметра $130,7^{+0,04}$ мм.
060		Термічне зміцнення	Зміцнення внутрішньої робочої поверхні гільзи циліндра за допомогою лазерного променя на довжині 70 мм.
065		Очистка	Очищення поверхонь деталей від можливих забруднень.
070		Контроль	Контроль розмірів відновлених поверхонь гільз циліндрів.

2.4. Критерії вибору необхідного технологічного обладнання, устаткування, робочого та вимірювального інструментів, основних та допоміжних матеріалів

Розроблення найбільш раціонального варіанту технологічного процесу відновлення деталей ґрунтується, як правило, на принципах вибору найбільш оптимального для даного виробництва технологічного обладнання, устаткування, робочих та вимірювальних інструментів та приладів, вибору раціональних режимів обробки із застосуванням сучасних засобів механізації та автоматизації. Враховуючи робочу програму випуску готової продукції (відновлених деталей), задані параметри точності та якості, технологічні можливості даного підприємства (ремонтні майстерні, станції технічного обслуговування) необхідно використовувати універсальне, спеціальне або спеціалізоване обладнання, устаткування та відповідні інструменти. В кінцевому це впливає на техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу відновлення деталей, собівартість виконуваних операцій, розмір отриманого економічного ефекту.

Перелік використовуваного технологічного обладнання, робочих та вимірювальних інструментів, робочих матеріалів для забезпечення технологічного процесу відновлення гільз циліндрів приведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Перелік технологічного обладнання, устаткування, робочого та вимірювального інструментів, робочих матеріалів при відновленні гільз циліндрів.

№ операції	№ переходу	Назва операції	Перелік технологічного обладнання, інструментів, матеріалів
1	2	3	4
005		Миття	Машина для миття ОМ – 4267, робочий розчин Лабомід – 101.

010		Дефектування	Робочий стіл ЗП-1497, штангенциркуль ШЦ 1-010-300, нутромір.
015		Точіння	Верстат токарний ЕМ 140А Н 330 – 5, різець прохідний.
020		Точіння	Верстат токарний 1А616
025		Металізація поверхні	Верстат для електрометалізації ОКС 11244, сила струму для зварювання - 350А; дуга напругою -30В;
030		Точіння	Верстат токарний ЕМ – 140 АН 330 – 6
035		Точіння	Верстат розточний 278Н.
040		Шліфування	Верстат безцентрово-шліфувальний 3А-184 (3500×2200), коло шліфувальне ПП200×250×305 24А6 ПС 17к5 30 м/с 1кЛА
045		Шліфування	Верстат безцентрово-шліфувальний 3А-184 (3500×2200), коло шліфувальне ПП200×250×305 24А6 ПС 17к5 30 м/с 1кЛА
050		Хонінгування	Верстат хонінгувальний 3К 83У
055		Хонінгування	Верстат хонінгувальний 3К 83У
060		Термічне зміцнення	Технологічний модуль для лазерного зміцнення Комета-2, газ – CO ₂
065		Очищення	Гас, матеріали для очищення поверхонь.
070		Контроль	Штангенциркуль ШЦ 1-010-300 5, нутромір.

2.5 Порядок розрахунку та вибір основних режимів технологічних операцій при відновленні блоків циліндрів згідно запропонованого технологічного процесу

Формула для визначення технологічної норми часу;

$$T_H = T_o + T_e + T_{дон} + \frac{T_{нз}}{n} \text{ хв},$$

де T_o – час основний, хв;

T_e – час допоміжний, хв;

$T_{дон}$ – час додатковий, хв;

$T_{нз}$ – час підготовчо-заклучний, хв;

n – величина партії деталей, штук.

Відновлення робочих поверхонь гільз циліндрів розточуванням під заданий ремонтний розмір. Вибір режимів обробки та розрахунок складових норм часу для виконання основних технологічних операцій.

005 Операція миття

$$T_{нз} = 25.0 \text{ хв}, T_{итт} = 1,2 \text{ хв}.$$

010 Операція дефектування

$$T_{нз} = 10 \text{ хв.}, T_{итт} = 2.4 \text{ хв}.$$

015 Операція проточування

Обточування зовнішньої поверхні гільзи циліндра.

Перехід 1

Проточування поверхні гільзи циліндра: діаметр $153.7_{-0.05}$ мм, довжина 29 мм.

Вибір режимів різання:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.22$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.65$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 630$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 2$;
- лінійна швидкість різання $V = 211.3$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою обробки деталі:

$$T_{\text{а}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв.}$$

де L – розрахована довжина оброблюваної поверхні деталі;

i – загальне число проходів;

n – оберти шпинделя верстата;

S – поступальна подача різального інструмента, мм/об.

$$T_{\text{а}} = \frac{25 \cdot 1}{630 \cdot 0.63} = 0.23 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Проточування поверхні гільзи циліндра: діаметр $143,3_{-0,05}$ мм, довжина 147 мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.22$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.63$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 630$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 3$;
- значення швидкості різання $V = 209.1$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою обробки:

$$T_{\text{а}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{172 \cdot 3}{630 \cdot 0.63} = 1.3, \text{ хв.}$$

Перехід 3

Проточування поверхні гільзи циліндра: діаметр $150.8_{-0,05}$ мм, довжина 65 мм.

Розрахунок режимів механічної обробки.

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.1$ мм;
- величина подача $S = 0.63$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 630$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 3$;
- лінійна швидкість різання $V = 208.2$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_{o_3} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{65 \cdot 3}{630 \cdot 0.63} = 0.5, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\epsilon} = 0.4 \text{ хв.}$$

Визначення сумарного основного часу на технологічну операцію:

$$T_o = T_{o_1} + T_{o_2} + T_{o_3} = 0.23 + 1.3 + 0.5 = 2.03 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = T_o + T_{\epsilon} = 2.03 + 0.40 = 2.43, \text{ хв}$$

де T_o – значення основного часу на технологічну операцію, хв;

T_{ϵ} – значення допоміжного часу на технологічну операцію, хв.

Вираз для розрахунку допоміжного часу:

$$T_{\partial on} = \frac{T_{on} \cdot K}{100} = \frac{2.43 \cdot 8}{100} = 0.19, \text{ хв.}$$

де T_{on} – значення оперативного часу на виконання технологічної операції, хв;

K – коефіцієнт відношення значення допоміжного часу до оперативного,

$$K = 8\%$$

$$T_{nz} = 15 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію на виконання операції:

$$T_n = 2.03 + 0.4 + 0.18 + \frac{15}{220} = 2.67 \text{ хв.}$$

020 Операція точіння

Перехід 1

Нарізання гвинтової канавки: довжина 65 мм, діаметр 150.8_{-0,1} мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.2$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 1.75$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 56$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 5$;
- лінійна швидкість різання $V = 33$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_{o_1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{65 \cdot 5}{56 \cdot 1.75} = 3.32, \text{ хв.}$$

Вибір допоміжного часу:

$$T_{e_1} = 0.1 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Нарізання гвинтової канавки: довжина 28 мм, діаметр 152.6_{-0,1} мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.3$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 1.75$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 56$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 3$;
- лінійна швидкість різання $V = 34$ м/хв.

Визначимо основний час за формулою:

$$T_{o_2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{28 \cdot 3}{56 \cdot 1.75} = 0.98, \text{ хв.}$$

Допоміжний час визначаємо за формулою:

$$T_{e_2} = 0.1 \text{ хв.}$$

Формула для визначення повного основного часу на операцію:

$$T_o = T_{o_1} + T_{o_2} = 3.32 + 0.98 = 4.43 \text{ хв.}$$

Формула для визначення повного допоміжного часу на операцію:

$$T_e = T_{e_1} + T_{e_2} = 0.1 + 0.1 = 0.2 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = T_o + T_e = 4.43 + 0.2 = 4.63, \text{ хв}$$

Вираз для розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{T_{on} \cdot K}{100} = \frac{4.63 \cdot 8}{100} = 0.37, \text{ хв.}$$

Де K – коефіцієнт відношення допоміжного часу до оперативного приймаємо $K = 8\%$.

Призначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 4.43 + 0.2 + 0.37 + \frac{10}{220} = 5.04 \text{ хв.}$$

025 Операція металізації

Технічні характеристики процесу металізації поверхні гільзи циліндра: ефективна продуктивність установки для металізації – 320...400 см²/хв, максимальна товщина наплавленого шару металу до 0,5 мм. Геометричні параметри оброблюваної деталі: діаметр - 143 мм, довжина ділянки поверхні гільзи для металізації - 262 мм.

Визначення площі поверхні гільзи циліндра для металізації:

$$S = C \cdot L = 449 \cdot 262 = 117638 \text{ мм}^2$$

$$C = \pi \cdot d = 3.14 \cdot 143 = 449 \text{ мм}^2$$

$$T_H = \frac{S}{P} = \frac{117638}{40000} = 3 \text{ хв}$$

030 Операція точіння

Перехід 1

Токарна обробка поверхні гільзи циліндра: діаметр 153.1_{-0.09} мм, довжина 28 мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.4$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.16$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 200$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 2$;
- значення швидкості різання $V = 72$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{28 \cdot 2}{200 \cdot 0.16} = 1.7, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\epsilon_1} = 0.5 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Точіння поверхні гільзи циліндра: діаметр: 151.1_{-0.09} мм, довжина 65 мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.9$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.25$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 200$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 1$;
- лінійна швидкість різання $V = 70$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{65 \cdot 1}{200 \cdot 0.25} = 1.3, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\epsilon_2} = 0.2 \text{ хв.}$$

Визначення сумарного основного часу на технологічну операцію:

$$T_o = T_{o_1} + T_{o_2} = 1.7 + 1.3 = 3 \text{ хв.}$$

Визначення сумарного допоміжного часу:

$$T_{\epsilon} = T_{\epsilon_1} + T_{\epsilon_2} = 0.5 + 0.2 = 0.7 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = T_o + T_{\epsilon} = 3 + 0.7 = 3.7, \text{ хв}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{T_{on} \cdot K}{100} = \frac{3.78 \cdot 8}{100} = 0.29, \text{ хв.}$$

Де $K = 8\%$

Визначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 3 + 0.7 + 0.29 + \frac{10}{220} = 4.03 \text{ хв.}$$

035 Операція точіння

Зношену робочу внутрішню поверхню гільзи циліндра розточити під ремонтний розмір: діаметр $130,6^{+0,04}_{-0,04}$ мм, довжина 262 мм.

Розрахунок режимів механічної обробки:

- розмірний припуск на глибину різання $t = 0.1$ мм;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.05$ мм/об;
- частота обертання шпинделя $n = 850$ об/хв;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 1$;
- лінійна швидкість різання $V = 293,6$ м/хв.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_{o_1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв.}$$

де L – довжина оброблюваної поверхні;

i – загальне число проходів;

n – прийняте число обертів шпинделя верстата;

S – поступальна подача різального інструмента, мм/об.

$$T_o = \frac{262 \cdot 1}{850 \cdot 0.05} = 6,16 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{e_1} = 0.7 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = T_o + T_e = 6,16 + 0.7 = 6,86, \text{ хв}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{T_{on} \cdot K}{100} = \frac{6,86 \cdot 8}{100} = 0.55, \text{ хв.}$$

Де $K = 8\%$

Визначення підготовчо-заклучного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 6,16 + 0,7 + 0,55 + \frac{10}{220} = 7,45 \text{ хв.}$$

040 Операція шліфування

Перехід 1

Шліфування поясків: діаметр $151_{-0,05}$ мм, довжина 65 мм.

Призначення режимів шліфування:

- розмірний припуск на глибину шліфування $t = 0.05$ мм;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 1$;
- значення частота обертання шпинделя верстата $n = 250$ об/хв;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.005$ мм/об;
- лінійна швидкість шліфування $V = 30$ м/хв.;
- величина повздовжньої подачі $S_{np} = 0.03$ мм/об.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{58 \cdot 1}{250 \cdot 0.3} = 0.7, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{e_1} = 1 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Шліфування поясків: діаметр $153_{-0,05}$ мм, довжина 28 мм.

Призначення режимів шліфування:

- розмірний припуск на глибину шліфування $t = 0.05$ мм;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 1$;
- частота обертання шпинделя $n = 150$ об/хв;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.005$ мм/об;
- лінійна швидкість шліфування $V = 34$ м/хв;
- величина повздовжньої подачі $S_{np} = 0.3$ мм/об.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{25 \cdot 1}{150 \cdot 0.3} = 0.6, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{e_2} = 1 \text{ хв.}$$

Визначення повного допоміжного часу:

$$T_e = T_{e_1} + T_{e_2} = 1 + 1 = 2 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = 1.3 + 2 = 3.3, \text{ хв.}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{3.3 \cdot 9}{100} = 0.29, \text{ хв.}$$

$$T_o = 1,3 \text{ хв}$$

Де $K = 9\%$.

Визначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 1.3 + 2 + 0.29 + \frac{10}{220} = 3.64 \text{ хв.}$$

045 Операція чистового шліфування

Перехід 1

Шліфування поясків: діаметр $151_{-0,09}^{-0,05}$ мм, довжина 65 мм.

Призначення режимів чистового шліфування:

- розмірний припуск на глибину шліфування $t = 0.02$ мм;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 2$;
- значення частоти обертання шпинделя $n = 250$ об/хв;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.005$ мм/об;
- лінійна швидкість шліфування $V = 30$ м/хв;
- величина повздовжньої подачі $S_{np} = 0.03$ мм/об.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_{o1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{58 \cdot 2}{250 \cdot 0.3} = 1,5, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\theta_1} = 2 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Шліфування поясків: діаметр $153_{-0,09}^{-0,05}$ мм, довжина 28 мм.

Призначення режимів чистового шліфування:

- розмірний припуск на глибину шліфування $t = 0.02$ мм;
- сумарна кількість проходів обробки $i = 2$;
- частота обертання шпинделя $n = 150$ об/хв;
- поступальна подача різального інструмента $S = 0.005$ мм/об;
- значення швидкості шліфування $V = 34$ м/хв;
- величина повздовжньої подачі $S_{np} = 0.3$ мм/об.

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_{o_2} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{25 \cdot 2}{150 \cdot 0.3} = 1,1, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\theta_2} = 2 \text{ хв.}$$

$$T_o = 2,6 \text{ хв.}$$

Визначення сумарного допоміжного часу:

$$T_{\theta} = T_{\theta_1} + T_{\theta_2} = 2 + 2 = 4 \text{ хв.}$$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$\dot{O}_{\pi} = 2,6 + 4 = 6,6, \text{ хв}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{6,6 \cdot 9}{100} = 0,59, \text{ хв.}$$

Де $K = 9\%$

Визначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 4 + 4 + 0.59 + \frac{10}{220} = 8,63 \text{ хв.}$$

050 Операція хонінгування

Хонінгування внутрішньої поверхні гільзи циліндра: вихідний діаметр 130,60^{+0,04} мм, довжина 262 мм, діаметр після хонінгування - 130,7_{-0,04} мм.

Поступальна подача різального інструмента $S = 1.4$ об/хв;

Значення частоти обертання хонінгувальної головки $n = 250$ об/хв;

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i \cdot K_3}{n \cdot S}, \text{ хв.}$$

де L – загальна протяжність зони обробки гільзи циліндра $L = 262$ мм;

n – число обертів хонінгувальної головки за хвилину $n = 250$ об/хв;

i – загальне число проходів $i = 1$;

S – значення повздовжньої подачі, $S = 1,4$ мм/об;

K_3 – значення коефіцієнта зачисних ходів хонінгувальної головки - 1.2...1.7.

$$T_o = \frac{262 \cdot 1 \cdot 1.5}{250 \cdot 1.4} = 1.1 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу на установлення і зняття гільзи циліндра:

$$T_e = 1 \text{ хв.}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{2.1 \cdot 9}{100} = 0.19, \text{ хв.},$$

де $K = 9\%$

Формула для Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = T_o + T_e = 1.1 + 1 = 2.1, \text{ хв.}$$

Визначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 1.1 + 1 + 0.19 + \frac{10}{220} = 2.34 \text{ хв.}$$

055 Операція чистового хонінгування

Чистове хонінгування внутрішньої поверхні гільзи циліндра: вихідний діаметр 130,70_{-0,04} мм, довжина 262 мм, діаметр після хонінгування - 130,70^{+0,04} мм.

- поступальна подача різального інструмента $S = 3$ об/хв.;
- значення частоти обертання хонінгувальної головки $n = 100$ об/хв;

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i \cdot K_s}{n \cdot S} = \frac{262 \cdot 1 \cdot 1.5}{100 \cdot 3} = 1.2, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу на встановлення і зняття гільзи циліндра:

$$T_g = 1 \text{ хв.}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

$$T_{don} = \frac{2.2 \cdot 9}{100} = 0.19, \text{ хв.,}$$

де $K = 9\%$

Визначення підготовчо-заклучного часу:

$$T_n = 10 \text{ хв.}$$

Визначення нормування на операцію:

$$T_H = 1.2 + 1 + 0.19 + \frac{10}{220} = 2.44 \text{ хв.}$$

060 Операція термічного зміцнення

Вибір режимів обробки:

- поступальна подача різального інструмента $S = 15 \text{ мм/с} = 0.05$ об/хв;
- значення частоти обертання хонінгувальної головки $n = 700$ об/хв;

Розрахунок основного часу здійснюється за формулою:

$$T_o = \frac{262 \cdot 1}{700 \cdot 0.05} = 7.48, \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу на встановлення і зняття гільзи циліндра:

$$T_g = 0.38 \text{ хв.}$$

Розрахунок робочого часу:

$$T_{on} = 7.48 + 0.38 = 7.95, \text{ хв.}$$

Формула розрахунку допоміжного часу:

, хв.

Визначення підготовчо-заключного часу:

$$T_{nz} = 9 \text{ хв.}$$

Формула для визначення нормування на операцію:

$$T_H = T_o + T_e + T_{don} + \frac{T_{nz}}{n} = 7.48 + 0.38 + 0.62 + \frac{9}{220} = 8.5 \text{ хв.}$$

065 Операція очищення

$$T_{nz} = 25.0 \text{ хв.}, T_{um} = 1.5 \text{ хв.}$$

070 Операція контролю

$$T_{nz} = 15 \text{ хв.}, T_{um} = 1.3 \text{ хв.}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технологічне обладнання для розточування блоку циліндрів

Розточувальний верстат AMC-SCHOU CM1200V для розточування блоків циліндрів обладнаний потужним двигуном для обертання шпинделя та змінними твердосплавними різцями, які дозволяють надзвичайно швидко розточувати циліндри до діаметра 350 мм. Всі верстати обладнані автоматичним центральним змащуванням.

Антифрикційне покриття напрямних столу забезпечує плавність та точність роботи верстата.

Пульт керування. Зручний пульт управління, що самоорієнтується вільним доступом дозволяє оператору працювати у кращому можливому положенні.

Розточувальні шпинделі мають можливість швидкого виведення з циліндра. Комплектація верстата повним діапазоном шпинделів дозволяє розточувати циліндри 32-350 мм. Усі шпинделі мають закриті підшипники, змащені весь термін служби.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд верстата AMC-SCHOU CM1200V

Стандартне обладнання:

Розточувальний вузол, шпиндельний двигун і двигун для розточувальної

подачі з плавним регулюванням частоти обертання, швидка подача розточувального вузла, автоматична центральна система мастила. коробка з 10 вставними різцями для розточувальних тримачів інструменту, фрезерна головка з 2-ма різцями та кожухом (для моделей СМ), двигун для автоматичної подачі столу з плавним регулюванням швидкості (для моделей СМ), комплект паралелей для установки блоків циліндрів. Також є, набір болтів та гайкових ключів, набір телескопічних захисних кожухів для направляючих столу, коробка з реле та кнопковою панеллю управління, операційний посібник та каталог запасних частин.

Вимірювальний та слюсарний інструменти, кріпильні деталі та операційне керівництво – елементи стандартної комплектації всіх розточувальних верстатів.

Комплект різців та вставок для розточування всіх типів отворів. АМС-SCHOU постачає міцні тримачі інструменту зі швидкодіючими вставками. Мікрометр з індикатором для прямого вимірювання та налаштування вильоту різця.

Кріпиться на шпиндель за допомогою утримувача вимірювального інструменту.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика верстата АМС-SCHOU CM1200V

Найменування параметра	Параметри
Тип верстата	Вертикально-розточувальний
Діаметр оброблюваних циліндрів, мм	32...350
Частота обертання шпинделя, хв-1	0...1200
Подача, мм/прохід	0,07
Потужність, кВт	0,75...4
Габаритні розміри, мм	2720x1720x3700
Маса, кг	1540

Верстат для розточування блоку циліндрів АСF 200 легкових автомобілів. Компактна конструкція верстата дозволяє розмістити його навіть у невеликих цехах, водночас верстат здатний обробляти широкий діапазон деталей завдяки поздовжній і поперечній подачі столу і вертикальною подачі голови.

Характеристики та багатосторонність використання верстата. Варіатор шпинделя з цифровим показником.

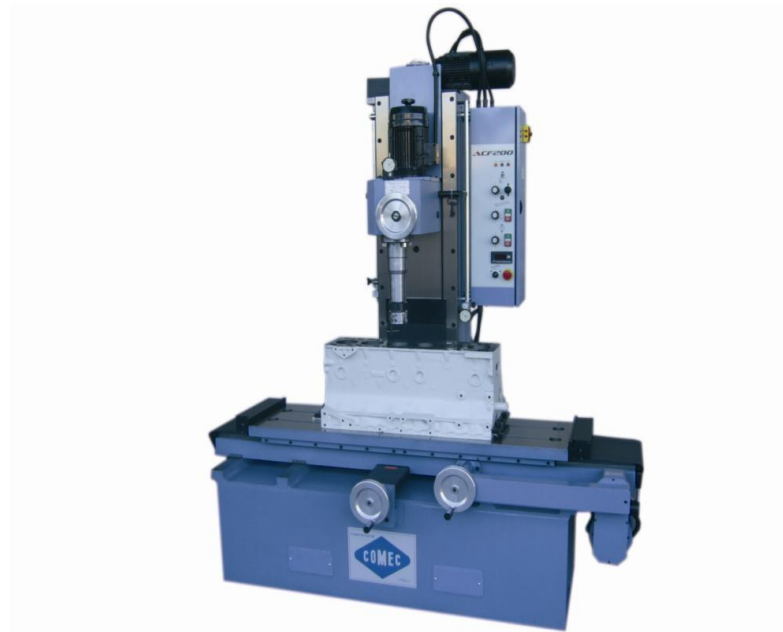


Рисунок 3.2 - Верстат АСF 200 для розточування циліндрів

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика верстата АСF 200

Найменування параметра	Параметри
Тип верстата	Вертикально-розточувальний
Діаметри оброблюваних циліндрів, мм	30...170
Частота обертання шпинделя, об/хв	230-310-420
Подача, мм/прохід	0,06
Потужність, кВт	0...1,5
Габаритні розміри, мм	2170x1150x1860
Маса, кг	1150



Рисунок 3.3 - Вертикально - розточувальний верстат 2Е78П

Таблиця 3.3 - Технічна характеристика верстата 2Е78П

Найменування параметра	Параметри
Тип верстата	Вертикально-розточувальний
Діаметри оброблюваних циліндрів, мм	28...200
Частота обертання шпинделя, об/хв	230-310-420
Подача, мм/прохід	0,08
Потужність, кВт	0-1,5
Габаритні розміри, мм	1750x1560x2125
Маса, кг	2680

3.2 Характеристика технологічного обладнання для хонінгування робочих поверхонь блоків циліндрів

Технологічний процес хонінгування гільз циліндрів базується на тому, що блок циліндрів із гільзами, які мають плосковершинний робочий профіль закріплюється на столі хонінгувального верстата із хонінгувальною головкою, яка складається з 12 брусків-притирів підпружинених до корпуса хонінгувальної головки виготовлених із твердосплавних матеріалів (рис.3.12).

В процесі хонінгування блоку циліндрів, хонінгувальна головка здійснює одночасно, як обертний, так і зворотно-поступальні рухи. Основні елементи режимів хонінгування: швидкість обертання хонінгувальної головки – 160 об/хв., швидкість повздовжньої подачі хонінгувальної головки – 40 подвійних ходів/хв., величина зусилля притискання притирів – 0,8...1,2 МПа.

В зону обробки робочої поверхні гільзи циліндра після включення хонінгувальної головки подається відповідна абразивна суспензія в склад якої входять карбід кремнію (55...80%), карбід бору (3...10%) зернистість якого в межах 60...80 мкм, мінеральне масла із спеціальними добавками (15...30%). Призначення даного масла – забезпечення умов при яких карбіди утримуються в суспензії і не осідають на дно робочої ємкості.

Від дії зусиль із сторони брусків-притирів частинки абразиву проникають в матеріал робочої поверхні циліндра і частково закріплюються на ній. Тривалість процесу хонінгування залежить від розмірів оброблювальних поверхонь, вибраних режимів роботи, заданих параметрів точності та якості складає в середньому 80...120 с. Після завершення процесу хонінгування припиняється подача в зону обробки спеціальної суспензії, а хонінгувальна головка здійснює тільки зворотно-поступальний рух протягом 25...30 с. Мета даного заходу – зняти залишки суспензії з робочої поверхні циліндра, використовуючи при цьому спеціальні твердосплавні кільця змонтовані на хонінгувальній головці. Поряд з цим, з робочої поверхні циліндра знімалися також і абразивні частинки, які не закріплені в матеріалі поверхні циліндра.

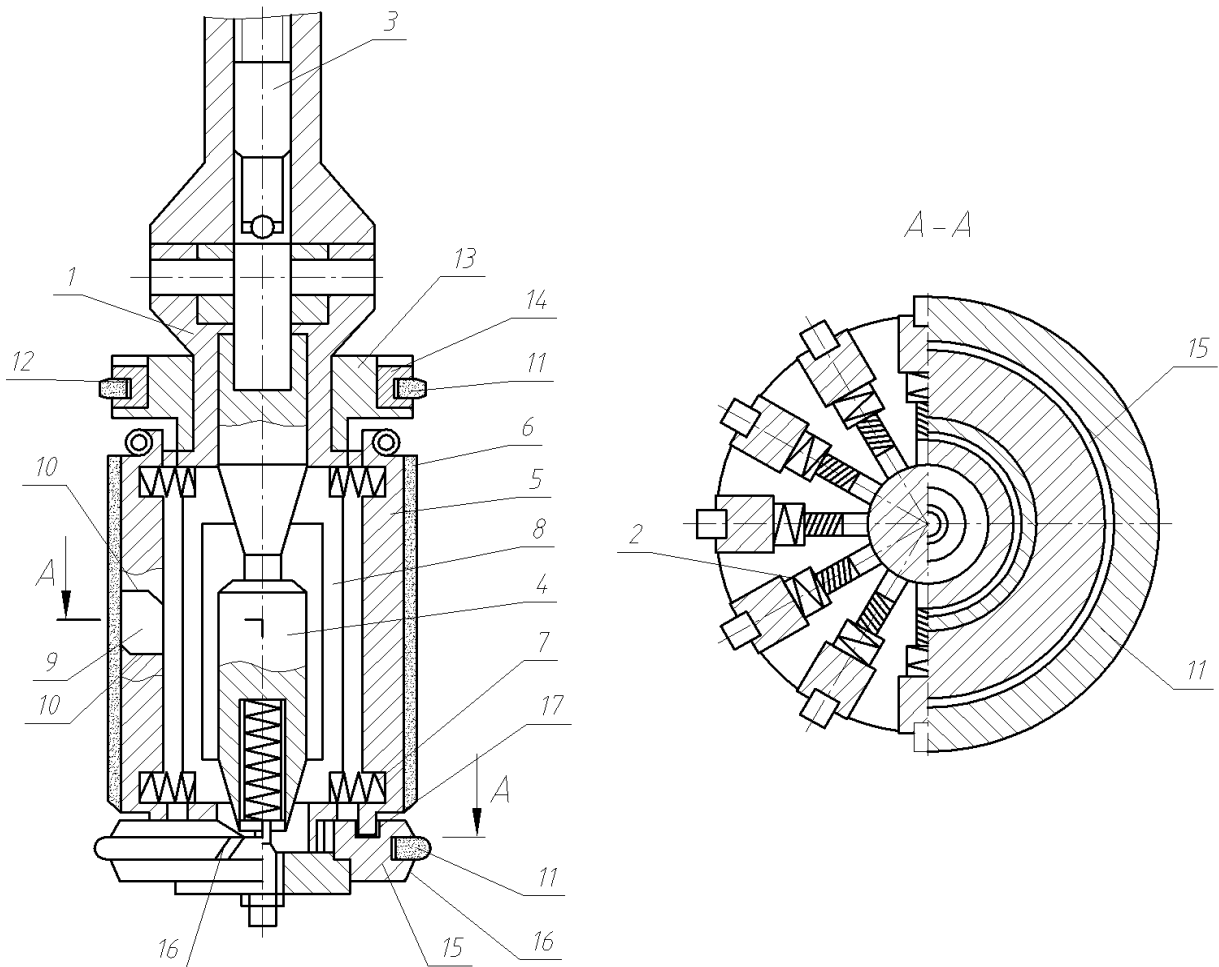


Рисунок 3.4 Конструкція хонінгувальної головки для реалізації процесу шаржування робочих поверхонь циліндрів:

1 – корпус хонінгувальної головки; 2 – пази для розжимних брусків; 3 – шток гідроциліндра; 4 – напрямний конус; 5 – колодки для кріплення брусків-притирів; 6 – робочі бруски-притири; 7 – прижимна пружина; 8 – силові штовхачі; 9 – бокова напрямна штовхача; 10 – спеціальні зрізи; 11 – кільцеві притири ущільнюючого типу; 12 – напрямні пази; 13 – півкільця; 14 – скребок; 15 – паз; 16 – напрямний конус; 17 – кільцева виточка.

Перший етап процесу шаржування характерний тим, що значна частина робочої поверхні циліндра (35...75%) не наповнена частинками абразивного матеріалу. Для зменшення впливу абразивного зношування робочих поверхонь поршневих кілець в процесі експлуатації двигуна ті частинки абразивного матеріалу, що закріпилися в матеріалі циліндра загладжують і заокруглюють.

Враховуючи те, що після першого етапу шаржування поверхонь

циліндрів заповнюваність їх частинками абразивного матеріалу складає тільки 55...60% необхідно проводити другий етап шаржування з метою збільшити як глибину, так і площу покриття карбідами. На даному етапі використовують в якості абразиву карбіди кремнію і карбіди бору (зернистість 35...45 мкм). Щоб уникнути можливості зниження міцності матеріалу поверхні циліндра із наявними карбідами режими шаржування дещо нижчі у порівнянні із першим етапом.

Враховуючи те, що закріплені в матеріалі поверхні циліндра зерна абразиву із карбіду кремнію мають розгалужену поверхню із ДСТУрими виступами після другого етапу шаржування проводиться процес полірування поверхні циліндра спеціальними еластичними алмазними брусками для їх притуплення. Для реалізації даного процесу використовують алмазні бруски із зернистістю, яка на 1..3 номери нижче у порівнянні із зернистістю абразивних порошків (карбідів кремнію, карбідів бору), які використовуються для процесу шаржування. До таких еластичних алмазних брусків відносяться бруски марки АСМ 10/7, які працюють при наступних оптимальних режимах: робочий тиск брусків – 0,2...0,5 МПа, швидкість обертання хонінгувальної головки – 160 об/хв., середня швидкість повздовжньої подачі хонінгувальної головки – 30 подвійних ходів/хв., приблизна тривалість процесу полірування – 120 с.

3.3 Горизонтально-розточний верстат мод. 2А620-1

Верстат моделі 2А620-1 призначений для обробки корпусних деталей, зокрема для виконання таких технологічних операцій, як свердління, розсвердлювання, зенкерування, розгортання, розточування отворів, а також обточування, фрезерування поверхонь і нарізування різьблення. Конструктивно верстат характеризується наявністю нерухомої передньої стійки та поворотного стола з можливістю поздовжнього і поперечного переміщення. Шпиндельний вузол представлений комбінацією порожнистого фрезерного і висувного розточувального шпинделів, змонтованих на прецизійних підшипниках, що забезпечує високу точність обробки. Передбачено механізовану систему

звільнення інструментів у розточувальному шпинделі, а також автоматичне закріплення рухомих вузлів і загартовані напрямні кочення для забезпечення стабільності та довговічності. Вузли переміщуються за допомогою кулькових гвинтових передач по всіх координатах, а їх привід здійснюється від двигунів постійного струму. Позиціонування вузлів виконується за допомогою електричного штурвала з точністю до 0,005 мм. Конструкція верстата включає прецизійну опору поворотного столу з автоматичною індикацією положення через кожні 90° та можливістю точної установки на проміжні кути завдяки оптичному пристрою з нониусом, що має ціну поділки 3'. Для захисту рухомих елементів застосовуються телескопічні кожухи, які перешкоджають потраплянню стружки та мастильно-охолоджувальної рідини. Змащування напрямних рухомих вузлів реалізоване через імпульсну автоматизовану систему. Гідравлічні та електричні шланги укладені в кабельні ланцюги, що забезпечують їх надійний захист і організоване прокладання. Управління верстатом здійснюється з пульта, який жорстко підвішується в будь-якій зручній точці робочої зони та дозволяє оператору повноцінно керувати процесом однією рукою. Основними вузлами конструкції є 1 - станина, 2 - поворотний стіл, 3 - планшайба, 4 - підвіска пульта керування, 5 - передня стійка, 6 - шпиндельна бабка та 7 - додаткова направляюча станини.

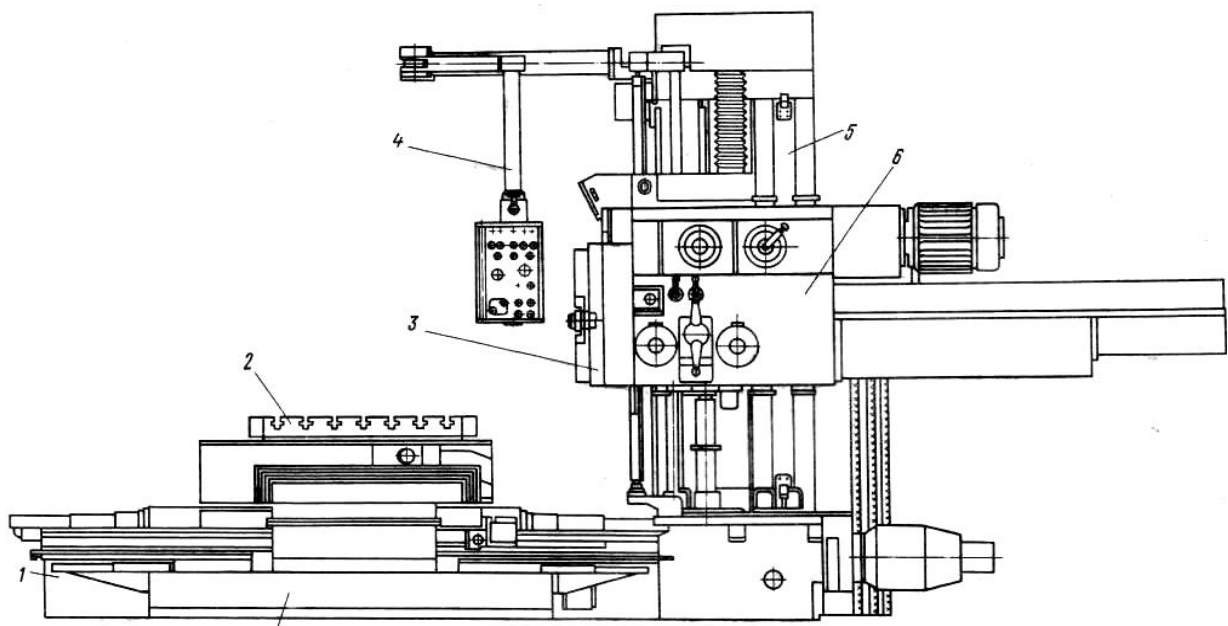


Рисунок 3.5 - Основні вузли верстата 2А620-1

3.4 Приспосіблення для закріплення деталей блоку циліндрів

Для закріплення оброблюваних деталей на столі верстата використовуються універсальні кріпильні пристосування, які забезпечують точне встановлення та фіксацію заготовок. Серед них — мірні підкладки, що бувають однакової або різної висоти і застосовуються для забезпечення необхідного положення деталі. Кутники слугують для розміщення оброблюваних деталей у вертикальній площині. Упори дозволяють орієнтувати базову поверхню деталі паралельно напрямним столу без потреби у додатковій перевірці положення. Домкрати використовуються для встановлення деталей по необроблених або оброблених базових поверхнях, причому при використанні перших необхідна вивірка за розмірними позначками. Для фіксації заготовок з циліндричними чи радіусними базами застосовують призми, які можуть бути як нерегульованими, так і регульованими. Також використовуються ступінчасті та розсувні підставки, що виконують функцію опори для захватних елементів. Усі ці елементи дозволяють гнучко налаштовувати установку деталей залежно від їх конструктивних особливостей і вимог до точності обробки.

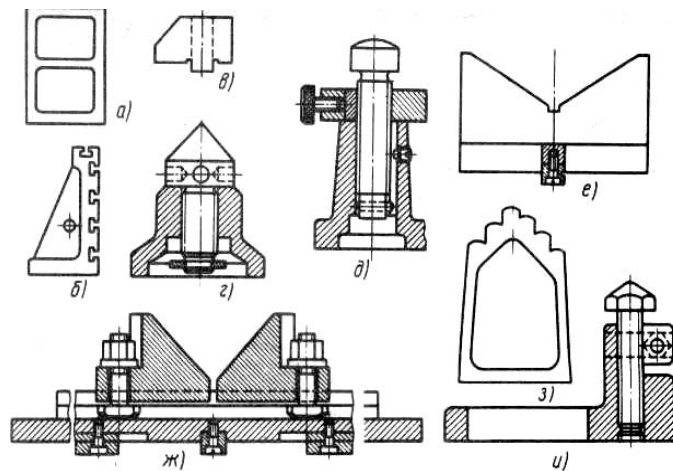


Рисунок 3.6 - Приладдя для встановлення та закріплення оброблюваних деталей

Патрони, призначені для чистового розточування отворів різцем у діапазоні діаметрів 30–80 мм (рисунок 3.7, а) або 40–200 мм (рисунок 3.7, б), налаштовуються за певною методикою. У варіанті, наведеному на рисунку 3.7,

а, переміщення повзуна 2 по радіальному пазу корпусу 3 здійснюється шляхом обертання гвинта 7 за допомогою ключа. Після встановлення повзуна у необхідне положення його фіксують гвинтом 4. Точність переміщення контролюють за круговою шкалою, нанесеною на головку гвинта 7, з ціною поділки 0,01 мм. Зазор між повзуном і корпусом усувають шляхом шліфування компенсатора 5 із подальшим притиранням сполучених поверхонь. Різьбова втулка 6, що входить до складу вузла, виготовляється з бронзи. Спеціальний розточувальний різець установлюється у посадковий отвір діаметром 4Н7.

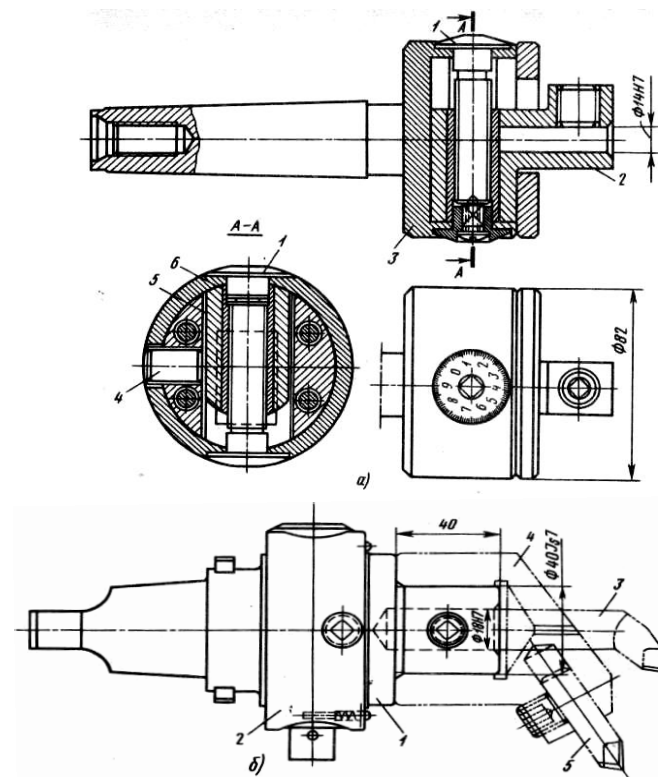


Рисунок 3.7 – Патрони для чистового розточування

У варіанті, зображеному на рисунку 3.7, б, повзун 1 переміщується по пазу типу «ластівчин хвіст» корпусу 2 за допомогою гвинтової передачі. В посадковий отвір діаметром 18Н7 встановлюється розточувальний різець 3 або оправка з закріпленим на ній різцем. У випадку обробки отворів великого діаметра державка 4 з різцем 5 кріпиться на спеціальній бобишці повзуна 7. Така конструкція забезпечує точне і надійне встановлення інструменту при розточуванні в широкому діапазоні діаметрів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Теорія небезпеки та безпеки

Основними термінами в науці про безпеку є небезпека, безпека, ризик. Небезпека – центральне поняття в безпеці життєдіяльності. Під небезпекою розуміють можливість виникнення обставин за яких матерія, поле, енергія та інформація або їх поєднання можуть завдавати шкоди здоров'ю людини, збиток навколишньому природному середовищу і соціально-економічній інфраструктурі, тобто викликати небажані наслідки безпосередньо або побічно. Іншими словами, небезпека – потенційна можливість дії негативних (шкідливих і небезпечних) чинників на певний об'єкт (предмет) дії.

При невідповідності характеристик впливаючих чинників характеристикам об'єкту (предмету) дії і з'являється феномен небезпеки (наприклад, ударна хвиля, аномальна температура, нестача кисню у повітрі, токсичні домішки в повітрі тощо). Небезпека – може реалізуватися у вигляді прямого або непрямого збитку для об'єкту (предмету) дії поступово або раптово, і різко в результаті відмови системи. Прихована (потенційна) небезпека для людини реалізується у формі травм, які відбуваються при нещасних випадках, аваріях, пожежах; для технічних систем — у формі руйнувань, втрати керованості; для екологічних систем — у вигляді забруднень, втраті видової різноманітності тощо.

Віденській декларації і програмі дій всесвітньої конференції прав людини, Бейджинської декларації і платформи дій, Декларації Організації Об'єднаних Націй про соціальний прогрес і розвиток, Декларації Організації Об'єднаних Націй про права туземних народів, і інших доречних міжнародних інструментів про права людини, прийняла декларацію «Право людини на безпеку»: Безпека є основним правом людини.

Вона є істотною для досягнення здоров'я, миру, справедливості і благополуччя. Мета декларації «Право людини на безпеку» – установити постійний стан пильності і розробити механізми контролю небезпек на

безперервній основі.

Монреальська декларація дає наступне визначення безпеки людини (стаття 2): «Безпека — це стан, в якому небезпека і умови, які ведуть до фізичного, психологічного або матеріального збитку, контролюються для того, щоб зберегти здоров'я і добробут індивідів та суспільства». Безпека є результатом комплексного процесу взаємодії людини з довкіллям, включаючи фізичні, соціальні, культурні, технологічні, політичні, економічні і організаційні середовища. Безпека, однак, не визначається, як повна відсутність небезпеки. Об'єктом Монреальської Декларації є не ліквідація всіх ризиків, але скоріше їх контроль для захисту здоров'я і благополуччя індивідів та суспільства у цілому. Формулюючи загальне визначення безпеки, необхідно відмітити, що безпеку завжди пов'язують з певним часом існування системи, що розглядається. Тільки на певному відрізку часу можна встановити, чи буде призводити до негативних наслідків зовнішня дія на систему або її внутрішні процеси. Говорити про абсолютну безпеку неможливо тому, що неможливо оцінити за будь-яким, навіть дуже довгим, але обмеженим часовим відрізком, результат дії факторів, якщо цей результат може спричинити зміну системи у майбутньому. Тому, поняття безпеки є завжди відносним, тобто визначеним з певною вірогідністю, яка залежить від досліджуваної системи, її складності, взаємозв'язків усередині та у структурі з навколишнім середовищем, часу спостереження, рівня розвитку науки та практики.

Критерієм безпеки є відсутність негативної динаміки у розвитку системи. Практично, безпека — це не відсутність небезпек, а відсутність небезпечної дії або її наявність на сприйнятному рівні ризику для системи. Безпека — це такий стан системи, коли дія зовнішніх та внутрішніх факторів на неї не призводить до утруднення чи унеможливлення її функціонування та розвитку.

Безпека людини — це такий стан людини, коли дія зовнішніх та внутрішніх факторів не призводить до утруднення чи унеможливлення її функціонування та розвитку. Життєдіяльність людини потенційно небезпечна.

Справедливість цієї аксіоми можна прослідити на всіх етапах розвитку системи «людина–середовище існування». Так, на ранніх стадіях свого розвитку, навіть за відсутності технічних засобів, людина безперервно випробовувала дію негативних чинників природного походження: знижених і підвищених температур повітря, атмосферних опадів, контактів з дикими тваринами, стихійних явищ і т.п. В умовах сучасного світу до природних додалися численні чинники техногенного походження: вібрації, шум, підвищена концентрація токсичних речовин в повітрі, водоймищах, ґрунті; електромагнітні поля, іонізуючі випромінювання і ін.

Наслідки дії небезпеки: погіршення здоров'я та життєдіяльності людини, шкода навколишньому середовищу, матеріальні збитки тощо. Використовуючи термін «небезпека» ми не передбачаємо неминучого негативного впливу на людину (складну систему), тобто термін небезпека і негативний вплив речі різні. Негативний вплив передбачає дію на систему (людину, об'єкт), що призводить до погіршення її функціонування або повного її руйнування, тоді як небезпека є тільки можливістю такої дії. Види небезпек:

Потенційна (або загроза) — виникає при будь-якому можливому контакті з негативними якостями об'єктів чи суб'єктів ситуації. Уявна є результатом перебільшення чи хибної оцінки негативних якостей ситуації, поведінки конкретних осіб, хибного тлумачення мовних повідомлень. Провокована — виникає внаслідок прояву окремих особистісних негативних якостей людини (агресивність, грубість, жорстокість, пиха, гонор тощо) і відповідної реакції на них з боку інших осіб.

Реальна — це наслідок несприятливої динаміки ситуації з реальними факторами загрози життю та здоров'ю людини. Категорійно-понятійний апарат з безпеки життєдіяльності 33 Потенційна (прихована) небезпека проявляється за певних, часто важко передбачуваних умов і реалізується у формі надзвичайних ситуацій, захворювань чи травм людей. Коли потенційна небезпека (загроза) перетворюється на реальність, вона стає небезпекою (ризиком безпеки). Однак, в цей момент, люди ще не зазнають шкоди. Якщо

люди піддаються ризику безпеки, це умови тільки для потенційного, а не фактичного лиха (шкоди). Коли люди дійсно входять у прямий контакт з небезпекою, вони отримують дійсне лихо (шкоду) від небезпеки. Це може бути ситуація, в якій люди можуть зазнати серйозного страждання, або навіть втратити життя. Власне процес розвитку небезпеки можна описати наступною логічною послідовністю: – порушення технологічного процесу, допустимих меж експлуатації, умов утримання тощо; – накопичення, утворення вражаючих чинників, що приводять до аварії технічної системи; – руйнування конструкції; – викид, утворення вражаючих чинників; – дія (взаємодія) вражаючих чинників з об'єктом дії (з навколишнім природним середовищем, людиною, об'єктами техносфери та ін.); – реакція на вражаючу дію. Залежно від особливостей технічної системи окремі елементи наведеного ланцюга можуть бути відсутніми. Кожній такій події можна приписати окремий показник у вигляді ймовірності події: – відмови технічної системи; – аварійного результату; – утворення вражаючих чинників; – ураження об'єктів дії; – вторинних вражаючих чинників; – дії; – ураження. З наведеної логічної послідовності виходить, що наявність потенційної небезпеки в системі не завжди супроводжується її негативною дією на об'єкт. Будь-яке виключення в ланцюзі веде до нереалізації небезпеки. Для реалізації небезпеки необхідне виконання мінімум трьох умов: небезпека реально діє; об'єкт перебуває в зоні дії небезпеки; об'єкт не має достатніх засобів захисту. 34 Аналіз безпеки людини має п'ять складових: аналіз загрози безпеці людини; аналіз експозиції безпеки людини; аналіз уразливості безпеки людини; аналіз лиха (шкоди) безпеки людини; аналіз ризику безпеки людини. Аналіз загрози починається з розпізнавання (ідентифікація) найбільш небезпечних загроз для безпеки людини.

Для цього необхідно розглянути всі можливі в даній ситуації види загроз. Далі необхідно оцінити ймовірність, з якою кожна з цих загроз безпеки перетвориться на фактичну небезпеку. Аналіз експозиції починається з вивчення, як люди експонуються або входять в контакт з різними небезпеками.

Тоді необхідно оцінити ймовірність, з якою люди дійсно піддаються цим небезпекам. Аналіз уразливості починається з вивчення аспектів, які роблять людей уразливими до небезпеки. Це вимагає розпізнати речі, які роблять людей уразливими до виявлених в конкретній ситуації несприятливих факторів. Наступним є визначення наскільки люди є уразливими до цих небезпек. Аналіз лиха починається з вивчення, що може статися з людьми протягом лиха. Необхідно оцінити, які збитки будуть нанесені, скільки людського страждання може дійсно відбутися протягом лиха. Аналіз ризику вимагає вивчити всі ризики, які загрожують безпеці людини. Більш точно це виконується за допомогою вивчення результатів попередніх чотирьох аналізів

4.2 Нормування природного освітлення. Основні світлотехнічні одиниці

Коефіцієнт природної освітленості в будь-якій точці в середині приміщення, що освітлюється світлом видимого через проріз ділянкою небосхилу, – це виражене в відсотках відношення освітленості до одночасної освітленості зовнішньої горизонтальної площини, освітлюваної розсіяним світлом всього небосхилу:

$$I = 100 \cdot E_u / E_z ,$$

де E_u і E_z – освітленість приміщення усередині й зовні.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 (на заміну СНіП 11-4-79), нормовані коефіцієнти природної освітленості I_n для будівель, що розташовані в I, II, IV, V поясах світлового клімату:

c – коефіцієнт світлового клімату враховує додатковий світловий потік, який проникає через світлові прорізи в приміщення за рахунок прямого й відбитого світла впродовж року. Крім кількісного показника (коефіцієнта) нормується і якісна характеристика, тобто нерівномірність природного освітлення. Для виробничих приміщень з верхнім або верхнім та боковим природним освітленням нерівномірність природного освітлення не повинна перевищувати відношення 3:1. Видима промениста енергія оцінюється за

світловим відчуттям і називається світловим потоком F , який вимірюється в люменах (лм). Один лм рівняється світловому потоку, що випромінюється абсолютно чорним тілом 0,5305 мм при температурі затвердіння платини (1769°C).

Усі джерела світла випромінюють світловий потік у просторі нерівномірно. Просторова щільність потоку представляє собою силу світла I і визначається як відношення світлового потоку F до просторового (тілесного) кута w , в якому він розподіляється. Тілесним кутом називається частина простору, обмежена конусом, з вершиною в центрі кулі, яка опирається на його поверхню. За одиницею тілесного кута стерadian (ср) приймається кут w , який, маючи вершину в центрі кулі, висікає на його поверхні ділянку, площа якої S дорівнює квадрату радіуса цієї кулі. Якщо припустити, що світловий потік F рівномірно розподіляється в тілесному куті w , то густина світлового потоку (сила світла)

$$I = F/w$$

Сила світла вимірюється в канделах (кд). Один кд дорівнює силі світла точкового джерела, що випромінює в середині тілесного кута, рівного 1 ср, світловий потік в 1 лм.

Світловий потік, падаючи на зустрічні поверхні на шляху його розповсюдження, створює на ній освітленість E . Освітленістю називається поверхнева густина світлового потоку. За одиницю освітленості приймається люкс (лк), що дорівнює освітленості, утворюваній світловим потоком в 1 лм, рівномірно розподіленим на площі 1м^2 . Освітленість визначається відношенням світлового потоку F до площі освітленої ним поверхні S :

$$E = F/S$$

Отже, між силою і освітленістю існує така залежність: освітленість, що створюється точковим джерелом світла, прямопропорційна силі світла

I і обернено пропорційна квадрату відстані r від джерела світла; освітленість пропорційна конусу кута падіння світла на поверхню, що

освітлюється. Проте, потрібно сказати, що світлове відчуття визначається для органу зору не освітленістю, а яскравістю. Так предмети малої яскравості важко розрізнити навіть на папері темного кольору. Якщо ж яскравість велика, то поверхня засліплює очі. Яскравість дорівнює силі світла, що випромінюється поверхнею і вимірюється в канделах на 1м². Один кд/м² відповідає яскравості поверхні, що рівномірно світиться (або відбиває світло), а випромінює в перпендикулярному для неї напрямку світло силою в 1 кд з 1м².

Ступінь яскравості залежить від коефіцієнта відбивання Р, який дорівнює відношенню світлового потоку, що відбивається тілом F_{відб.}, до світлового потоку, що падає на нього F_{пад.}, тобто:

$$P = F_{\text{відб.}} / F_{\text{пад}}$$

Значення коефіцієнта відбиття залежно від кольору поверхні коливається у великих межах, а саме 0,85...0,93. Зорові роботи розподіляють на 8 розділів (I-VIII): найвищої точності, дуже високої точності, високої точності, середньої точності, грубі (дуже малої точності). Наприклад, роботи в гарячих цехах підприємств громадського харчування, загальне спостереження за ходом виробничого процесу. ДБН В.2.5-28-2006 нормує також штучну освітленість підприємств і виробничих ділянок громадського харчування.

Примітка. Для ламп розжарювання норми освітленості необхідно понижувати на два ступені шкали освітленості: I – нормування освітленості й КОЕ, висота площини над підлогою, Г – горизонтальна; II – освітленість бокових поверхонь, лк.; III – циліндрична освітленість, лк.; IV- показник дискомфорту, не більше; V – коефіцієнт пульсації освітленості, не більше,%; VI – при верхньому і боковому освітленні; VII – при боковому освітленні, у зоні зі стійким сніговим покривом; VIII – при боковому освітленні, на останній території.

Основі вимоги до виробничого освітлення такі:

Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи. Збільшення освітленості сприяє продуктивності праці, безпеці роботи, що виконується. Проте є межа, за якої подальше збільшення освітленості майже

не дає ефекту, тому необхідно покращити якісні характеристики освітлення.

Забезпечення достатньо рівномірного розподілу яскравості на робочій поверхні також в межах оточуючого простору. Якщо в полі зору знаходяться поверхні, що значно розрізняються між собою за яскравістю, то при переведенні погляду з яскраво освітленої на слабо освітлену поверхню, око змушене переадаптуватися, що призведе до стомлення зору. Для підвищення рівномірності природного освітлення великих цехів використовують комбіноване освітлення. Світле пофарбування стелі, стін і виробничого устаткування сприяє створенню рівномірного розподілу яскравості в полі зору. На робочій поверхні не повинно бути різких тіней. Наявність різких тіней створює нерівномірний розподіл освітленості з різною яскравістю в полі зору, спотворює розміри та форми об'єктів розрізнення, в результаті підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці. Особливо шкідливі рухливі тіні: вони можуть призвести до травм. Тіні необхідно пом'якшити, застосовуючи, наприклад, світильник із світлорозсіювальними молочними стінками.

У полі зору повинен бути відсутній прямий і відбитий блиск. Блиск – підвищення яскравості світлових поверхонь, який викликає порушення зорових функцій (осліпленість), тобто порушення видимості об'єктів.

Видимість характеризується здатністю ока сприймати об'єкт. Вона залежить від освітленості, розміру об'єкта, його яскравості, контрасту об'єкта з фоном, тривалості експозиції. Видимість визначається кількістю порогових контрастів у контрасті об'єкта з фоном.

$$V=K/K_{\text{пор}}$$

де: $K_{\text{пор}}$ – пороговий контраст, тобто найменший розрізняваний оком контраст, при невеликому зменшенні якого стає нерозрізняваним на фоні.

Прямий блиск, пов'язаний із джерелами світла, виникає на поверхні з великим коефіцієнтом відбиття чи відбиття в напрямку до ока. Осліплення призводить до швидкого втомлення та зниження працездатності. Критерієм оцінки осліплюючої дії, створеної освітлювальною установкою, є показник

осліпленості P_o , значення якого визначають за формулою:

$P_o = (V_1/V_2 - 1) \cdot 1000$, де V_1 і V_2 – видимість об'єкту розрізнення відповідно під час екранування та наявності яскравих джерел світла в полі зору.

Екранування джерел світла здійснюється за допомогою щитків, козирків та ін.

ВИСНОВКИ

Актуальність теми роботи обґрунтована сучасними потребами технічного обслуговування та капітального ремонту двигунів внутрішнього згорання. Автор приділив належну увагу проблемі зносу гільз циліндрів і економічній доцільності їх відновлення, що є важливим для підвищення ресурсу агрегатів та зниження витрат на експлуатацію автотранспорту.

У загально-технічному розділі детально описано конструктивні особливості блоків циліндрів, типи матеріалів, особливості зносу гільз, види дефектів, умови їх виникнення та наслідки експлуатаційних перевантажень. Наведена інформація має достатню глибину технічного аналізу й відповідає профілю спеціальності.

У технологічному розділі розроблено структуровано обґрунтований процес дефектації гільзи циліндра, з наведенням критеріїв прийнятності, методів контролю, допусків, а також з визначенням найбільш поширених типів зносу і дефектів. Це дає змогу обґрунтовано вибирати подальші маршрути ремонту.

Запропоновано детальний маршрут технологічного процесу розточування та відновлення гільзи, який включає усі етапи: від дефектування до фінішного хонінгування та лазерного термічного зміцнення. Автор надав точні розрахунки припусків, режимів обробки, норм часу, технологічного обладнання та інструментів, що свідчить про ґрунтовне володіння темою.

Особливістю роботи є застосування комплексного підходу до відновлення зношеної гільзи, який поєднує традиційну механічну обробку з сучасними методами зміцнення (лазерна обробка), що підвищує якість ремонту та довговічність деталей.

У роботі представлено графічні матеріали, таблиці, приклади розрахунків, що підтверджують технічну обґрунтованість прийнятих рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
3. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі : О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б Гупка, .Р.В.Хорошун. – Тернопіль : ФОП «Паляниця В.А.», 2022. – 61 с .
4. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
5. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.
6. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
7. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Курс лекцій: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем "бакалавр" / А.І.

Ткачук, О.В. Пуляк. – Перевидання, доповнене та перероблене. – Кропивницький: ПП "Центр оперативної поліграфії "Авангард". – 2017. – 184с

8. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

9. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

10. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

11. Gypka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets, V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67-73.

12. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.