

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту поршнів двигуна вантажних автомобілів DEWOO Novus з дослідженням впливу експлуатаційних факторів на зношування гільз циліндрів автомобільних двигунів

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62 спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Віталій КРУПА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Роман ХОРОШУН

(прізвище та ініціали)

Зав. 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

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«11» листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Крупі Віталію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту поршнів двигуна вантажних автомобілів DEWOO Novus з дослідженням впливу експлуатаційних факторів на зношування гільз циліндрів автомобільних двигунів

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «12» листопада 2024 року № 4/7-1088.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту поршня легкового автомобіля.

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

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

Основні техніко-економічні показники модернізації автомобіля обладнаного двигуном із

застосуванням пристрою для зміни сили стиску 1 лист – А1

Загальний вигляд двигуна зі змінним ступенем стиску створеного на базі прототипу 1 лист – А1

Комплектуючі поршня 1 лист – А1

Огляд двигунів із змінним ступенем стиску 1 лист – А1

Принципова схема регулювання ступеню стиску за допомогою поршня 1 лист – А1

Технологічна карта на збирання поршня 1 лист – А1

Результати досліджень теплового розрахунку двигуна із змінним ступенем стиску 1 лист – А1

Запропонована конструкція поршня для автоматичного регулювання ступеня стиску 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 11.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2024	
2	Технологічний розділ	22.11.2024	
3	Конструкторський розділ	29.11.2024	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2024	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2024	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2024	

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій КРУПА

(прізвище та ініціали)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Одним з найбільш відповідальних вузлів, з точки зору експлуатаційної надійності двигуна та автомобіля в цілому, являється циліндро-поршнева група. В комплект циліндро-поршневої групи входять гільзи циліндрів, поршні, комплект масло знімних та компресійних кілець. Під час роботи двигуна поршень разом з кільцями виконує зворотно-поступальний рух відносно внутрішньої циліндричної поверхні гільзи. Безпосередньо в процесі тертя, між собою контактують поршневі кільця та робоча поверхня гільзи циліндра.

Важкі умови роботи даної пари тертя приводять до інтенсивного зношування, як поверхонь кілець, так і поверхонь гільз циліндрів. Тому актуальною є проблема конструкторського та технологічного характеру з метою розробки технологічного процесу ремонту та відновлення поршня, вихідні параметри якого впливають на процеси в зоні фрикційного контакту, що відображено у меті магістерської роботи та переліку завдань на її виконання.

В загально-технічному розділі приведено результати по аналізі існуючих технологічних процесів ремонту та відновлення поршнів двигуна автомобіля. Дана характеристика використовуваного обладнання, устаткування, робочих та вимірювальних інструментів. Вибрано об'єкт дослідження і сформульована мета роботи. В технологічному розділі проаналізовано основні види пошкоджень поверхонь поршня та визначено фактори, які впливають на їх появу. Внесено зміни в базовий технологічний процес ремонту та відновлення даного поршня. Вибрано оптимальний варіант методу відновлення пошкоджених поверхонь із підбором робочих матеріалів та розрахунком режимів зварювання.

Конструкторський розділ містить інформацію про технологічні можливості вибраного обладнання та інструменту, а також способу контролю якості зварювання. В науково-дослідному розділі приведено результати по впливу силових параметрів на процеси тертя та зношування деталей циліндро-поршневої групи. Намічено шляхи по підвищенню зносостійкості та антифрикційності робочих поверхонь гільз циліндрів.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	1
ЗМІСТ	2
ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Аналіз технологічних процесів ремонту та відновлення поршнів двигунів внутрішнього згоряння	6
1.2 Постановка завдань на виконання кваліфікаційної роботи	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Підготовка деталі до ремонтної операції зварюванням	15
2.2 Вибір захисного газу	16
2.3 Контроль якості ремонтного зварювання	20
2.4 Аналіз технологічної ефективності запропонованої технології відновлення поршня	29
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Конструктивні особливості поршнів та їх вплив на вибір методу відновлення	36
3.2 Обладнання для технологічного процесу відновлення поршня	40
3.3 Вибір обладнання, устаткування та інструменту для ремонту поршнів	45
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	51
4.1 Дослідження впливу експлуатаційних факторів на зношування гільз циліндрів	51
4.2 Дослідження впливу холодних пусків двигуна на зносостійкість деталей циліндро-поршневої групи	52
4.3 Аналіз основних факторів, які впливають на процеси тертя та зношування в зоні фрикційного контакту	54
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
5.1 Заходи, які забезпечують створення оптимальних метрологічних умов на ремонтній дільниці	62

5.2 Розрахунок природного освітлення для ремонтної ділянки	63
5.3 Шляхи та заходи підвищення стійкості об'єкту в екстремальних ситуаціях екстрогоенного характеру	68
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

Зазвичай, поршні для автомобільних двигунів виготовляють з різноманітних алюмінієвих сплавів. Під час їх відновлення можуть використовуватися різні методики наплавлення. Під час використання автомобілів з дизельними та бензиновими двигунами, як вантажних, так і легкових, компоненти двигуна часто зазнають інтенсивних навантажень протягом тривалого часу. Робочі умови та виникнення силових навантажень під час роботи негативно впливають на робочі поверхні компонентів двигуна, через що з'являється необхідність оновлення чи відновлення зношених поверхонь поршнів двигунів внутрішнього згоряння.

Один із методів відновлення поршнів — це дугове наплавлення, яке базується на використанні електроду, що тане під дією дуги. Цей метод включає виправлення кількох недоліків: необхідність попередньої обробки країв поршнів; інтенсивні умови наплавлення призводять до сильного розбризкування металу з електрода і збільшення пористості наплавленого шару; теплові умови дугового наплавлення алюмінієвих сплавів сприяють утворенню грубозернистої структури металу, що істотно зменшує зносостійкість відновлених поршнів.

Один із найефективніших методів відновлення поршнів двигунів внутрішнього згоряння полягає у застосуванні технологій наплавлення та зміцнення їх поверхонь. До сучасних і перспективних способів ремонту аналогічних деталей належать плазмове термічне зміцнення канавок поршнів і електронно-променеве відновлення компонентів двигунів внутрішнього згоряння.

Поршень є однією з ключових деталей двигуна, яка безпосередньо впливає на його надійність і довговічність у процесі експлуатації автомобіля. Широке використання алюмінієвих поршнів у сучасних двигунах замість чавунних обумовлено низкою переваг: значно меншою масою, що сприяє зниженню інерційних навантажень на деталі кривошипно-шатунного механізму, зменшенню тертя та рівня зносу, а також їхньою високою теплопровідністю, яка забезпечує менший нагрів під час роботи.

Під час експлуатації двигуна поршень разом із компресійними і маслосніжними кільцями здійснює зворотно-поступальні рухи всередині циліндра, що призводить до поступового зношування його робочої поверхні, а також до зносу кілець. Від технічного стану циліндро-поршневої групи залежить не лише ефективність роботи двигуна, але й витрата пального та моторного мастила, а також термін його служби до капітального ремонту. Ремонт циліндро-поршневої групи включає такі операції, як заміна компресійних і маслосніжних кілець, розточування блоку циліндрів, встановлення нових поршнів і шатунів, а також гільзування блоку циліндрів. Високий попит на поршні як на запасні частини двигуна обумовлює важливість розробки ефективних технологій їх відновлення у ремонтному виробництві.

Усунення недоліків зварювання електродами, який не плавиться в середовищі інертних газів, потребує постійного вдосконалення цієї методики. Удосконалення технології TIG-зварювання, зокрема застосування різноманітних зварювальних і допоміжних матеріалів (флюсів, паст, присадкових дротів і газових сумішей), базується на впровадженні рішень, спрямованих на покращення енергетичних характеристик процесу, що позитивно впливає на теплові параметри під час зварювання.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІ

1.1 Аналіз технологічних процесів ремонту та відновлення поршнів двигунів внутрішнього згоряння

Альтернативні методи відновлювального зварювання деталей із алюмінієвих сплавів включають такі техніки:

- ручне дугове зварювання з використанням покритих електродів;
- механізоване зварювання в захисному середовищі з використанням дроту суцільного перерізу;
- зварювання за допомогою електродів в інертних газах;
- зварювання з використанням трифазної дуги.
- ручне дугове зварювання покритими електродами

Процес зварювання алюмінію із застосуванням покритих електродів (рис. 1.1) виконується за допомогою постійного струму зворотної полярності. Джерелом живлення служить випрямляч із падаючою характеристикою. Зварювання проводиться на короткій дузі з нахилом електрода під кутом $60...90^\circ$, що забезпечує кращий контроль за ванною розплаву. Перед початком операції деталі, які потребують відновлення, прогрівають газовим полум'ям до температури $150...200^\circ\text{C}$.

Ручне дугове зварювання з використанням покритих електродів рекомендовано виконувати виключно в нижньому положенні, зазвичай без коливань кінця електрода. Кутові шви для таврових з'єднань виконуються в тих самих режимах, що й стикові з'єднання. Для багат шарового зварювання кореневі шви формуються електродами меншого діаметра. Після завершення операції з поверхні шва обов'язково видаляють шлак. Надлишкове підсилення шва та бризки металу прибираються за допомогою скребків, пневматичних фрез або зубил.

Переваги методу:

- висока мобільність процесу;
- низька вартість обладнання;

- простота використання.

На сьогодні існує широкий вибір покритих електродів, які дозволяють забезпечити високу якість зварювання для деталей із алюмінієвих сплавів.

Недоліки методу:

- значне розбризування металу;
- велика зона термічного впливу;
- залежність якості шва від рівня кваліфікації зварювальника;
- низька продуктивність процесу.



Рисунок 1.1 - Схема зварювання з застосуванням покритих електродів:

Механізоване зварювання плавильним електродом в інертному газі

Сьогодні для механізованого зварювання алюмінієвих сплавів використовуються спеціалізовані імпульсні джерела живлення, які забезпечують високий рівень технологічності процесу. Такі джерела генерують імпульси високої напруги, які ефективно руйнують оксидну плівку на поверхні матеріалу, після чого напруга знижується до базових значень. Це дозволяє плавленому металу електрода пройти всі етапи: формування, перенесення і занурення в ванну розплаву. Управління розплавленою ванною забезпечує високу якість зварного шва.

При використанні імпульсного зварювання (рис. 1.2) досягається низка технологічних переваг:

- значно зменшується розбризування металу електрода;
- покращується стабільність збудження та горіння дуги;

- знижуються зварювальні деформації завдяки концентрації енергії в зоні зварювання;
- підвищується якість зварного шва завдяки покращенню умов кристалізації металу в зоні розплаву.

Застосування імпульсної подачі для електродного дроту суттєво підвищує ефективність механізованого зварювання деталей з алюмінієвих сплавів, роблячи процес більш продуктивним і контрольованим.

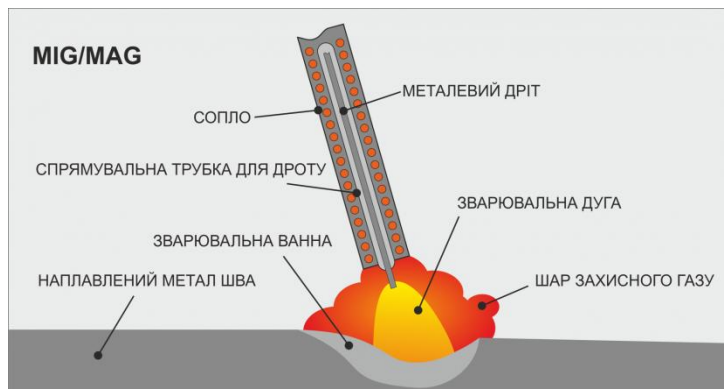


Рисунок 1.2 - Схема механізованого зварювання з застосуванням електрода у середовищі інертного газу

Процес механізованого зварювання плавким електродом проходить приблизно в три рази швидше, ніж зварювання з використанням неплавкого електрода, хоча останній забезпечує вищу якість шва. Технологія напівавтоматичного зварювання деталей з алюмінію має певні технічні особливості порівняно зі зварюванням сталевих компонентів:

Полярність струму: алюміній та його сплави не можуть бути зварені за допомогою постійного струму прямої полярності. Для цього використовується струм із зворотною полярністю, що сприяє кращому руйнуванню оксидної плівки та формуванню якісного шва.

Механічні властивості дроту: алюмінієвий дріт має значно нижчу жорсткість у порівнянні зі сталевим. Це підвищує ризик утворення петель (рис. 1.3) навіть при незначному опорі у рукаві подачі. Для мінімізації цієї проблеми використовуються механізми подачі дроту з чотирма роликами, скорочується довжина рукава подачі, а також застосовується тефлоновий вкладиш, що

зменшує опір тертя.

Ці технічні рішення дозволяють забезпечити стабільність процесу та покращити якість зварювання алюмінієвих сплавів у напівавтоматичному режимі.



Рисунок 1.3 - Згинання алюмінієвого дроту в механізмі подачі

Особливості зварювання алюмінієвого дроту

При нагріванні алюміній демонструє значно більший коефіцієнт теплового розширення, ніж сталь, що може призвести до заклинювання дроту у струмознімачі. Для запобігання цьому слід використовувати наконечники зі збільшеним діаметром отвору. Оскільки алюмінієвий дріт плавиться швидше за сталевий, під час зварювання потрібно забезпечити підвищену швидкість його подачі. Недотримання цієї умови може призвести до перегріву та оплавлення наконечника пальника.

Переваги методу:

- висока продуктивність процесу;
- відсутність необхідності в працівниках із високою кваліфікацією;
- ефективний захист зони зварювання від впливу атмосфери.

Недоліки методу:

- значне розбризкування металу під час зварювання;
- ризик утворення пористості у шві, спричинений проникненням водню та окисних плівок разом із дротом;
- фізико-механічні властивості зварного шва поступаються якості, досягнутій при зварюванні неплавкими електродами.

Зварювання неплавкими електродами

Цей метод (рис. 1.4) застосовується в середовищі інертних газів, де дуга нагріває та розплавляє метал у зоні зварювання. Інертний газ, поданий через газове сопло (наприклад, аргон, гелій або їх суміші), очищає зварювальну ванну та електрод від контактів із атмосферою. Електрод виготовляється з тугоплавкого матеріалу та розташовується в центрі сопла.

Матеріал для присадки подається вручну безпосередньо в зону обробки. Живлення дуги здійснюється від джерела змінного струму, який також забезпечує руйнування оксидних плівок на поверхні металу. Ця технологія забезпечує високу якість зварювання завдяки ефективному контролю процесу та захисту зони зварювання.

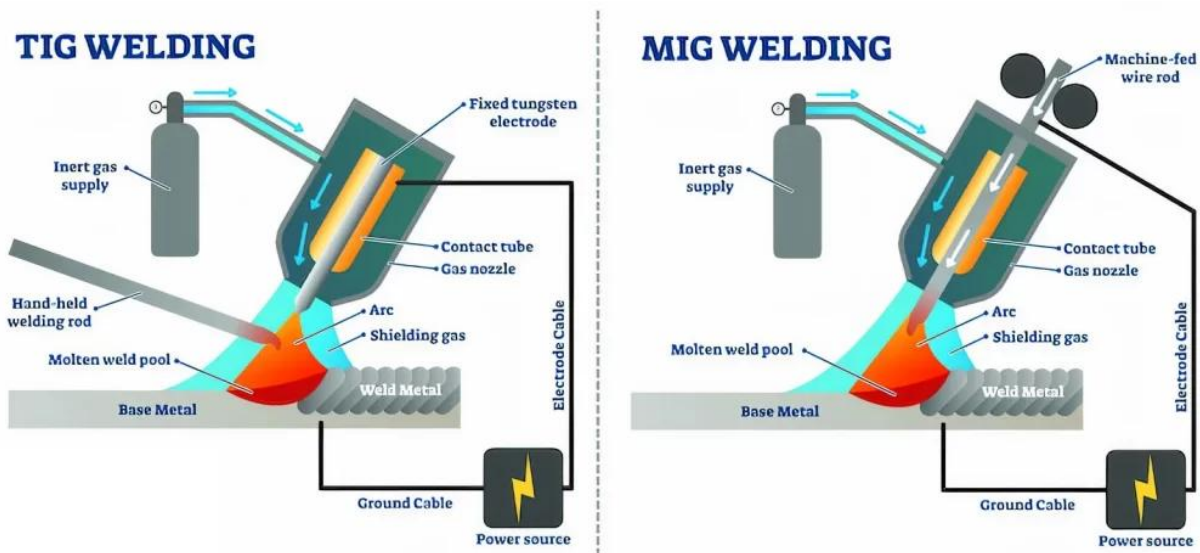


Рисунок 1.4 - Схема зварювання електродом:

1 – електрод; 2 – затискач електрода; 3 – сопло; 4 – дуга; 5 - зварювальна ванна; 6 - присадочний стрижень

TIG-зварювання (Tungsten Inert Gas)

Розвиток TIG-зварювання почався у зв'язку з вимогами авіаційної та космічної галузей, набуваючи особливого поширення в 1960-х роках. Сьогодні ця технологія дугового зварювання в інертних газах є стандартом для забезпечення високої якості зварних з'єднань, завдяки чому вона активно використовується у виробництві та ремонті відповідальних деталей з алюмінієвих сплавів.

Переваги TIG-зварювання:

- Покращений зовнішній вигляд та якість зварних швів порівняно з іншими методами.
- Можливість точного регулювання обсягу присадочного металу.
- Невелика зона термічного впливу, що зменшує ризик теплових деформацій.

Недоліки TIG-зварювання:

- Нижча продуктивність у порівнянні з іншими методами.
- Високі вимоги до кваліфікації зварювальника.
- Необхідність ретельної підготовки деталей і присадочного дроту.

Зварювання трифазною дугою

Для усунення недоліків зварювання неплавкими електродами в інертних газах постійно вдосконалюються технології. Сучасне обладнання для зварювання алюмінію на змінному струмі з імпульсною подачею дозволяє виконувати з'єднання з підвищеною стабільністю та якістю. Імпульсно-дугове зварювання з використанням постійної малоамперної дуги між імпульсами значно покращує процес і забезпечує високоякісні з'єднання.

Розвиток TIG-зварювання передбачає застосування сучасних матеріалів, таких як флюси, пасти, присадочні дроти та газові суміші. Це дозволяє вдосконалювати енергетичні характеристики процесу, що позитивно впливає на тепловиділення та якість зварювання.

Одним із перспективних напрямків вдосконалення технології є використання трифазної дуги як джерела теплової енергії. У цьому методі застосовуються два вольфрамові електроди, до яких і до деталі, що зварюється, підводиться змінний струм від трифазного джерела живлення. Це забезпечує одночасне горіння трьох дуг: незалежної дуги між електродами та двох дуг між кожним електродом і зварюваною деталлю. Трифазна дуга вирізняється високою стабільністю та продуктивністю.

Параметри регулювання тепловиділення:

Послідовне розташування електродів забезпечує збільшення глибини проплавлення.

Паралельне розташування електродів збільшує ширину шва, але зменшує

глибину проплавлення.

Зварювання трифазною дугою (рис. 1.5) є високоефективним і дозволяє адаптувати процес під конкретні вимоги, забезпечуючи якість і продуктивність навіть у складних технологічних умовах.

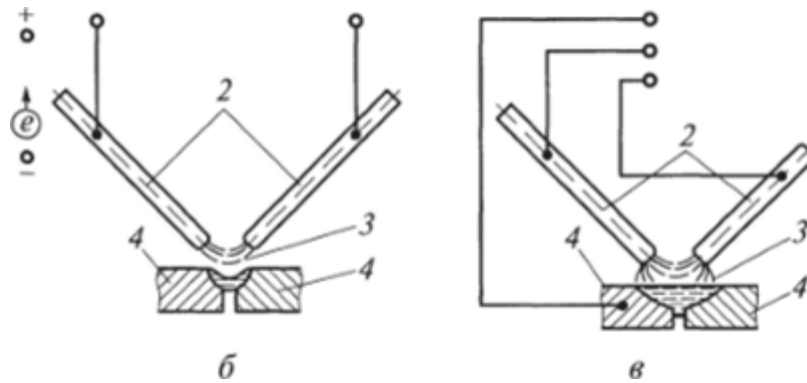


Рисунок 1.5 - Схема зварювання трифазною дугою:

1 - Електроди (2) – Два електроди, які утворюють дугу для зварювання металу; 2 - Дуга (3) – Електрична дуга, що утворюється між електродними кончиками та розплавляє метал; 3 - Зварювальна ванна (4) – Область розплавленого металу, яка після охолодження утворює зварний шов; 4 - Основний метал – Деталі, що зварюються; 5 - Полярність джерела струму (e) – Вказує напрямок струму: "+" та "-".

Переваги трифазного зварювання легких сплавів:

Висока здатність до проплавлення: Трифазна дуга забезпечує значну глибину проникнення, що сприяє створенню надійного зварного з'єднання.

Висока продуктивність процесу: Завдяки стабільності та інтенсивності дуги процес трифазного зварювання дозволяє значно скоротити час виконання операцій.

Ефективне усунення оксидних плівок: Завдяки інтенсивному катодному розпиленню оксидні шари видаляються швидше, що забезпечує чистоту зони зварювання та високу якість шва.

Недоліки трифазного зварювання:

Складність управління тепловим режимом: Регулювання температури у зоні зварювання потребує високої точності, що ускладнює процес.

Вимогливість до якості присадочного матеріалу: Для забезпечення якісного з'єднання необхідна ретельна підготовка та відповідність характеристик присадочного дроту.

Трифазне зварювання має високий потенціал для обробки легких сплавів, проте вимагає від операторів високої кваліфікації та дотримання всіх технологічних умов для досягнення найкращих результатів.

1.2 Постановка завдань на виконання кваліфікаційної роботи

Метою дослідження є підвищення ефективності та якості процесу відновлення поршнів двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз методів зварювання, придатних для ремонту деталей з алюмінієвих сплавів, показав, що технологія зварювання трифазною дугою найкраще відповідає вимогам до джерел тепла, необхідних для усунення різноманітних дефектів.

Особливості трифазної дуги:

Діапазон регулювання теплової потужності трифазної дуги становить від 500 до 5500 Вт, що забезпечує високу концентрацію тепла, значно перевищуючи можливості однофазної дуги.

Зварювання трифазною дугою демонструє підвищену інтенсивність катодного розпилення оксидів алюмінію порівняно з однофазною дугою за аналогічної потужності.

Трифазна дуга не гасне при віддаленні пальника від поверхні деталі. У таких умовах продовжується горіння низькопотужної міжелектродної дуги, яка освітлює зону ремонту, сприяє легкому запалюванню основних дуг і забезпечує локальний прогрів деталей.

Завдання для впровадження трифазного зварювання у ремонт поршнів:

Розробка технології ремонтного зварювання із застосуванням енергії трифазної дуги як основного джерела тепла. Вибір обладнання та розрахунок оптимальних параметрів режиму для виконання ремонтних робіт. Забезпечення безпеки та екологічності процесу зварювання, включаючи контроль шкідливих викидів і ризиків для працівників.

Оцінка ефективності запропонованих технічних рішень з точки зору продуктивності, якості та економічності. Запропоновані технічні рішення спрямовані на вдосконалення процесу ремонтного зварювання, що дозволить досягти підвищеної якості відновлених деталей та оптимізації виробничих витрат.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Підготовка деталі до ремонтної операції зварюванням

Підготовка умов для зварювання алюмінію

Перед початком зварювання необхідно переконатися, що умови навколишнього середовища відповідають вимогам для роботи з алюмінієм. Цей метал надзвичайно чутливий до забруднення воднем, що може спричинити утворення пористості та дефекти швів. Волога є основним джерелом водневого забруднення, тому важливо уникати підвищеної атмосферної вологості. У разі роботи у вологому середовищі слід застосовувати помірно попереднє нагрівання, щоб зменшити ризик водневої пористості.

Крім того, потрібно враховувати ризик протягів, які можуть порушувати газовий захист навіть у сухих умовах. Зварювання алюмінію рекомендується проводити в сухому, теплому приміщенні, захищеному від протягів і будь-яких несприятливих впливів.

Підготовка поверхні алюмінію перед зварюванням

Алюміній чутливий до забруднень і потребує ретельного очищення перед зварюванням. Процес починається з протирання поверхні чистою тканиною, змоченою розчинником (наприклад, ацетоном), щоб видалити залишки мастила в зоні з'єднання і на відстані не менше 25 мм з кожного боку від нього.

Важливим аспектом є видалення оксидного шару, який завжди присутній на поверхні алюмінію. Цей шар плавиться при температурі близько 2060 °C, значно вищій за температуру плавлення самого алюмінію (660 °C). Видалення оксиду виконується після знежирення за допомогою щітки з нержавіючої сталі, призначеної виключно для роботи з алюмінієм. Використання точильних дисків не допускається, оскільки вони виготовлені з корунду (оксиду алюмінію), який залишає частки на поверхні, що може негативно вплинути на якість шва.

Часовий проміжок для зварювання після очищення Шов повинен виконуватись відразу після очищення. Зварювання, що проводиться через три години після очищення, вважається неприйнятним через

можливе повторне утворення оксидного шару та зниження якості з'єднання.

Дотримання цих рекомендацій дозволить забезпечити високу якість зварних швів при роботі з алюмінієвими сплавами.

2.2 Вибір захисного газу

Основним завданням захисного газу є ізоляція металу шва від контакту з атмосферою. Нагрітий до температури плавлення метал активно реагує з киснем і азотом, утворюючи оксиди та нітриди, які погіршують якість зварного з'єднання. Особливо це стосується алюмінію, який схильний до окислення навіть за кімнатної температури.

При виборі захисного газу необхідно враховувати такі критерії:

Стабільність дуги: газ повинен сприяти утворенню плазми та забезпечувати стабільність горіння дуги.

Якість перенесення металу: забезпечення плавного відділення розплавленого металу від дроту та реалізація необхідного режиму його перенесення.

Захист робочої зони: ефективний захист зварювальної ванни, кінця дроту та зварювальної головки від окиснення.

Формування шва: сприяння отриманню якісних проварів, правильного профілю та рівномірного валика шва.

Простота процесу: мінімізація труднощів під час регулювання швидкості зварювання, запобігання утворенню підрізів.

Зменшення постобробки: обмеження обсягу зачистки шва після зварювання.

Збереження властивостей металу: недопущення погіршення механічних та хімічних характеристик металу шва.

При зварюванні алюмінієвих сплавів плавким електродом використовуються захисні гази: аргон, гелій або їх суміші. Кожен із цих газів має свої переваги та недоліки:

Аргон:

Переваги: доступність і висока ефективність захисту металу.

Недоліки: значна опуклість шва, специфічна форма проплавлення з різким звуженням до кореня, втрати легуючих елементів з електродного металу, підвищена пористість. Це призводить до зниження механічних та корозійних властивостей з'єднань.

Гелій:

Переваги: висока теплопровідність, що сприяє кращому проплавленню металу.

Недоліки: висока вартість, велика витрата при зварюванні товстих матеріалів, нестабільність горіння дуги, підвищене розбризкування металу.

Для досягнення оптимальних результатів часто використовуються суміші аргону та гелію, що дозволяє компенсувати недоліки кожного окремого газу, забезпечуючи більш стабільний процес та високу якість зварних швів.

Рекомендації щодо використання захисних газів у зварюванні алюмінію

Для захисту металу в зоні зварювання доцільно застосовувати гелій-аргонові суміші, у яких вміст гелію становить від 50% до 75%. Пропорції аргону та гелію визначаються хімічним складом зварюваного сплаву, його товщиною та вимогами до якості зварного шва.

Для забезпечення ефективного захисту розплавленого металу та зварювального дроту застосовується аргон найвищого сорту. Газ подається з балонів, що знаходяться під робочим тиском близько 15 МПа. Кожен балон містить приблизно 6,2 м³ газоподібного аргону. Згідно з вимогами, балони для аргону фарбують у сірий колір із зеленими написами.

Найефективнішим методом ремонту зазначених деталей є трифазна аргонодугова зварка, яка дозволяє значно підвищити продуктивність порівняно з традиційною аргонодуговою технологією. У цій модифікації до середньої фази джерела живлення підключається не сама деталь, а присадковий дріт (рис. 2.1).

Переваги методу:

Можливість регулювання теплового режиму в широких межах завдяки перерозподілу зварювального струму між виробом і присадковим дротом.

Дуга одночасно горить на виробі та на присадковому матеріалі, що

забезпечує його розігрів і ефективне видалення оксидних плівок завдяки механізмам катодного розпилення.

Особливості застосування:

Метод дозволяє виконувати зварювання деталей із товщиною стінок до 1 мм, забезпечуючи автоматичне регулювання тепловиділення, що запобігає утворенню пропалів.

Цей підхід реалізується як у ручному, так і в автоматичному режимі для зварювання поверхонь будь-якої доступності.

Ефективність технології:

Автоматичне регулювання тепловиділення значно знижує рівень залишкових деформацій — у два або більше разів.

Кількість наплавлюваного металу збільшується вдвічі порівняно з традиційними методами наплавлення.

Застосування трьохфазної дуги з контролем тепловиділення відкриває нові можливості для високоточного зварювання та забезпечує оптимальну якість з'єднань навіть у складних умовах.

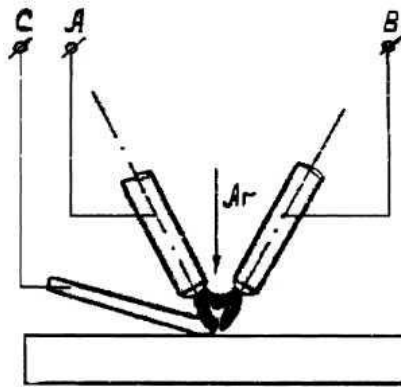


Рисунок 2.1 – Зварювання трифазною дугою із застосуванням регулювання необхідного тепловиділення

Технологія ремонтного відновлення за допомогою трифазної дуги

Технологія зварювання трифазною дугою суттєво відрізняється від стандартної аргонодугової технології з використанням неплавкого електрода. Основна відмінність полягає у способі ініціювання дуги та характері роботи з дефектними ділянками деталі.

При звичайному аргонодуговому зварюванні однофазна дуга ініціюється

безпосередньо над дефектом або поруч із ним. У трифазній технології зварювання дуга зазвичай запалюється поза деталлю — через контакт вугільних електродів пальника або завдяки розряду осцилятора.

Підведення трифазного пальника до дефекту здійснюється поступово, що дозволяє:

Обрати найбільш раціональну схему заварювання.

Почати розігрів наміченої зони без ризику пошкодження або деформації поверхні виливки поблизу дефекту.

Регулювання теплового режиму для уникнення надмірного проплавлення чи утворення підрізів необхідно точно контролювати тепловий режим у зварювальній ванні. Зазвичай це досягається шляхом:

Подачі присадочного матеріалу.

Переміщення дуги до менш нагрітих ділянок поверхні.

У разі використання трифазної дуги регулювання тепловиділення значно спрощується. Це можна зробити за рахунок збільшення довжини дуги, що не призводить до її обриву. Завдяки цьому метод дозволяє:

Прокладати шви через складні ділянки, такі як западини, ребра або виступи, без переривання зварювального процесу.

Забезпечувати плавний розігрів і рівномірне розподілення тепла у зоні ремонту.

Така гнучкість трифазного зварювання відкриває нові можливості для якісного відновлення дефектних поверхонь, навіть на складних і нестандартних деталях.

Таблиця 2.1 – Приблизні режими аргонодугового зварювання алюмінієвих сплавів трифазною дугою

b, мм	Спосіб зварювання	d _e , мм		I _{св} , А	v _{св} , м/год	Примітка
		Неплавлячий електрод	Присадочний дріт			
6	Ручне	3	3	150...180	8...12	Зварювання завагою
10	Автоматичне	8	2	390...430	28...30	Зварювання без обробки, на підкладці

Для успішного усунення дефекту в деталях необхідно виконати такі кроки: Замкнути присадочний дріт на деталі для забезпечення електричного контакту. Формувати зварювальну ванну шляхом нагріву металу до стану розплаву. Ввести присадочний дріт у зварювальну ванну, забезпечуючи плавне з'єднання матеріалів. Наплавити валик, рівномірно розподіляючи метал у зоні ремонту. Регулювання кількості наплавлюваного металу для контролю обсягу металу, що додається в процесі зварювання, необхідно чергувати підключення присадочного дроту між зварювальним пальником і деталлю. Такий підхід дозволяє точно регулювати тепловий режим і забезпечувати якісний результат наплавлення.

Ця послідовність дій сприяє ефективному усуненню дефектів і формуванню міцних, надійних зварних швів.

2.3 Контроль якості ремонтного зварювання

Зварювання алюмінію є складним процесом, незважаючи на його відносно низьку температуру плавлення порівняно зі сталлю. Основні труднощі пов'язані з такими факторами:

Оксидна плівка: На поверхні алюмінію завжди присутній оксидний шар, який необхідно видаляти безпосередньо перед зварюванням, оскільки він погіршує якість з'єднання. Теплове розширення та теплопровідність: Алюміній має високий коефіцієнт теплового розширення та високу теплопровідність, що створює ризик деформації і появи тріщин під час охолодження. Усадка та кристалізація: Велика швидкість усадки під час затвердіння може спричиняти кристалізаційні тріщини. Водень у металі: Висока розчинність водню в рідкому алюмінії призводить до пористості та збільшує схильність до утворення тріщин у зварному шві.

Основні дефекти при зварюванні алюмінієвих сплавів:

Гарячі тріщини.

Пористість у шві.

Невідновлюване зміцнення шва після старіння.

Зниження пластичності зварного металу.

Схильність до корозійних тріщин під напругою.

Методи виявлення цих дефектів і способи їх усунення наведені у таблиці 2.3.

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідно ідентифікувати та усувати дефекти. Рекомендується використовувати такі методи контролю:

Зовнішній огляд: Це швидкий і ефективний метод для оперативного виявлення видимих дефектів. Ультразвуковий контроль: Для діагностики внутрішніх дефектів використовується ультразвуковий дефектоскоп (наприклад, УД2-102). Під час перевірки на оброблену поверхню наноситься технічна олія, а деталь сканується перетворювачем, який переміщується від торців до середини. Отримані сигнали аналізуються для визначення типу та класифікації дефектів. Застосування цих методів дозволяє своєчасно виявляти та усувати дефекти, знижуючи ризик порушення цілісності конструкцій та покращуючи загальну якість зварювальних робіт.

Таблиця 2.3 - Дефекти в алюмінієвих сплавах і методи їх усунення

Дефект	Причина	Запобігання
1	2	3
Оксидні включення	1. Неналежне очищення зони зварювання 2. Присутність оксидного шару на зварювальному дроті або присадкових матеріалах 3. Різкі краї у канавці з'єднання	Підготовка поверхні та матеріалів для зварювання 4. Очищення перед зварюванням і після кожного проходу: Використовуйте дріт для ретельного очищення поверхонь перед початком роботи. Після кожного зварювального проходу повторно очищуйте зону зварювання, забезпечуючи чистоту та якість шва. 5. Очищення дроту та присадочного матеріалу: Протріть дріт і прутки пресованою стружкою з нержавіючої сталі або абразивним матеріалом типу "Scotch-Brite". Переконайтеся, що використовуєте нову котушку дроту, щоб уникнути забруднень, які можуть вплинути на якість зварного з'єднання. 6. Обробка крайок шва: Видаліть гострі краї зони обробки шва, щоб запобігти накопиченню напружень і забезпечити рівномірне розподілення матеріалу. Дотримання цих рекомендацій дозволить зменшити ризик утворення дефектів і забезпечить високу якість зварювальних з'єднань.

Пористість в шві	1. Незадовільний рівень захисту 2. Надмірне використання мастила 3. Завищений зварювальний струм 4. Забруднення в захисному газі 5. Невідповідний кут нахилу пальника 6. Надмірно висока швидкість руху пальника 7. Забруднення зварювального дроту або присадкових прутків 8. Присутність вологи в зоні зварювання	Рекомендації для забезпечення якості зварювання 1. Оптимізація захисту газом: Збільшіть потік захисного газу. Уникайте протягів, які можуть порушувати газовий захист. Зменшіть виліт електрода для стабільного горіння дуги. 2. Усунення дефектів: Ретельно видаліть усі дефекти перед початком роботи. Очистіть поверхні за допомогою розчинника, щоб видалити забруднення. Переконайтеся, що змазувальні матеріали знаходяться подалі від області зварювання. 3. Налаштування параметрів зварювання: Зменшіть зварювальний струм, якщо це необхідно, і поверніться до процесу. Перевірте газові шланги на наявність вільних з'єднань або пошкоджень та усуньте їх. Встановіть правильний кут нахилу пальника. Відрегулюйте швидкість зварювання для досягнення оптимальних результатів. 4. Очищення матеріалів: Очистіть дріт або присадочні прутки за допомогою розчинника для видалення мастил та інших забруднень. 5. Підготовка поверхні: Попередньо нагрійте поверхню деталі до рекомендованої температури. Очистіть поверхню від оксидів і забруднень перед початком зварювання. Дотримання цих кроків допоможе забезпечити стабільний процес зварювання, високу якість шва і знизити ймовірність утворення дефектів.
Пористість у зоні плавлення	1) Висока насиченість воднем основного металу	Рекомендації для покращення зварювального процесу 1. Поліпшення дегазації: Оптимізуйте процес дегазації для зменшення вмісту газових включень у металі та зниження ризику пористості шва. 2. Контроль добавок натрію:

		Мінімізуйте використання добавок натрію, щоб уникнути утворення небажаних реакцій у зварювальному матеріалі. 3. Захист зварювальної зони гелієм: Використовуйте 100% захист гелієм, щоб забезпечити максимальну чистоту шва та ефективний захист від окиснення. Ці заходи сприятимуть покращенню стабільності процесу зварювання, зниженню дефектів та забезпеченню високої якості шва.
Холодне розтріскування	1) Сильне затискання металевих заготовок з'єднання	1. Регулювання затискних пристроїв: Послабте затискні кліщі, щоб уникнути надмірного напруження та деформації деталі під час зварювання. 1 Попередній підігрів: Застосовуйте попередній підігрів зварювальної зони для рівномірного розподілення тепла, зменшення ризику утворення тріщин та підвищення якості з'єднання.
Гаряче розтріскування	1. Надмірне проплавлення основного металу 2. Підвищена температура переходу	Рекомендації для покращення процесу зварювання 2. Оптимізація параметрів струму: Зменшіть зварювальний струм, щоб уникнути перегріву та знизити ризик утворення дефектів у шві. 3. Робота з присадочним матеріалом: Збільшіть кількість присадочного дроту для забезпечення якісного заповнення шва і запобігання утворенню порожнин. 4. Контроль охолодження: Подовжте інтервал охолодження між зварювальними проходами, щоб уникнути перегріву матеріалу та зменшити ризик утворення тріщин. 5. Дотримання послідовності зварювання: Виконуйте шви у визначеній послідовності, щоб знизити термічні напруги та покращити якість з'єднання. Застосування цих рекомендацій дозволить досягти стабільного процесу зварювання, знизити ймовірність появи дефектів та забезпечити високу якість зварного з'єднання.

Підрізи	1. Завищене значення зварювального струму 2. Надмірно висока швидкість руху пальника та недостатній обсяг присадкового металу 3. Надмірна довжина дуги	Рекомендації для покращення зварювального процесу 1. Регулювання параметрів струму: Знизьте зварювальний струм для уникнення перегріву та покращення контролю за формуванням шва. 2. Контроль швидкості зварювання: Зменшіть швидкість переміщення пальника, щоб забезпечити рівномірне проплавлення металу та якісне формування шва. 3. Додавання присадочного металу: Збільшіть кількість присадочного матеріалу для заповнення шва та забезпечення його міцності й надійності. 4. Оптимізація довжини дуги: Скоротіть довжину дуги, щоб підвищити стабільність процесу та зменшити розбризкування металу. Дотримання цих рекомендацій дозволить досягти якісного зварювання із мінімальними дефектами та максимальною міцністю шва.
Непровари	1. Занижений зварювальний струм 2. Надмірно висока швидкість руху дуги 3. Неналежна підготовка з'єднання 4. Невірний кут нахилу пальника 5. Нестабільне гасіння дуги	Рекомендації для покращення процесу зварювання 1. Оптимізація параметрів струму: Збільшіть зварювальний струм, якщо необхідно покращити проплавлення металу, і поверніться до зварювального процесу. У разі потреби поступово зменшуйте струм дуги для уникнення перегріву та кращого контролю шва. 2. Контроль швидкості переміщення: Зменшіть швидкість руху пальника, щоб забезпечити рівномірність зварювального шва та уникнути дефектів. 3. Поліпшення обробки крайок: Виконайте ретельну підготовку зварюваних крайок, щоб забезпечити якісне з'єднання та мінімізувати ризик утворення тріщин. 4. Встановлення правильного кута пальника: Налаштуйте кут нахилу пальника для забезпечення оптимального зварювального процесу, а потім продовжте роботу. 5. Запровадження контролю: Використовуйте методи контролю якості для забезпечення відповідності шва технічним вимогам, включаючи

		візуальний огляд та перевірку зварювальних параметрів. Застосування цих рекомендацій дозволить підвищити стабільність процесу зварювання, забезпечити якість шва та знизити ймовірність утворення дефектів.
--	--	--

Розробка інноваційних технологій для підвищення ефективності ремонтного зварювання поршнів двигунів

Запропоновано нові технологічні підходи для покращення продуктивності та якості процесу ремонтного зварювання поршнів двигунів внутрішнього згоряння. Використання традиційної технології зварювання неплавким електродом у базовій методиці часто супроводжується значною кількістю дефектів і суттєвими часовими витратами на їх виправлення.

Для вирішення цих проблем запропоновано впровадження трифазного зварювання як заміну дугового зварювання з неплавким електродом. Цей метод дозволяє зменшити трудомісткість процесу, підвищити стабільність роботи та забезпечити більш високу якість ремонтних з'єднань.

Впровадження цих інноваційних технологій спрямоване на створення ефективнішого, економічного та надійного процесу зварювання, що відповідає сучасним вимогам до відновлення деталей двигунів.

Таблиця 2.4 - Вихідні дані для проведення економічного розрахунку

№	Найменування економічного показника	Позначення показника	Одиниця вимірювання	Базовий	Проектний
1	Загальна кількість робітників, змін	К _{см}	-	2	1
2	Встановлена норма амортизаційних відрахувань на обладнання	Н _а	%	20	18

3	Прийнятий розряд зварювальника	Р.Р.	-	IV	V
4	Величина годинної тарифної ставки	$C_{\text{ч}}$	Р/год	280	320
5	Коефіцієнт відрахувань на додаткову заробітну плату	$K_{\text{дод}}$	%	15	14
6	Коефіцієнт доплат до основної заробітної плати	$K_{\text{д}}$	-	1,75	1,9
7	Коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби	$K_{\text{сн}}$	%	32	35
8	Амортизаційні відрахування на площі	На.пл.	%	6	5
9	Вартість експлуатації виробничих площ	$C_{\text{зксп}}$	(Р/м²)/рік	12000	9500
10	Ціна придбання виробничих площ	$\text{Ц}_{\text{пл}}$	Р/м²	35000	28000
11	Площа, зайнята обладнанням	S	м²	8	5
12	Коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат	$K_{\text{т-з}}$	%	4	6
13	Коефіцієнт витрат на монтаж та	$K_{\text{монт}}/K_{\text{дем}}$	%	4	3

	демонтаж обладнання				
14	Ринкова вартість обладнання	Цоб	грн	120000	220000
15	Коефіцієнт додаткової виробничої площі	Кпл	-	2	3
16	Потужність технологічного обладнання	Муст	кВт	12	8
17	Вартість підведення електроенергії	Це-е	Р/кВт	5,2	4,5
18	Коефіцієнт виконання норми	КВН	-	1,2	1,15
19	Коефіцієнт корисної дії обладнання	ККД	-	0,8	0,9
20	Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	$B_{\text{ін}}$	-	0,35	0,3
21	Коефіцієнт цехових витрат	Кцех	-	1,6	1,4
22	Коефіцієнт заводських витрат	Кзав	-	1,2	1,1
23	Коефіцієнт виробничих норм	Кв	-	1,05	1,02
24	Машинний час	$t_{\text{маш}}$	год	1,2	0,9

2.4 Аналіз технологічної ефективності запропонованої технології відновлення поршня

Річний фонд часу, протягом якого функціонує обладнання, визначається за допомогою відповідної формули. Цей показник дозволяє оцінити ефективність використання обладнання впродовж року та є важливим параметром у плануванні виробничих процесів.:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{\Pi} \cdot T_{\Pi}) \cdot C \quad (2.1)$$

де T_{CM} – прийнята тривалість зміни;

D_P - загальна кількість робочих днів в році;

D_{Π} - загальна кількість передсвяткових днів;

T_{Π} - очікуване скорочення робочого часу у передсвяткові дні, годинах;

C - загальна кількість змін.

Підставивши у формулу (2.1) задані значення, отримаємо:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ год.}$$

Розрахунки для визначення величини ефективного фонду часу роботи обладнання проводимо з використанням залежності:

$$F_e = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right) \quad (2.2)$$

де B - планові втрати на робітника.

Підставивши у формулу (2.2) задані значення, отримаємо:

$$F_e = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ год.}$$

Розрахунок часу на виконання річної програми та коефіцієнта завантаження обладнання.

Визначення часу, необхідного для виконання річної виробничої програми, а також коефіцієнта завантаження обладнання, здійснюється з використанням спеціальної розрахункової залежності. Цей підхід дозволяє точно оцінити тимчасові витрати на виконання операцій у межах технологічного процесу та оптимізувати використання обладнання.

$$t_{\Pi} = t_{BZO} + t_{PZO} + t_{OZO} + t_{BID} + t_{PZ}, \quad (2.3)$$

де $t_{\text{тп}}$ - загальний час, який витрачає персонал на виконання операцій технологічного процесу;

$t_{\text{взо}}$ - час, який витрачає персонал безпосередньо на виконання зварювальних операцій;

$t_{\text{пзо}}$ - час, який витрачає персонал на підготовку до роботи зварювального обладнання і складає 10% від $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{озо}}$ - час, який витрачає персонал на обслуговування, поточний і дрібний ремонт зварювального обладнання та складає 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{від}}$ - час, який витрачає персонал на особистий відпочинок, складає 5% $t_{\text{взо}}$;

$t_{\text{пз}}$ - час на завершальні операції, 1% $t_{\text{взо}}$.

Підставивши у формулу (4.3) задані значення, отримаємо:

$$t_{\text{шт.базов}} = 1 \cdot (100\% + 8\% + 7\% + 7\% + 5\%) = 1,21 \text{ год.}$$

$$t_{\text{шт.проект.}} = 0,7 \cdot (100\% + 8\% + 7\% + 7\% + 8\%) = 0,847 \text{ год.}$$

Програму річних обсягів робіт знаходимо розрахунковим шляхом:

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{F_e}{t_{\text{шт}}} \quad (2.4)$$

де F_e - величина ефективного фонду часу роботи обладнання;

$t_{\text{шт}}$ - штучний час на виконання однієї операції зварювання;

Підставивши у формулу (4.4) необхідні значення, отримаємо:

$$\Pi_{\Gamma} = 2054/1,21 = 1700 \text{ виробів за рік;}$$

$$\Pi_{\Gamma. \text{ проектн.}} = 2054/0,847 = 2425 \text{ виробів за рік.}$$

Для проведення подальших економічних розрахунків приймаємо

$$\Pi_{\Gamma} = 1000 \text{ виробів за рік.}$$

Кількість обладнання визначаємо з використанням формули:

$$n_{\text{роз}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot R_p}{F_e \cdot H_{\text{вн}}} \quad (2.5)$$

де $t_{\text{шт}}$ - штучний час на зварювання одного стику;

R_p - прийняте значення річної програми;

F_e - величина ефективного фонду часу роботи зварювального обладнання;

$N_{\text{вн}}$ - прийняте значення коефіцієнта виконання норми.

Підставивши у формулу (4.5) необхідні значення, отримаємо:

$$n_{\text{роз}} = \frac{1,66 \cdot 57,8}{664 \cdot 1,02} = 0,85$$

Вибір обладнання та розрахунок коефіцієнта завантаження.

За результатами проведених розрахунків обрано одну одиницю обладнання для реалізації базового технологічного процесу та одну одиницю для впровадження проектного технологічного процесу.

Розрахунок коефіцієнта завантаження обладнання буде здійснено за допомогою відповідної формули, що забезпечує точність визначення цього показника для оптимізації роботи обладнання.

$$K_3 = n_{\text{роз}} / n_{\text{пр}} \quad (2.6)$$

де $n_{\text{роз}}$ – розрахована згідно з формулою (2.5) кількість зварювального обладнання,

$n_{\text{пр}}$ - прийнята раніше кількість зварювального обладнання

Підставивши у формулу (2.6) необхідні значення, отримаємо:

$$K_{3б} = 0,57/1 = 0,57$$

$$K_{3п} = 0,4/1 = 0,4$$

Розрахунок заводської собівартості базової та проектної технологій.

Розрахунок заводської собівартості базового та проектного варіантів технології здійснюється з урахуванням витрат на матеріали, необхідні для їх реалізації. Величину матеріальних витрат визначають за допомогою спеціальної формули, що дозволяє точно оцінити економічну доцільність кожного варіанту технології.

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з} \quad (2.7)$$

де C_m - вартість зварювальних матеріалів;

$K_{т-з}$ – прийняте значення коефіцієнта, який враховує транспортно-заготівельні витрати.

Таблиця 2.5 - Норми витрати зварювальних матеріалів

	Найменування економічного показника	Значення базового варіанту	Значення проектного варіанту	Позначення	Розмірність
1	Вартість захисного газу (аргон)	80	80	Ц _м	грн./м ³
2	Вартість присадкового дроту	130	130		грн./кг
3	Вартість вольфрамового електрода	3000	300		грн./кг
4	Норма споживання аргону	0,0252	0,0216	Н _р	м ³
5	Норма споживання присадкового дроту	0,414	0,342		кг
6	Норма споживання аргону та вольфрамового електрода	0,000495	0,000468		кг

$$M_B = (80) \cdot 0,0235 + 126 \cdot 0,445 + 3011 \cdot 0,000475) \cdot 1,16 = 80 \text{ грн.}$$

$$M_{\text{ПР}} = (80) \cdot 0,0287 + 126 \cdot 0,315 + 3011 \cdot 0,000455) \cdot 1,47 = 700 \text{ грн.}$$

Розрахунок фонду заробітної плати (ФЗП).

Фонд заробітної плати (ФЗП) складається з двох компонентів: основної та додаткової заробітної плати. Для визначення основної заробітної плати застосовується спеціальна розрахункова формула, яка дозволяє точно оцінити витрати на оплату праці в межах виробничого процесу.

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (2.8)$$

де $C_{\text{ч}}$ - прийняте значення тарифної ставки;

$K_{\text{д}}$ - прийняте значення коефіцієнта, який враховує витрати на доплату до основної заробітної плати.

Підставивши у формулу (4.8) необхідні значення, отримаємо:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 333 \cdot 1,33 \cdot 1,23 = 655 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 333 \cdot 0,833 \cdot 1,23 = 455 \text{ грн.}$$

Розрахунок додаткової заробітної плати.

Для визначення величини додаткової заробітної плати застосовується спеціальна формула, яка дозволяє врахувати всі необхідні фактори та забезпечити точний розрахунок витрат, пов'язаних з оплатою праці понад основний фонд.

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (2.9)$$

де $K_{\text{доп}}$ - розмір коефіцієнта для врахування відрахувань на додаткову заробітну плату

Підставивши у формулу (4.9) необхідні значення, отримаємо:

$$З_{\text{доп.баз.}} = 676 \cdot 13 / 101 = 84 \text{ грн};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 476 \cdot 13 / 102 = 58 \text{ грн};$$

$$\Phi ЗП_{\text{баз.}} = 676 + 47 = 755 \text{ грн};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 476 + 49 = 536 \text{ грн}.$$

Розрахунок відрахувань на соціальні потреби здійснюється за допомогою формули:

$$\text{Основ} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}} / 100 \quad (2.10)$$

де $K_{\text{сн}}$ - значення коефіцієнта, який враховує витрати на соціальні потреби.

Підставивши у формулу (2.10) необхідні значення, отримаємо:

$$\text{ОС}_{\text{баз.}} = 765 \cdot 35 / 150 = 295 \text{ грн}.$$

$$\text{Ос}_{\text{проектн.}} = 522 \cdot 35 / 150 = 178 \text{ грн}.$$

Визначення витрат на утримання та експлуатацію технологічного обладнання здійснюється за допомогою спеціальної формули:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{е}} \quad (2.11)$$

де $A_{\text{об}}$ - прийнята величина амортизації обладнання;

$P_{\text{е}}$ - величина витрат на електричну енергію;

Розрахунок амортизації обладнання здійснюється за допомогою відповідної формули:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{е}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

де $Ц_{\text{об}}$ - прийняте значення вартості обладнання;

$N_{\text{а}}$ - Прийняте значення нормативу амортизації обладнання. Підставивши необхідні дані у формулу (2.12), визначаємо результат:

$$n_{\text{роз}} = \frac{10000 \cdot 21 \cdot 23}{664 \cdot 115} = 12 \text{ грн}.$$

Розрахунок заводської собівартості зварювальних робіт для базового та

проектного варіантів технології.

Таблиця 2.6 - Заводська собівартість процесу зварювання

№п/п	Економічні показники	Умовні позначення	Калькуляція, грн	
			Базовий	Проектний
1	Витрати на матеріали для наплавлення	М	60	50
	Витрати на оплату праці			
	Витрати на соціальне забезпечення			
2	Витрати на утримання обладнання	ФЗП	764	535
	Витрати на використання виробничих площ			
	Технологічна собівартість			
3	Цехові витрати	ПРО СН ЗобЗпл	260	182
4				
5				
	Цехова собівартість	$C_{\text{тех}}$	1199	856
6	Заводські витрати	$P_{\text{цех}}$	1023	717
	Заводська собівартість	$C_{\text{цех}}$	2222	1573
7	Витрати на матеріали для наплавлення	$P_{\text{зав}}$	784	550
	Витрати на оплату праці	$Z_{\text{зав}}$	3006	2123

Визначення капітальних витрат за базовим та проектним варіантами технології зварювання. Визначення величини капітальних витрати, супроводжуючих реалізацію базового варіанту технології знаходимо з використанням наступної залежності:

$$D_{\text{ЗАГ}} = D_{\text{ЗТО}} \cdot C_{\text{ОБ.Б}} D_{\text{З.Б.}}, \quad (2.13)$$

де $D_{\text{ЗТО}}$ - значення коефіцієнта, який враховує завантаження технологічного обладнання;

$C_{\text{ОБ.Б}}$ - розмір залишкової ціни обладнання, зниження якої сталося через тривалість служби технологічного обладнання (грн);

n - кількість обладнання, яке необхідне для виконання виробничої програми згідно опису процесу ремонтного зварювання.

$$C_{\text{ОБ.Б}} = C_{\text{ПЕРШ}} - (C_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100),$$

$N_{\text{А}}$ - прийняте значення норми амортизації обладнання (%);

$C_{\text{ПЕРШ}}$ - вартість технологічного обладнання (грн)

$T_{\text{СЛ}}$ - встановлений термін служби технологічного обладнання.

Підставивши у формули (2.13) та (2.14) необхідні значення, отримаємо:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21 / 100) = 37000 \text{ грн}$$

$$D_{\text{О.}} = 1 \cdot 37000 \cdot 0,57 = 21000 \text{ грн}$$

Розрахункове значення величини загальних капітальних витрат при реалізації проектного варіанта технологічного процесу знаходимо з використанням формули:

$$D_{\text{ЗАГ}} = D_{\text{ОБП}} + D_{\text{ПЛР}} + D_{\text{КП}} \quad (2.14)$$

де $D_{\text{ОБП}}$ - прийнята величина капітальних вкладень в технологічне обладнання;

$D_{\text{ПЛР}}$ – прийнята величина капітальних вкладень у площі (оскільки базовий та проектний варіант технології передбачає використання однієї і тієї ж площі, розміри площі не змінилися, тому розрахунок капітальних вкладень у площі не знаходимо);

$D_{\text{КП}}$ - прийнята величина супутніх капітальних вкладень.

$$D_{\text{ЗАГпроектн.}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (2.15)$$

Підставивши у формулу (2.15) необхідні значення, отримаємо:

$$D_{\text{ЗАГпроектн.}} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 84000 \text{ грн.}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Конструктивні особливості поршнів та їх вплив на вибір методу відновлення

Циліндро-поршнева група двигуна внутрішнього згорання складається з поршня, оснащеного компресійними та маслосніжними кільцями, які разом утворюють поршневі кільця, та гільзи циліндра. Ці кільця розташовані в спеціальних канавках поршня і контактують з внутрішньою поверхнею гільзи циліндра.

Поршень є ключовим компонентом кривошипно-шатунного механізму. Його основна функція полягає у сприйнятті тиску розширювальних і нагрітих газів, що утворюються при згорянні паливно-повітряної суміші в камері згорання. Енергія від цих газів передається через поршень до шатуна. Поршень складається з трьох частин, кожна з яких виконує свою функцію: днище поршня, ущільнююча частина та напрямна частина поршня. Поршень піддається значним тепловим та механічним навантаженням під час роботи двигуна. Сучасні поршні зазвичай виготовляються з алюмінієвих сплавів, хоча раніше для цих цілей використовувався чавун. Поршень рухається в гільзі циліндра, яка є частиною блоку циліндрів.

Форма головки поршня може бути плоскою, опуклою або увігнутою, залежно від конструкції двигуна, розташування свічок запалення, інжекторних форсунок, впускних і випускних клапанів. У бензинових двигунах камера згорання є окремою частиною, тоді як у дизельних двигунах вона інтегрована прямо у голівці поршня.

Знос канавок поршневих кілець, поршневих пальців та збільшення зазору між поршнем та циліндром вимагає відновлення поршнів. Знос поршнів призводить до зниження компресії, збільшення витрати мастила, появи нагару та детонації. Зазвичай, інтенсивний знос спостерігається у верхньої канавки поршня. Тривалість експлуатації поршня залежить не стільки від зносу його спідниці, скільки від стану канавок. Під час ремонту поршневі пальці можна

швидко відновити до ремонтного розміру.

Відновлення поршнів — складний та відповідальний процес, що потребує високої кваліфікації робітників. Часто зношені поршні не ремонтуються, а замінюються на нові через складність ремонту. Попит на поршні як на запасні частини є значним, тому розробка технологій для їх якісного ремонту стає ключовим завданням у сфері ремонтного виробництва. Відбракування поршнів проводиться на основі зносу першої канавки, діаметру спідниці та діаметру отвору в бобишці. Аналіз вимірювань, отриманих під час ремонту поршнів, показав, що найбільший знос припадає на область першої канавки поршня. Тривалість служби цього з'єднання вдвічі менша порівняно з іншими деталями поршня. Прискорене зношування першої канавки можна пояснити відведенням основної частини тепла через верхнє поршневе кільце. Допустимі температури для верхнього поршневого кільця становлять 220-250°C. Робота при вищих температурах призводить до коксування олії, внаслідок чого зменшується мобільність кільця та зростає швидкість зношування канавки. Для алюмінієвих поршнів температура понад 450°C неприпустима, оскільки це знижує їхню міцність.

При роботі двигуна в системі поршень-гільза відбуваються зворотно-поступальні рухи з високими швидкостями та великими навантаженнями. Неадекватне технічне обслуговування може спричинити прискорений знос компонентів і призвести до часткової або повної несправності двигуна. У більшості випадків діагностика дозволяє виявити лише невелику частину проблем. Точний технічний стан і причини поломок можуть бути визначені під час огляду окремих компонентів.

2	Ерозія на днище на жаровому поясі поршня		1) Якість палива не відповідає ступеню стиснення двигуна; 2) Бензин в дизельному паливі, мастило в камері згоряння 3) Неналежний кут випередження запалювання 4) Негерметичні випускні клапани; 5) Значна кількість нагарі в камері згоряння; 6) Занадто висока температура впускного повітря, загальний перегрів
3	Прихоплення від перегріву на голівці поршня		1) Експлуатація необкатаного двигуна з високими навантаженнями; 2) Підвищена температура в камері 3) Несправність системи охолодження
4	Руйнування перемичок між канавками для поршневих кілець		1) Несправність форсунки 2) Знижений рівень компресії в циліндрі 3) Циліндр заповнився водою або паливом при зупиненому двигуні (гідроудар)
5	Утворення тріщин на днищі поршня та в зоні навколо камери згоряння		1) Проблеми в системі живлення. 2) Перегрівання двигуна. 3) Несправність моторного гальма.
6	Зношування поверхонь через надлишок палива в камері згоряння		1) Надлишок палива в камері згоряння через несправності паливної системи. 2) Знижений рівень компресії. 3) Невідповідний зазор між поршнем і головкою блоку циліндрів.

7	Задири, спричинені недостатнім зазором між поршнем і циліндром		1) Невідповідна обробка блоку циліндрів, коли діаметр циліндра менше допустимого розміру. 2) Перетягнута або нерівномірно затягнута головка блоку, наявність пошкоджень або забруднень у різьбі кріплення, відсутність мастила на опорних місцях гайок і болтів. 3) Пошкодження або нерівності привальювальних поверхонь блоку циліндрів і головки блоку. 4) Прокладка головки блоку низької якості. 5) Деформація циліндрів через нерівномірне охолодження, викликана накопиченням накипу або бруду в системі охолодження. 6) Непідготовлені посадкові місця для гільз у блоці циліндрів. 7) Експлуатація двигуна під навантаженням без попереднього прогріву..
---	--	---	--

3.2 Обладнання для технологічного процесу відновлення поршня

Удосконалення обладнання для ремонтного зварювання і наплавлення деталей з легких сплавів

Існуючі джерела живлення дуги, які використовуються для ремонтного зварювання і наплавлення деталей з легких сплавів (наприклад, УДАР-300, ТІР-300 тощо), мають обмежені технологічні можливості. Вони забезпечують лише базове регулювання параметрів режиму під час зварювальних операцій, що знижує їх універсальність та ефективність.

Потреба в новому обладнанні Для вирішення цих проблем було розроблено комплект універсального обладнання, який відповідає сучасним

вимогам. Основні характеристики нового обладнання:

Надійність і міцність конструкції, висока теплова потужність і стійкість дуги. Можливість плавного регулювання зварювального струму в широкому діапазоні (135...550 А). Функція заварювання кратерів та підтримка режимів зварювання і підігріву. Відповідність ергономічним вимогам та стандартам техніки безпеки. Особливості нового джерела живлення УДГТ-315 Одним із ключових елементів цього комплексу є джерело живлення УДГТ-315, яке було обрано як базове для розробки. Його характеристики:

Стрімко падаюча зовнішня вольт-амперна характеристика, забезпечена зварювальним трансформатором із підвищеним потоком розсіювання.

Регулювання зварювального струму шляхом зміни відстані між первинною і вторинною обмотками.

Зниження постійної складової струму за допомогою підключення конденсаторної батареї до деталей. Технологічне вдосконалення Для розширення функціоналу встановлено регулятор струму VD1-VD2 (рис. 3.2). Ця схема забезпечує:

Плавне включення та вимкнення тиристорів через регульовані часові проміжки. Регулювання струму від мінімальних до максимальних значень, що здійснюється за допомогою пульта управління. Управління може змінюватися в будь-який момент під час зварювального процесу, що підвищує гнучкість і точність виконання операцій. Новий комплект обладнання значно розширює технологічні можливості ремонтного зварювання, забезпечуючи високу продуктивність і якість виконання робіт.

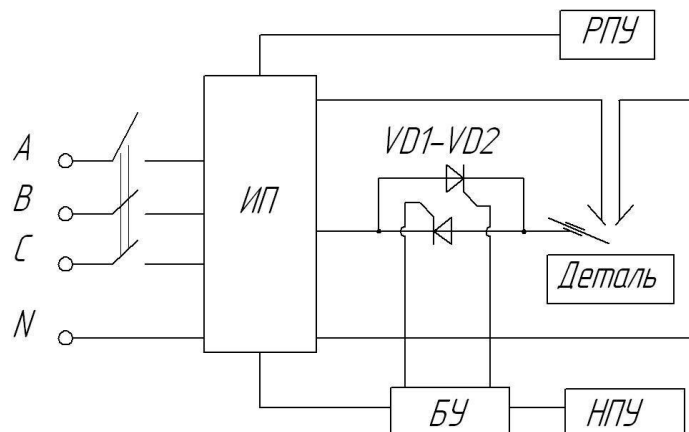


Рисунок 3.2 - Блок-схема зварювального посту

ІІ – джерело живлення, БО – блок управління, РПУ – ручний пульт управління, НПУ – ножний пульт управління, VD1-VD2 – тиристорний регулятор струму

Для збільшення зручності управління та оптимізації налаштувань джерела живлення ІІ та ремонту певних видів дефектів, комплект зварювального обладнання оснащений двома типами дистанційних пультів — ручним (РПУ) та ножним (НПУ).

Ручний пульт дозволяє налаштовувати джерело живлення перед початком зварювання, встановлювати необхідне значення зварювального струму, увімкнути чи вимкнути живлення та контролювати ці параметри через цифровий дисплей.

Ножний пульт, оснащений двома педалями, використовується для керування джерелом під час зварювання. Його функції включають запалювання та гасіння дуги, регулювання зварювального струму, а також перемикання режимів живлення на підігрів. Необхідність в ножному пульті виникає через ручний процес зварювання, коли зварювальник використовує обидві руки для тримання пальника та додавання присадочного матеріалу.

Для заварювання дефектів використовується спеціально розроблений двоелектродний зварювальний пальник РГТ-6, призначений для зварювання з інтенсивністю струму до 350 А в різних просторових орієнтаціях, з можливістю підсвічування та локального підігріву областей з дефектами. Таке обладнання забезпечує надійний захист розплавленої ванни від атмосферних впливів.

Комплект обладнання для ремонтного зварювання з алюмінієвих, титанових та магнієвих сплавів включає джерело живлення, два пульти управління та зварювальний пальник. Цей набір вирізняється широким спектром технологічних можливостей, універсальністю та простотою управління.

Характеристика установки УДГТ-315 наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристика установки УДГТ-315

Показник	Значення	Одиниця вимірювання
Розміри	1566x966x763	мм
Вага	265	кг
Номінальний струм для зварювання	322	А
Виставлення потужність	48	кВ·А

Подавання присадочного дроту здійснюється вручну. Використання електродотримача дозволяє здійснювати закріплення дроту, підведення до нього зварювального струму та виконувати різні маніпуляції. Електродотримач має бути легким (вага не перевищує 0,5 кг), зручним у використанні, мати надійну ізоляцію, не нагріватися під час експлуатації та забезпечувати швидке та надійне закріплення дроту. У роботі використовується зажимний електродотримач типу ЕД-31 (рис. 3.3). Зварювальний дріт і струм, що підводиться до електродотримача, повинні мати достатню гнучкість для полегшення маніпуляцій з дротом.

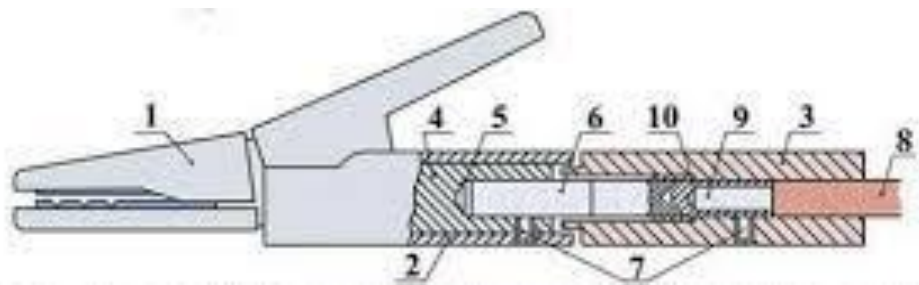


Рисунок 3.3 - Електродотримач зажимний:

1 - Затискний механізм – Елемент, який забезпечує надійне утримання зварювального дроту або електрода. 2 - Ручка тримача – Частина тримача, за яку оператор утримує пристрій. 3 - Кабельна втулка – Місце з'єднання тримача із живильним кабелем. 4 - Корпус тримача – Основний корпус, що захищає внутрішні елементи. 5 - Ізоляційна вставка – Елемент, який забезпечує електричну ізоляцію. 6 - Фіксатор електрода – Механізм для утримання електрода в необхідному положенні. 7 - Контактний елемент – Забезпечує

передачу струму до електрода. 8 – Електрокабель – Робочий елемент, через який проходить струм для створення дуги. 9 - Гвинтова фіксація – Елемент, який забезпечує механічне кріплення внутрішніх компонентів. 10 - Охолоджувальна вставка – Елемент для зниження нагрівання тримача під час роботи.

Обладнання на ділянці для ремонтного зварювання розташовується відповідно до вимог безпеки. Мінімальна площа кабіни повинна складати не менше 3 квадратних метри, висота стін - не менше 2 метрів, а зазор між стінами та підлогою має бути 5 см. Для зварювального посту необхідно встановити вентиляційну систему для видалення газів і аерозолів, а також оснастити його металевими щитами або шторами з вогнетривкими матеріалами для захисту.

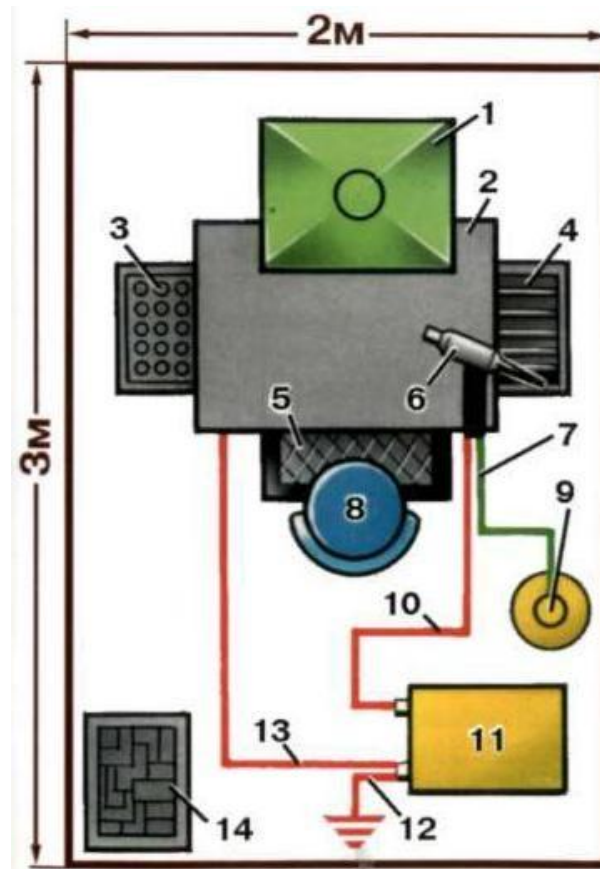


Рисунок 3.4 - Організація робочого місця для зварювання

1-елементи вентиляції, 2-робочий стіл, 3-ящик для електродів, 4-ящик для електродів складування деталей, 5-діелектричний килимок, 6-пальник, 7-газовий рукав, 8-стіл, 9-газовий балон, 10-прямий провід, 11-джерело живлення

дуги, 12-заземлення, 13-зворотний провід 14-ящик для відходів

3.3 Вибір обладнання, устаткування та інструменту для ремонту поршнів

Поршні виробляються з алюмінієвих сплавів, таких, як АК4 та АК18. Металургійні проблеми, пов'язані з тепловиділенням під час зварювання, є типовими для всіх методів зварювання плавленням і зменшуються за допомогою процесів, що використовують концентровану енергію, де тепловиділення є локальним, а зона термічного впливу (ЗТВ) значно менша. Зварювання тертям із перемішуванням має менше металургійних проблем.

У процесах з концентрованою енергією, наявність оксидної плівки Al_2O_3 на поверхнях деталей, що зварюються, не впливає на якість зварного шва, хоча їх очищення перед зварюванням є бажаним.

Традиційні методи зварювання зазвичай призводять до нижчих механічних властивостей металу шва порівняно з основним матеріалом на 20-35%. Стан основного металу суттєво впливає на рівень цих властивостей. Водночас, зварювання тертям із перемішуванням показує, що втомні характеристики з'єднань можуть повністю відповідати характеристикам основного металу.

Всі методи зварювання плавленням, окрім зварювання тертям із перемішуванням, супроводжуються утворенням пор у металі швів. Під час базового процесу відновлення поршнів зварювання виконується у відділі відновлення (рис. 3.5), який обладнаний системою місцевого відсмоктування повітря та необхідним зварювальним обладнанням, включаючи джерела живлення для дуги.



Рисунок 3.5 - Ділянка для відновлення деталей

Процес дефектування та підготовки деталей до відновлення

Дефектування деталей для відновлення здійснюється за допомогою зовнішнього огляду, спеціалізованого інструменту, а також вимірювальних приладів і пристосувань. За результатами дефектування деталі маркуються фарбою для визначення їхнього стану:

- Зелена фарба – деталі придатні до роботи.
- Жовта фарба – деталі потребують ремонту.
- Червона фарба – деталі непридатні для використання.

Придатні до експлуатації деталі передаються в цех комплектування для подальшого складання двигуна внутрішнього згоряння (ДВС) автомобіля. Зачистка поверхонь деталі на глибину 15...25 мм проводиться безпосередньо перед операцією зварювання за допомогою металевої щітки. Для цього рекомендується використовувати щітки з нержавіючої сталі з діаметром дроту не більше 0,15 мм. Застосування наждачних кругів чи паперу не рекомендовано, оскільки вони швидко забиваються стружкою, залишаючи подряпини та частинки, які можуть спричинити утворення пор під час зварювання.

Після зачищення крайки необхідно ретельно витерти чистою сухою тканиною для видалення порошкоподібних залишків. Підготовлені крайки залишаються

придатними до зварювання протягом 5...6 годин. Якщо операція не виконується у цей час, крайки потребують повторного зачищення.

Для відновлювального зварювання використовуються:

- Джерело змінного струму.
- Вольфрамові неплавкі електроди.
- Інертний газ аргон для захисту зварювальної ванни.

Найкращі результати досягаються із застосуванням лантанованих електродів, які містять 1,5...2% оксидів лантану. Це підвищує їхню стійкість і дозволяє збільшити зварювальний струм на 15%. Перед початком зварювання робочий кінець електрода заточується під конус із кутом 60° на довжині, що дорівнює 2–3 діаметрам електрода.

Для захисту зварювальної зони використовується аргон, що постачається у балонах із робочим тиском 15 МПа. Один балон містить 6,2 м³ газоподібного аргону. Балони фарбуються у сірий колір із зеленими написами (рис. 3.6). Зварювання здійснюється за допомогою джерела живлення УДГУ-351 (рис. 3.7), яке забезпечує стабільність процесу та високу якість шва.



Рисунок 3.6 - Балон для аргону з поплавцевим манометром і редуктором



Рисунок 3.7 - Джерело живлення УДГУ-351

Таблиця 3.3 – Режими ремонтного ручного аргонно-дугового зварювання алюмінієвих сплавів із застосуванням вольфрамового електрода

Номер режиму	Струм, А	Діаметр дроту, мм	Діаметр вольфрамового електрода, мм	Витрата аргону, л/хв
1	100...140	3	2	8...10
2	130...150	4	2	8...10
3	140...170	4	3	10...12

Після завершення ремонтного зварювання дефектна ділянка очищається від бризок металу та забруднень. Далі проводиться зовнішній огляд зварного шва та прилеглої до нього області основного металу на відстані не менше 20 мм з обох сторін від шва.

Для відновлення геометрії поверхні поршня застосовується операція фрезерування, яка забезпечує точність і відповідність необхідним розмірам.

Для діагностики внутрішніх дефектів використовується ультразвуковий метод контролю. У процесі перевірки оброблена поверхня деталі змащується технічним мастилом, після чого на неї встановлюється перетворювач ультразвукового дефектоскопа УД 2-102 (рис. 3.8). Переміщення

перетворювача вздовж деталі дозволяє візуалізувати сигнали на екрані, за якими визначають тип і характер дефекту.

Після завершення зварювання та первинного контролю виконується додаткова обробка деталі, яка включає низку технологічних операцій для забезпечення її відповідності технічним вимогам.



Рисунок 3.8 - Ультразвуковий дефектоскоп УД2-102



Рисунок 3.9 - Етапи відновлення робочої поверхні поршня

Як показує практика експлуатації циліндро-поршневої групи автомобіля, одним із основних факторів який впливає на параметри трибологічної надійності та довговічності являється умови роботи поршня. Для забезпечення задовільних режимів роботи в зоні фрикційного контакту гільза-поршень необхідний правильний вибір матеріалу поршня його геометричних параметрів, параметрів точності та якості поверхні. При цьому важливу роль відіграють методи контролю даних параметрів, при порушенні яких необхідні якісний

ремонт з використанням прогресивних технологій відновлення зношених поверхонь. Реалізується це за допомогою використання сучасного обладнання, устаткування, робочого та вимірювального інструментів характеристики яких описані в даному розділі.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження впливу експлуатаційних факторів на зношування гільз циліндрів

Протягом ряду років в науково-дослідних лабораторіях проводилися дослідження впливу різних факторів на знос циліндрів автомобільних двигунів, їхні результати, а також узагальнення інших експериментальних матеріалів викладені нижче відповідно до найпоширенішої класифікації видів зношування.

Корозійне зношування, яке має місце при роботі двигуна на знижених теплових режимах і при холодних пусках, згідно з поширеною думкою є провідним видом зношування циліндрів автомобільних двигунів в експлуатації.

З метою визначення частки корозійного зносу в загальному балансі зносу циліндрів було проведено серію експериментів, при яких двигуни різних моделей (по одному двигуну кожної моделі) тривалий час працювали на стендах зі зниженими тепловими режимами або проводилися їх пуски за знижених температур.

Моделі двигунів, умови і методика випробувань були багато в чому різні, однак у всіх випадках температури були нижче температур, можливих при тривалому русі автомобіля, тобто були створені умови, які сприяють інтенсивному корозійному зношуванню циліндрів.

Для порівняння в останній графі табл. 4.1 наведено знос циліндрів аналогічних двигунів при їх випробуваннях за режимом надійності. У цьому режимі зношування протікає, зазвичай, у кілька разів повільніше, ніж у експлуатації.

З цих даних видно, що при знижених теплових режимах двигунів знос циліндрів мало відрізняється від зносів при нормальному тепловому режимі. Отримані зноси не є катастрофічно великими, як це можна було б очікувати, виходячи з гіпотези переважання корозійного зносу.

В останні роки неодноразово піддавався до експериментальної перевірки на стенді також знос при холодних пусках двигунів (табл. 4.2), коли корозія

циліндрів, яка відбувається при недостатньому мастилі їх верхньої частини, особливо велика.

Зношування більшості двигунів, наведені за експериментальними даними в табл. 4.1 мають приблизно один порядок. Знижені зношування двигуна, пояснюються особливостями його конструкції (азотовані сталеві гільзи циліндрів, примусова подача мастила на стінки циліндра перед пуском). Дещо підвищений знос мають циліндри двигуна.

В середньому при експлуатаційних умовах 100 холодних пусків автомобільного двигуна здійснюються приблизно за один рік. Якщо врахувати, що за цей період автомобіль проходить 150...160 тис. км і швидкість сумарного експлуатаційного зношування циліндра дорівнює 2,0...2,5 мкм на 1000 км пробігу, то частка зносу від холодних пусків складе близько 10%.

4.2 Дослідження впливу холодних пусків двигуна на зносостійкість деталей циліндро-поршневої групи

Для ілюстрації впливу холодних пусків на зношування циліндрів на рис. 4.1 наведено результати випробувань трьох двигунів, кожен з яких пускався 100 разів при температурі -25°C . Пуск першого двигуна проводився після попереднього підігріву підігрівачем П-100 до температури $80...90^{\circ}\text{C}$; пуск другого був холодним під час упорскування пускової рідини «Арктика»; третього також холодним і забезпечувався за рахунок оптимального пускового регулювання карбюратора. Після кожного пуску двигуни працювали на холостому ході при 1200 об/хв. протягом 15 хв. Середні максимальні зноси циліндрів двигунів за 100 пусків-прогрівів відповідно дорівнювали 8, 10 і 12 мкм.

За абсолютною величиною отримані зноси невеликі, якщо враховувати надзвичайно жорсткі умови випробувань, а різниця у зносах циліндрів холодного і прогрітого двигунів, що дорівнює 4 мкм, порівняно із загальним експлуатаційним зносом не істотна. В епюрі зносу відсутній чітко виражений пік у верхній частині циліндрів, характерний для звичайних умов експлуатації.

Специфіка випробувань на зносостійкість двигунів на стенді змушує підходити до отриманих результатів з певною обережністю. Щоб перевірити отримані дані, було проведено дорожні випробування чотирьох двигунів (табл. 4.3). Кожен автомобіль проходив випробування двічі: перший раз при нормальному тепловому режимі двигуна і вдруге — із гранично низьким тепловим режимом можливим для даних умов випробування (отриманий за рахунок видалення термостата, демонтування шторок радіаторів та живлення двигуна холодним зовнішнім повітрям). Дані кожного випробування наведені відповідно у 1 та 2-му рядках таблиці по кожному автомобілю. Випробування проводилися в зимовий період, тобто при явній відсутності пилу.

Таблиця 4.1 Величини зносу гільз циліндрів двигуна при різних умовах експлуатації автомобіля

Показники	№ автомобіля	1	2	3	4	5	6	7	8
Пробіг, км		6940	7048	7002	7289	4793	5010	4928	4883
Вага вантажу, т		6	6	6	6	2,5	2,5	2,5	2,5
Середня швидкість руху, км/год		82	82	82	82	50	47,6	47	49,5
Температура, °C:	води	80-85	40-45	80-85	45-62	80-85	30-40	80-85	35-42
	мастила	70-80	23-30	70-80	23-30	75-85	40	75-85	40
Зношування за 1000 км пробігу, мкм		0,165	0,262	0,326	0,520	0,23	0,394	0,225	0,61

У всіх випадках інтенсивність зношування гільз циліндрів при низьких температурах виявилася вищою, ніж за нормальних. Однак вона була істотно меншою за звичайну при експлуатації, незважаючи на дуже низький тепловий режим. Таким чином, дані дорожніх випробувань аналогічні результатам стендових випробувань двигунів зі зниженими тепловими режимами.

Викладене знаходиться відповідно до результатів випробування десяти

дизельних двигунів, встановлених на автомобілях. Незважаючи на спеціально вжиті заходи щодо утеплення двигунів, температура охолоджуючої рідини знаходилася в межах 40...65 °С при русі автомобіля на режимі максимальної потужності і в межах 20...40 °С при роботі на часткових навантаженнях. При цьому інтенсивність зношування, яка оцінюється по середньому максимальному діаметральному зносу гільз, була після 20 тис. км пробігу - приблизно 1,8 мкм на кожні 1000 км, а через 80 тис. км зменшилася до 0,5 мкм на 1000 км. Виходячи з цього пробіг автомобіля до капітального ремонту складе 200...250 тис. км, тобто не менше, ніж при експлуатації автомобілів з нормальним тепловим режимом у місцевостях із помірним кліматом.

Сукупність наведених експериментальних даних не можна пояснити тим, що зношування циліндрів автомобільних двигунів визначається тільки корозійним фактором. Сучасні моделі автомобільних двигунів мають антикорозійні нірезистові вставки циліндрів, покращено якість палив і масел (із введенням в останні антикорозійних і антиокислювальних присадок), в результаті чого частка корозійного зносу у сучасних автомобільних двигунів вітчизняного виробництва істотно зменшилася і на перший план висунулися інші фактори.

4.3 Аналіз основних факторів, які впливають на процеси тертя та зношування в зоні фрикційного контакту

Серед багатьох факторів, які зумовлюють зношування циліндрів автомобільних двигунів в експлуатацію вважалось, що суттєве значення має атмосферний пил, який попадає в двигун різними шляхами і призводить до підвищеного а іноді і критичного зносу деталей двигуна.

Безпосередньо заміряти кількість пилу, який надходить в експлуатаційних умовах у двигун, неможливо. Тому була проведена експериментальна робота, яка дозволила приблизно оцінити вплив на знос циліндрів як корозійних процесів, так і атмосферного пилу в експлуатаційних умовах. Були заміряні зноси циліндрів за літній та зимовий періоди роботи у

двигунів, які перебувають у експлуатації. Інші фактори, які впливають на знос залишалися постійними, оскільки техніко-експлуатаційні показники автомобілів та їх технічне обслуговування за обидва періоди були практично однакові. Середній знос за двигуном

Таблиця 4.2 Знос циліндрів (по діаметру) при знижених теплових режимах і на режимі надійності

Режим	Час роботи, год	Температура води, °С	Температура масла, °С	Знос за 100 год роботи, мкм
150	30-33	9-15	2,5-7,5	
100-400 пусків	22-45	14-45	4,5	
80 пусків	10-15	25-45	4,6	
166-1000 пусків	20-90	5-15	2,2	

Таблиця 4.3. Знос циліндрів двигунів при холодних пусках

Двигун	Число пусків	Температура пуску, °С	Знос циліндрів, мкм	Метод виміру
MAN-21	135	+15-20	3,7	Лунки
-120	151	+5-10	10	Мікрометр
-130	134	0-5	10,8	Мікрометр
-375	100	-10-15	12	Лунки
ЗД-6	160	+5-7,5	4,1	Лунки
ЯАЗ-204	100	-15	3,7	Лунки
ЯМЗ-236	75	-10	4,9	Лунки

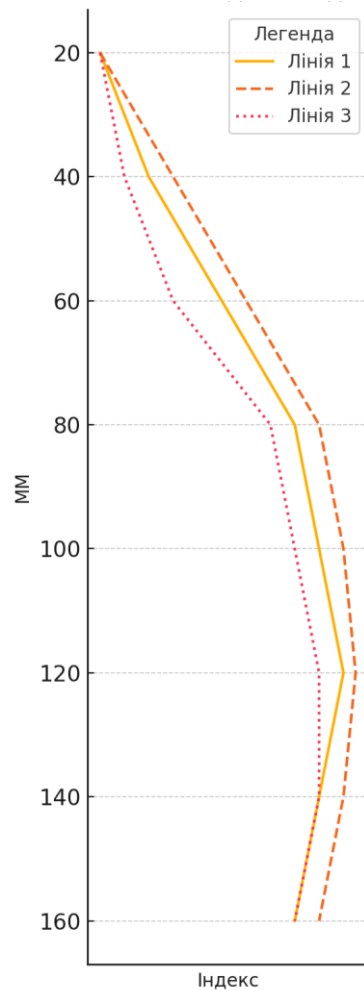


Рисунок 4.1. Діаметральний знос циліндрів двигуна залежно від способу запуску.

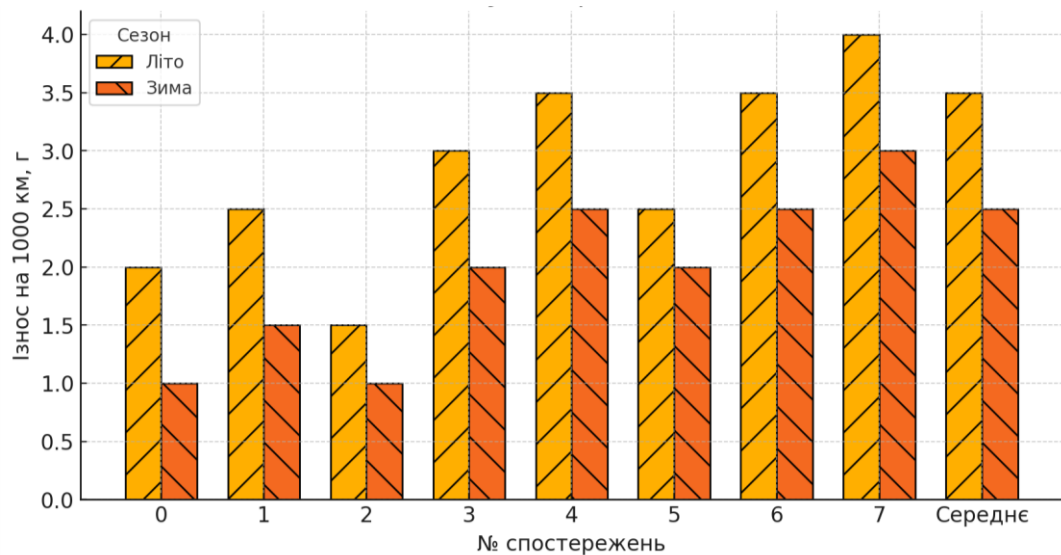


Рисунок 4.2. Інтенсивність зношування гільз циліндрів двигунів в залежності від сезону експлуатації

Під спостереження було взято 8 двигунів автомобілів, які експлуатувалися з причепами на перевезенні будівельних вантажів у межах

міста. Замір зносу гільз циліндрів проводився методом вирізаних лунок тільки в їх верхній частині, без демонтажу поршнів, що дозволило зберегти припрацювання деталей циліндро-поршневої групи.

Проведеними вимірами встановлено, що у всіх двигунів інтенсивність зношування, яка оцінюється за середнім максимальним зносом гільз, влітку була вищою, ніж взимку (рис. 4.2), на величину від 85 до 230%: за перший літній період вона дорівнювала 2,74 мкм, наступної зими 1,48 мкм і наступного літа 3,45 мкм на 1000 км пробігу. Отже, в даних умовах експлуатації, типових для значної кількості автомобілів, абразивне зношування мало домінуюче значення.

Аналогічні заміри зносу циліндрів за літній та зимовий періоди були проведені на двигуні автомобіля, що експлуатується у межах міста. Отримано наступні результати: інтенсивність зношування, яка оцінюється за середнім максимальним зношуванням, була влітку 1,06 мкм і взимку 0,28 мкм. на 1000 км пробігу, тобто і в цьому випадку інтенсивність зношування влітку була в 3,8 рази вище, ніж взимку.

Щоб виявити вплив запиленості повітря на знос циліндрів, були також проведені виміри зносу двигуна автомобіля при його русі ґрунтовою дорогою автополігону в літній, сухий період часу. При пробігу автомобіля 5200 км середній максимальний знос циліндрів дорівнював 30 мкм або інтенсивність зношування 5,8 мкм на 1000 км пробігу.

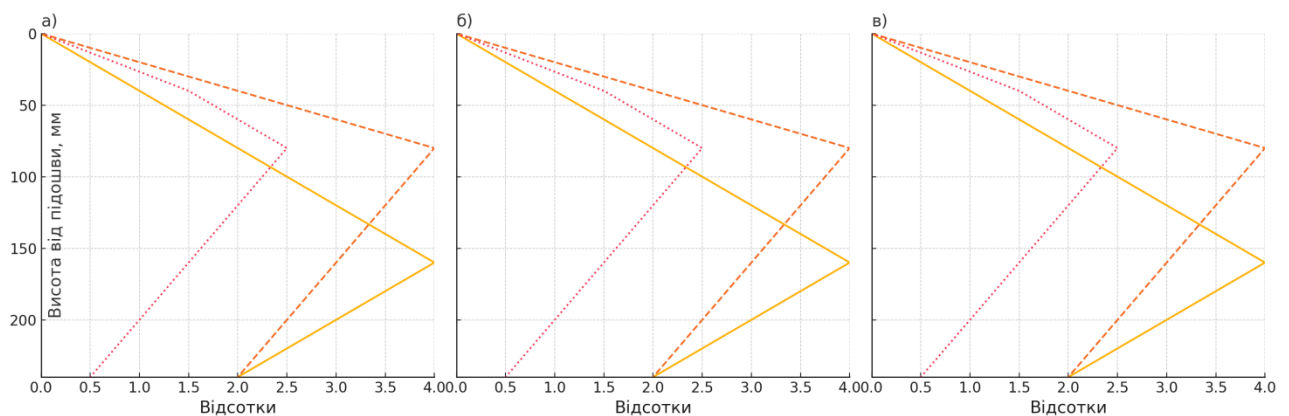


Рисунок 4.3 Характер розподілу зносу циліндра (по довжині) різних видів двигунів

Інтенсивність зношування цього ж двигуна при пробігу автомобіля по швидкісному кільцю взимку (тобто при гарантованій відсутності пилу) із середньою швидкістю 80 км/год дорівнювала лише 0,326 мкм на 1000 км пробігу. Наведені дані показують, що абразивний знос двигунів цих автомобілів становить значну частку загального зносу.

Цікавим є зіставлення характеру зносу циліндрів при роботі двигуна на стенді зі штучною подачею пилу через очищувач повітря (тобто при чисто абразивному зносі) з характером зносу при звичайній експлуатації. Для всіх обстежених моделей двигунів (рис. 5.3) характер епюри абразивного зносу близький до експлуатаційного, що не суперечить наведеним вище даним про переважний вплив абразивного зношування.

Слід зазначити, що при роботі двигуна на гранично низьких теплових режимах, тобто в умовах переважання корозійного зношування, яскраво вираженого піку зносу у верхній частині циліндрів немає.

Аналіз конструкцій сучасних зарубіжних двигунів з точки зору захисту сполучених деталей від абразивного зношування показав, що встановлені майже на всіх двигунах легкових автомобілів паперові очищувачі повітря повністю затримують пилові частинки. Дво- і триступінчасті очищувачі повітря, які застосовуються на вантажних моделях, мають велику пилоємність і ефективність. Системи очищення мастила, як правило, виконані за повнопоточною схемою, що гарантує поверхні тертя деталей, від надходження до них абразивних частинок. Застосовується ефективне очищення повітря у системі вентиляції картера. Велика увага приділяється ущільненню всіх місць, якими атмосферний пил може проникати у внутрішні порожнини двигуна.

Сукупність викладених вище даних показує, що в даний час у загальному експлуатаційному зносі вітчизняних двигунів частка впливу абразивного фактора становить не менше половини і значно вища за частку впливу корозійного фактора.

Не стабільний режим по навантаженнях і оборотах характерний для роботи автомобільних двигунів. Стендовим випробуванням піддавався двигун. Для імітації нестабільних режимів була створена спеціальна автоматична

апаратура, яка забезпечує періодичне відкриття та закриття дроселя при одночасній зміні струму збудження якоря електробалансирної машини. В результаті забезпечувалася зміна режимів роботи двигуна від холостого ходу (при 900 об/хв) до повного навантаження (при 3100 об/хв), а потім знову до холостого ходу. Загальна тривалість повного циклу - 70 сек, з них близько 15 сек двигун працював на режимі, близькому до холостого ходу, і стільки ж часу на режимі, близькому до повного навантаження. Таким чином, обороти та навантаження двигуна безперервно змінювалися, що відповідало роботі двигуна в гранично важких дорожніх умовах.

Випробування склалися з трьох етапів: 100-годинний етап на встановленому режимі, 100-годинний етап на невстановленому режимі і знову 100-годинний етап на режимі, що встановився. Останній цикл мав на меті виключити можливість впливу на результати випробувань зносів в режимі припрацювання.

Випробуваннями встановлено, що знос циліндрів двигуна, віднесений до 100 год роботи на невстановленому режимі, становить 10 мкм або в 3...5 разів більше, ніж при роботі на еквівалентному по витраті палива постійному режимі. Якщо віднести знос на неусталеному режимі до пробігу автомобіля виходячи із середньої швидкості його руху 50 км/год, то він дорівнюватиме 2 мкм на 1000 км пробігу, який відповідає середній інтенсивності зношування циліндрів двигуна у звичайній експлуатації.

Вплив режиму, що не встановився, на знос циліндрів було перевірено також на двигуні. З цією метою замірявся знос циліндрів після пробігу автомобілем 5000 км восени, без дороги, при русі машини з вантажем 5 т переважно на I, III і IV передачах. Двигун працював в основному в умовах невстановленого режиму.

Отримана інтенсивність зношування циліндрів, що дорівнює 3 мкм на 1000 км пробігу, виявилася в 1,5 рази більшою за середньо експлуатаційну і в 2 рази меншу, ніж при русі автомобіля по сухій ґрунтовій дорозі.

Наведені дані вимагають подальшого уточнення, проте вже ясно, що робота двигуна на режимах, що не встановилися, є одним з факторів, які

істотно впливають на знос циліндрів.

Існує думка про значний вплив на знос циліндрів підвищених швидкісних та навантажувальних режимів роботи двигуна. Для вирішення цього питання корисно зіставити зношування циліндрів при роботі двигуна на форсованих режимах з максимальними або близькими до них швидкостями (випробування на полігоні) і при звичайній експлуатації, де швидкісні та навантажувальні режими значно нижчі (табл. 4 4).

Таблиця 4.4. Величини зносу гільз циліндрів двигунів при форсованих дорожніх випробуваннях та у звичайній експлуатації

Показники	Двигун					
	Daewoo Novus		MAN		DAF	
	П	Е	і	е	П	е
Число двигунів	4	8	3	1	2	2
Пробіг в тис. км	120-150	37-51	120-150	42	80-120	30-50
скель швидкість в км	70-84	25	70	20	60	18-25
пробігу н мкм	0,07-0,15	2,11	0,5-0,8	1,7	0,9-2,0	4-5

Із таблиці видно, що при роботі двигунів з підвищеними швидкостями і навантаженнями знос циліндрів у кілька разів менше, ніж за нормальної експлуатації. Саме собою підвищення навантажувальних і швидкісних режимів не може бути причиною суттєвого зносу циліндрів, поряд з цим, як показали експерименти на стенді, збільшення навантаження у присутності абразиву в двигуні підвищує інтенсивність зношування циліндрів. Ймовірно, цього слід очікувати і в експлуатаційних умовах.

Висновки по результатах проведених експериментальних досліджень:

1. У сучасних двигунах приблизно половинна частка загального зносу циліндрів викликається атмосферним пилом, який проникає в двигун. Найменший, але серйозний вплив на знос надає робота двигуна на невстановлених режимах. Корозійне зношування, у сучасних автомобілях завдяки введенню нирезистових вставок, покращенню якості палив, масел та іншим заходам значно знижено .

2. Найбільш доцільний шлях підвищення зносостійкості циліндрів

автомобільних двигунів з економічної точки зору полягає на даному етапі підвищення ефективності повітряних, масляних і паливних фільтрів, а також ретельному ущільненні всіх місць можливого проникнення пилу в двигун.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Заходи, які забезпечують створення оптимальних метрологічних умов на ремонтній дільниці

Виробнича площа ремонтної дільниці складає 625 м^2 , що утворює об'єм будівлі 4500 м^3 .

Число працюючих – 55 чоловік.

Згідно СН 245-79 на одного працюючого повинно приходиться 15 м^3 об'єму і $4,5 \text{ м}^2$ площі. Потреба в об'ємі 825 м^3 і площі 250 м^2 . Виходячи з розмірів проектної дільниці, вона повністю відповідає вимогам СН 245-79.

На ремонтній дільниці виникають фактори, які шкідливо впливають на організм людини.

Мікроклімат на дільниці визначається наступними параметрами:

- забрудненість повітря;
- температура повітря;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря на робочому місці.

Основною причиною забрудненості повітря на дільниці є пил, який утворюється в процесі обробки, а також аерозоль від змащувально-охолоджувальних матеріалів під час процесу різання.

Згідно норм, на виробничій дільниці гранично допустима концентрація пилу складає до 6 мг/м^3 .

Для усунення вищезгаданих недоліків і виконання норм гранично допустимих концентрацій на верстатах, встановлено місцеву витяжну вентиляцію, яка в процесі механічної обробки витягує пил і аерозоль з зони різання і подає повітровідводами в спеціальні циклони.

Великий вплив на організм людини несе температура і вологість середовища, в якому працює робітник. Температура і вологість повітря повинні відповідати параметрам (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Температура і вологість повітря в цеху

Період року	Категорія робіт	Температура t, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря V, м/с
Холодний і перехідний	Легка – 1	20-23	40-60	0,2
Теплий	Легка – 1	22-25	40-60	0,2

Щоб витримати вимоги, в виробничому приміщенні температура в теплий період підтримується за рахунок витяжно-приточної вентиляції. В холодний і перехідний періоди температура в цеху підвищується за рахунок опалення приміщення, для чого застосовується теплові нагнітаючі калорифери, а в адміністративно-побутовому корпусі – парове опалення. На в'їзних воротах корпусу для усунення протягу встановлена теплова завіса, яка працює методом перехрещення двох теплових потоків, що не дозволяє холодному повітрю проникнути в корпус.

В виробничому корпусі в кожному цеху передбачено місце для куріння і відпочинку, де встановлено автомат з питною водою або питним фонтаном.

Туалетне приміщення розміщене по нормам так, щоб найдалше робоче місце було не більше ніж 100 м. Кількість унітазів, які встановлені в туалетах, складає 1 на 15 працюючих.

Гардеробні приміщення розміщені в адміністративно-побутовому корпусі і розраховані з норми 0,2 м² на 1 працюючого.

Умивальники розміщені поряд з гардеробом, душові – в суміжному приміщенні. Кількість кранів на умивальниках розраховано з норм 1 кран на 10 чоловік і 1 душ на 7 чоловік.

5.2 Розрахунок природного освітлення для ремонтної дільниці

Правильно спроектоване і раціональне виконане освітлення виробничих приміщень дає позитивну психологічну дію на працівників, сприяє підвищенню

якості продукції і продуктивності праці, забезпеченню їх безпеки, зменшенню втому і травматизм на виробництві, зберігає високу працездатність в процесі роботи.

Освітлення характеризується наступними основними показниками:

- світловий потік Φ – частина променевого потоку, яка сприймається людиною як світло (люмен, лм);
- освітленість E – відношення світлового потоку Φ , який рівномірно падає на освітлювальну поверхню, до площі поверхні S (м²):

$$E = \frac{\Phi}{S}, \text{ лк}$$

- KEO – коефіцієнт природного освітлення – це відношення освітленості E_{en} в даній точці приміщення до одночасної зовнішньої горизонтальної освітленості E_z , яка створюється розсіяним світлом усього небосхилу – KEO (%) , визначається за формулою:

$$KEO = \frac{E_{en}}{E_z} \cdot 100, \%$$

- коефіцієнт пульсації освітлення K_n – критерій глибини коливань освітленості в результаті зміни в часі світлового потоку, визначається за формулою:

$$K_n = \frac{100(E_{\max} - E_{\min})}{2 \cdot E_{cp}}, \%$$

де $E_{\max}$, $E_{\min}$, E_{cp} – максимальне, мінімальне і середнє значення освітленості за період коливань;

- I – сила світла – відношення світлового потоку Φ до тілесного кута ω , в границях якого світловий потік рівномірно розподіляється:

$$I = \frac{\Phi}{\omega}, \text{ кд}$$

- B – яскравість поверхні під кутом α до нормалі – це відношення сили світла I випромінюваної поверхнею в цьому напрямку до площі S проекції поверхні, яка світиться на площину, перпендикулярну до цього напрямку:

$$B = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}, \text{ кд/м}^2$$

- p – коефіцієнт відбивання – здатність поверхні відбивати падаючий на неї світловий потік, характеризує фон:

$$p = \frac{\Phi_{\text{відб}}}{\Phi_{\text{пад}}}$$

Поверхня, на якій розглядається об'єкт розрізнення, в залежності від коефіцієнт відбивання, фон може бути світлим при $p > 0,4$, середнім при $p = 0,2 \dots 0,4$ і темним при $p < 0,2$.

Для створення світлового комфорту на машинобудівних підприємствах використовують природне освітлення, яке створюється прямими сонячними променями і розсіяним світлом небосхилу і змінюється в залежності від географічної широти, пори року і години доби, ступені хмарності.

Природне освітлення в приміщенні регламентується в залежності від характеристики зорової роботи, системи освітлення, фаху, контрасту об'єкту з фоном.

Для природного освітлення нормованим параметром є l_n який визначається з врахуванням характеру зорової роботи, системи освітлення, району розміщення, l_n слід розраховувати за формулою:

$$l_n = E \cdot m \cdot c,$$

де m – коефіцієнт світлового клімату;

c – коефіцієнт сонячності, визначається в залежності від орієнтації сторін світу.

Таблиця 5.2 – Норми освітленості і значення КЕО для деяких виробничих процесів.

Цех, дільниця, обладнання	Найменший розмір об'єкту розміщення	Конструкція об'єму з фоном	Характеристика фона
Заготівельні цехи	—	—	—
Ремонтно-механічні і інструментальні цехи	від 0,15 до 0,3	малий, середній, великий	світлий, середній, темний
Складальний цех великих виробів	від 0,5 до 1,0	малий	темний

Основною задачею світлотехнічних розрахунків для природного освітлення є визначення необхідної площі світлових проїомів.

Проводимо розрахунок. Проектна дільниця має верхнє природне освітлення.

$$100 \cdot \frac{S_{\phi}}{S_n} = \frac{l_n \cdot K_z \cdot \eta_{\phi}}{T_0 \cdot R_r \cdot K_{\phi}}, \quad (9.8)$$

де S_{ϕ} – площа світлових проїомів, м²;

S_n – площа підлоги приміщення, м²;

l_n – нормоване значення КЕО;

K_z – коефіцієнт запасу, $K_z = 1,4$;

η_{ϕ} – світлова характеристика вікон;

T_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$T_0 = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \cdot T_4 \cdot T_5, \quad (9.9)$$

де T_1 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в світлопроїомах, $T_1 = 0,8$;

T_2 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в світлопроїомах, $T_2 = 0,7$;

T_3 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, $T_3 = 0,8$;

T_4 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях,

$$T_4=1,0;$$

T_5 – коефіцієнт, який враховує підвищення (втрати) світла в захисній сітці,

$$\text{яка встановлюється під світильниками, } T_5 = 0,9;$$

R_r – коефіцієнт, який враховує підвищення КЕО при верхньому освітленні

$$\text{завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення, } R_r = 1,4;$$

η_ϕ – світлова характеристика світильника чи світлового пройому в площині

$$\text{покриття, } \eta_\phi = 3,8;$$

K_ϕ – коефіцієнт, який враховує тип світильника, $K_\phi = 1,2$.

Розрахунок коефіцієнта KEO при верхньому освітленні проводимо за формулою, використовуючи графоаналітичний метод Данилюка, який визначається при легкій суцільній хмарності, тобто при дифузному розповсюдженні світлового потоку:

$$E_p^e = [E_e + E_{cp} \cdot (R_r \cdot K_\phi - 1)] \frac{T_0}{K_3},$$

де E_e – геометричний KEO в розрахунковій точці при верхньому освітленні – визначаємо за графіками];

E_{cp} – середнє значення геометричного KEO при верхньому освітленні на лінії перетину умовної робочої поверхні і площини характерного вертикального розрізу приміщення.

$$E_{cp} = \frac{1}{N} (E_{e_1} + E_{e_2} + E_{e_3} + \dots + E_{e_N}),$$

де N – кількість розрахункових точок;

$E_{e_1}, E_{e_2}, E_{e_3}, \dots, E_{e_N}$ – геометричне KEO в розрахункових точках.

Геометричний коефіцієнт природного освітлення в будь-якій точці приміщення при вертикальному освітленні E_e визначається за формулою:

$$E_e = 0,01(n_3 \cdot n_3),$$

де $n_3 = 5$ – кількість проймів по графіку III, які проходять від неба в розрахункову точку через світлові пройоми при поздовжньому перерізі приміщення.

$$E_{e_1} = 0,01 \cdot 5 \cdot 60 = 3;$$

$$E_{e_2} = 0,01 \cdot 4 \cdot 75 = 3;$$

$$E_{e_3} = 0,01 \cdot 3 \cdot 90 = 2,7;$$

$$E_{cp} = \frac{1}{3}(3 + 3 + 2,7) = 2,9$$

Визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$T_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,403$$

Знаходимо площу світлових проїомів:

$$S_{\phi} = \frac{625 \cdot 2,9 \cdot 1,4 \cdot 3,8}{0,403 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 100} = 142,42 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу світлових проїомів $S_{\phi} = 142 \text{ м}^2$.

При площі проїому $1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2$ маємо 71 світловий проїом.

Контроль стану освітлення проводиться періодично не менше 1 рази на рік. Освітленість на робочих місцях перевіряється за допомогою фотоелектричних приладів.

Для вимірювання сили світла і яскравості застосовують фотометри. Строки чищення світильників і вікон залежать від запиленості приміщень. Для приміщень з незначним виділенням пилюки – 2 рази на рік, для приміщень із значним виділенням – від 4 до 12 разів на рік. Для зручності і безпеки очищення застосовують телескопічні драбини, підвісні люльки.

5.3 Шляхи та заходи підвищення стійкості об'єкту в екстремальних ситуаціях екстрогенного характеру

Одним з основних завдань цивільної оборони являється проведення міроприємств, направлених на підвищення стійкості об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій.

Під стійкістю роботи промислового підприємства розуміють його можливість в умовах надзвичайних ситуацій випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при отриманні слабких та середніх

руйнувань або порушенні зв'язків по кооперації і поставках відновлювати виробництво в мінімальний строк.

На стійкість роботи об'єктів впливають такі фактори, як надійність захисту працюючих від дії стихійних лих, аварій, катастроф, властивість інженерно-технічного комплексу об'єкту протистояти в певному степені руйнації, захищеність об'єкту від вторинних уражуючи факторів, надійність системи постачання об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, газом, водою), стійкість і неперервність управління виробництвом, підготовленість об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт і робіт по відновленню порушеного виробництва.

Перелічені фактори визначають собою основні, загальні для всіх об'єктів виробничої сфери шляхи підвищення стійкості роботи у військовий час і час надзвичайних ситуацій, а саме:

- забезпечення надійного захисту працюючих від уражуючи факторів надзвичайних ситуацій;
- захист основних виробничих фондів від уражуючи факторів, в тому числі і другорядних;
- підвищення надійності і оперативності управління виробництвом;
- забезпечення стійкості постачання всіма необхідними для випуску запланованого об'єму продукції елементами;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Захист працюючих від наслідків аварій – основна задача по підвищенню стійкості об'єкта. Працівники – це головна виробнича сила, і тому стійкість об'єкта визначається перш за все здатністю захистити та зберегти цю силу. Тому серед всіх задач по підвищенню стійкості роботи об'єктів виробничого фактору основною є задача завчасно прийняти заходи по забезпеченню захисту працівників та членів їх сімей.

Захист населення від наслідків аварій в сучасних умовах здійснюється трьома основними шляхами:

- захистити людей в захисних спорудах;

- проведення робітників і службовців та евакуацію їх сімей;
- використання засобів індивідуального захисту.

Сховища в захисних спорудах на даному підприємстві є найбільш ефективним засобом захисту виробничого персоналу працюючої зміни. Захисні споруди будуються на кожному об'єкті завчасно із розрахунку одночасного захисту найбільш багаточисельної працюючої зміни.

Захист працівників відпочиваючої зміни і членів їх сімей на підприємстві досягається евакуацією їх із зони можливих сильних руйнувань і розміщення поза зоною дії уражуючи факторів надзвичайних ситуацій, стихійних лих, аварій та катастроф.

Таким чином, надійним захистом виробничого персоналу на підприємстві від катастроф можна забезпечити тільки при поєднанні всіх трьох основних способів захисту з врахуванням конкретної ситуації. Слід також наголосити, що важливою умовою успішного вирішення задачі захисту людей є навчання їх правилам по сигналах цивільної оборони, використання способів та засобів захисту, діям в складі формування ЦО.

Цими міроприємствами на об'єкті займається штаб ЦО на підприємстві, який підпорядкований відділу головного інженера.

Захист засобів виробництва полягає у підвищенні опору будівель, споруд та конструкцій об'єкта дії знищуючих факторів атомного вибуху, захисту технологічного обладнання, засобів зв'язку і інших засобів, які складають матеріальну основу виробничого процесу.

Розглянемо окремо дію проникаючої радіації і електромагнітного імпульсу (ЕМІ) на матеріали і обладнання. Дія проникаючої радіації на матеріал і обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози радіації на електронне обладнання, в тому числі на електронно-обчислювальні машини і оптичні прилади та інше.

В матеріалах і компонентах електронної техніки при короткочасній дії проникаючої радіації виникають зворотні і остаточні (незворотні) зміни електричних параметрів. Тому для підвищення надійності роботи обладнання в умовах дії проникаючої радіації слід використовувати захисні екрани,

радіаційно-стійкі матеріали і деталі, використовувати спеціальні схеми, в яких передбачається блокування виникаючих надлишкових струмів і напруг або вимкнення схеми в момент дії імпульсу радіації.

Серед найбільш розповсюджених методів захисту електронної апаратури і великих розгалужень електротехнічних систем від дії електромагнітного імпульсу є:

- екранування;
- оптимальне просторове розміщення;
- заземлення окремих частин системи;
- використання пристроїв, що перешкоджають перенапрузі в найбільш критичних місцях та ін.

Підвищення надійності і оперативності управління виробництвом та цивільною обороною.

Управління складає основну діяльність керівництва йому підлеглими силами і органами. Надійність та оперативність управління досягається створенням на об'єкті стійкої системи управління, високого керуючого та командно-відповідаючого складу ЦО до виконання покладених функцій та обов'язків, своєчасного прийняття правильних рішень і виконання покладеної задачі підлеглими у відповідності із ситуацією, що склалася.

Забезпечення стійкого постачання підприємства.

Для виробництва продукції необхідні електроенергія, вода, паливо, сировина, матеріали та інші матеріально-технічні засоби. Забезпечення підприємства цими ресурсами багато в чому визначає можливість його функціонування в умовах надзвичайних ситуацій.

Це досягається проведенням таких міроприємств, які сприяють підвищенню непошкодженості комунально-енергетичних мереж, транспортних комунікацій та джерел постачання, необхідного захисту резервних запасів палива, сировини, напівфабрикатів, комплектуючих виробів та ін.

Підготовка до відновлення пошкодженого виробництва .

Підготовка здійснюється завчасно і передбачає планування відновлюваних робіт по декількох варіантах, підготовку ремонтних бригад,

створення необхідного запасу матеріалів і обладнання, надійності його захисту. Підвищення стійкості роботи підприємства у військовий час досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних засобів захисту від знищувачих факторів зброї масового ураження і створення умов для швидкої ліквідації наслідків нападу.

Інженерно-технічні заходи включають комплекс робіт, які забезпечують підвищення стійкості виробничих споруд, технологічного обладнання і комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи автоматичної дільниці шляхом зміни технологічного процесу. Що сприяє прискоренню виробництва продукції і виключає можливості утворення вторинних руйнуючих факторів.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного, командно-відповідального складу, штабу, служб формувань ЦО при захисті працівників підприємства, проведення рятувальних і невідкладних аварійно – відновлювальних робіт, відновлення виробництва.

З метою досягнення максимальних результатів в осередку даного ураження, організовують та безперервно ведуть усі види заходів. До визначення виду застосованих нападником бактеріальних засобів усі заходи організовуються в режимі захисту від особливо небезпечних інфекційних захворювань. Дані, які поступають від розвідки негайно використовують для найбільш ефективного застосування наявних сил і засобів, і проведення режимних заходів щодо ізоляції осередку комбінованого ураження від районів, що його оточують. Проводять екстрену профілактику особового складу формувань та уражених, евакуюють все населення із зон хімічного зараження на незаражену територію, яка знаходиться в межах зони карантину, проводять дегазацію, дезінфекцію, а при необхідності і дезактивацію шляхів евакуації, важливих ділянок території, споруд і транспорту, організовують і проводять санітарну обробку усіх видів зараження.

Головні зусилля спрямовуються на виявлення типу, концентрації та

напрямку розповсюдження хімічних отруйних речовин, радіоактивної хмари, способів застосування та встановлення збудників інфекційного захворювання, меж зон радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (біологічного) зараження.

На основі аналізу даних заходів начальник ЦО уточнює своє рішення і ставить завдання на проведення рятувальних робіт формуванням. В осередку комбінованого ураження в першу чергу визначають найбільш небезпечний уражаючий фактор, який несе найбільшу загрозу ураження, та вживають негайних заходів щодо відвернення або зниження до мінімуму його дії, а потім приступають до ліквідації наслідків дії усіх інших уражаючих факторів в обстановці, яка виникла. При організації проведення і **визначення** їх обсягу враховуються особливості, характерні лише для осередку комбінованого ураження. Особовий склад формувань обов'язково повинен використовувати засоби індивідуального і захисту органів дихання та шкіри, а також мати запасні протигази для одягання, на уражених.

Робота в засобах індивідуального захисту помітно знизить темпи. Допустимий час перебування в засобах захисту може бути досить коротким. Наприклад, при температурі повітря $+30^{\circ}\text{C}$ і вище тривалість перебування в осередку складає 15 хвилин, при $t = +25\text{—}29^{\circ}\text{C}$ — 30 хв; при $+20\text{—}24^{\circ}\text{C}$ — 48 хв; при $+15\text{—}19^{\circ}\text{C}$ — 2 години; при $+15^{\circ}\text{C}$ та нижче — 3 години. Значне скорочення тривалості роботи змін в осередку комбінованого ураження і залучення значної кількості сил для проведення дезінфікації і дератизації, а при необхідності і дезактивації території, споруд, обладнання, транспорту. Проведення санітарної обробки людей потребує збільшення чисельності формувань.

Наявність травмованих одночасно кількома уражаючими факторами дуже ускладнює надання їм медичної допомоги й транспортування в лікувальні заклади. Тому виконання своїх завдань в осередку комбінованого ураження формування здійснюють з урахуванням цих особливостей. Населення залежно від виду і важкості ураження — радіоактивного, хімічного чи біологічного — підлягає медичному сортуванню (ділиться на групи й потоки), що виключає

розповсюдження зараження при наданні медичної допомоги.

Установлюється жорсткий контроль за виконанням робіт із знезараження маршрутів евакуації, території, майна, техніки; проведенням протиепідемічних, спеціальних профілактичних та санітарно-гігієнічних заходів; дотримуванням заходів безпеки, а також за своєчасною зміною формувань. Зміна формувань проводиться при суворому дотриманні режимних заходів. Замінені формування виводяться в райони, призначені старшим начальником, де проводять їх спеціальну обробку (у межах зони карантину або обсервації).

ВИСНОВКИ

Мета магістерської кваліфікаційної роботи - підвищення продуктивності та якості робіт по відновленню поршнів двигуна внутрішнього згоряння автомобілів DAEWOO Novus.

При реалізації базового технологічного процесу ремонтного зварювання із застосування дугового зварювання електродом який не плавиться, призводить до появи значної кількості дефектів та додаткових витрат часу на їх усунення. При аналізі основних способів зварювання були розглянуті процеси зварювання покритим електродом, механізоване зварювання дротом суцільного перерізу, зварювання електродом який не плавиться в інертному газі, зварювання трифазною дугою.

Для реалізації поставленої мети і вирішення поставлених задач проведено комплекс конструкторсько-технологічних робіт. Розроблено технологічний процес ремонтного зварювання з використанням в якості джерела тепла енергії трифазної дуги. Підібрано необхідне обладнання, устаткування, робочі інструменти та матеріали. Розраховано та вибрано по довідникових таблицях основні параметри технологічного процесу для виконання ремонтного.

Проаналізовано основні фактори, які впливають на зносостійкість поверхонь тертя гільз циліндрів автомобільних двигунів. Одержано експериментальні дані по впливу силових параметрів навантаження, умов мащення, наявності абразиву на основні трибо технічні показники деталей циліндро-поршневої групи.

Небезпечних і шкідливих виробничих факторів, поява яких можлива при впровадженні проектної технології у виробництво. Проведено аналіз можливості та заходів щодо усунення та зменшення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. 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.
3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
- 4 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 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. Gypka, A., et al. The patterns of changes in the degree of lubrication of the crankshaft bearings of car engines depending on the parameters of the load-speed modes of operation. Problems of Tribology, 2024, 29.3/113: 72-78.
7. Aulin, Victor, et al. Tribodiagnosis of the surface damage of tribo-coupling parts materials during machine operation. Procedia Structural Integrity, 2024, 59: 428-435.
8. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
9. 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.

10. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. *сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2(21), 135-144.