

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра


Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

на тему: «Розробка технології і дільниці відновлення блоків циліндрів з  
алюмінієвих сплавів»

Шифр: ДРБАТ 24.21159.000. ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група МТВАс-21  С.А. Гончар

Керівник  д.т.н., проф. О.В. Диха

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.  
5 06 2024\_р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр  
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»  
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»  
Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ  
Диха О.В.  
"10" квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Гончар Сергію Анатолійовичу

1. Тема проекту:  
«Розробка технології і дільниці відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів»

керівник проекту: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту:

- 1) Дані про умови експлуатації циліндро-поршневої групи ДВЗ
- 2) Технічні умови на показники якості циліндрових вставок ДВЗ
- 3) Нормативно – технологічна документація по способам відновлення і ремонту деталей ЦПГ
- 4) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Обґрунтування актуальності впровадження технології відновлення блоків циліндрів
2. Огляд літературних джерел та патентно-інформаційних матеріалів щодо особливостей зношування і відновлення гільз блоків циліндрів
3. Дослідження технології відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів встановленням ремонтних чавунних гільз
4. Розробка пристроїв для захоплення і випресування гільз з блоків циліндрів
5. Організаційні заходи із забезпечення експлуатації технологічного і експериментального устаткування

### 5. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 10 квітня 2024р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Приміт
1	Обґрунтування актуальності впровадження технології відновлення блоків циліндрів	1.05.2024	
2	Огляд літературних джерел та патентно-інформаційних матеріалів щодо особливостей зношування і відновлення гільз блоків циліндрів	15.05.2024	
3	Дослідження технології відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів встановленням ремонтних чавунних гільз	25.05.2024	
4	Розробка пристроїв для захоплення і випресування гільз з блоків циліндрів	5.06.2024	
5	Організаційні заходи із забезпечення експлуатації технологічного і експериментального устаткування	10.06.2024	
6	Оформлення презентаційних матеріалів	10.06.2024	

Студент

 Гончар С.А.

Керівник роботи

 Диха О.В.

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 84 сторінок, кількість рисунків - 34, таблиць - 7, додатків - 1, кількість джерел згідно із переліком посилань - 19.

Студент гр. МТВАс-21-2 Гончар С.А.

Тема «Розробка технології і дільниці відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів»

Технологія відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз все частіше застосовується в ремонтній практиці, але її широке поширення стримується відсутністю обґрунтованих рекомендацій щодо вибору значень технологічних параметрів з'єднання «гільза-блок циліндрів»

Мета роботи полягала в удосконаленні технології відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз.





Для досягнення поставленої мети необхідно вирішувались такі задачі:

1. Проведена оцінка технічного стану циліндрів, що надходять в ремонт блоків.
2. Обґрунтований вибір значень технологічних параметрів з'єднання «гільза-блок циліндрів» з умов теплопередачі і монтажних деформацій циліндрів.
3. Визначений вплив технологічних параметрів з'єднання «гільза-блок циліндрів» на умови теплопередачі.
4. Визначений вплив технологічних параметрів з'єднання «гільза-блок циліндрів» на монтажні деформації циліндрів.
5. Розроблені технологічні параметри з'єднання «гільза-блок циліндрів» при відновленні блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз.

**Перелік ключових слів:** двигун внутрішнього згорання, блок та гільза циліндрів, відновлення, умови теплопередачі, технологічні параметри

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ.....	7
1.1. Загальні відомості про об'єкт дослідження.....	7
1.2. Принципи вибору методу відновлення деталі.....	12
1.3. Обґрунтування теми та формування задачі дипломної роботи.....	15
2. ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗНОШУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ.....	17
2.1. Дефекти, які властиві гільзам блоків циліндрів.....	17
2.2. Відновлення та ремонт гільз і блоків циліндрів.....	29
3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ З СПЛАВІВ АЛЮМІНІЮ.....	35
3.1. Теоретичні дослідження.....	35
3.2. Методика досліджень основана на експерименті.....	40
3.3. Результати експериментальних досліджень.....	44

ДРБМТВА 24. 21159.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Розроб. Гончар С.А.		
		Перевір. Диха		
		Н.контр. Бабак		
		Затвер. Диха		
Розробка технології і дільниці відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів			Літ.	Аркуш
			79	4
ХНУ, гр. МТВАс-21-2				

4. РОЗРОБКА РІЗНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАХОПЛЕННЯ І  
ВИПРЕСОВУВАННЯ ГІЛЬЗ З БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ.....51

4.1. Обґрунтування необхідності розробки.....51

4.2. Вимоги, що ставляться до розробки.....52

4.3. Будова і принцип роботи пристроїв для захоплення і  
випресовування гільз з блоків циліндрів.....52

5. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ ІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
УСТАТКУВАННЯ.....61

ВИСНОВКИ.....75

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....77

Додаток.....79

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24. 21159.000.ПЗ

Ст.

5

## ВСТУП

Автотехніка широко використовується у різних сферах виробництва. Щоб забезпечити надійну роботу, автомобільна техніка потребує своєчасного технічного обслуговування і ремонту.

На сучасних легких комерційних автомобілях, вироблених в Україні та за кордоном, все частіше використовуються двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) з алюмінієвими блоками циліндрів. Деякі виробники надають можливість відновлення зношених циліндрових поверхонь, а інші - ні. Ремонт блоків циліндрів дозволяє не лише відновити роботу ДВЗ, а й використовувати його додаткові ресурси, що призводить до економії матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів.

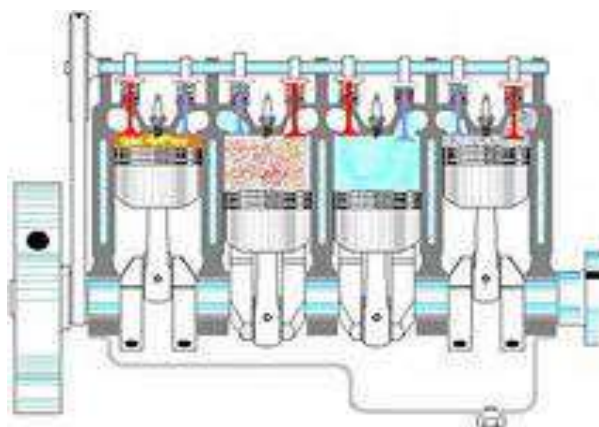
Технологія відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів шляхом встановлення ремонтних чавунних гільз все частіше застосовується у ремонтній практиці. Проте її поширення обмежується відсутністю обґрунтованих рекомендацій щодо вибору оптимальних значень технологічних параметрів для з'єднання "гільза-блок циліндрів".

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ

## 1.1 Загальні відомості про об'єкт дослідження

Блок циліндрів є серцевиною будь-якого двигуна, де відбувається процес отримання та перетворення енергії для приведення в рух автомобіля.



Блок циліндрів двигуна є монолітною деталлю з визначеною кількістю циліндрів і може мати рядове або V-подібне виконання з різним кутом розвалу. Крім того, в блоку циліндрів відлиті спеціальні приливи для установки колінчастого вала, а також канали для охолоджуючої рідини і циркуляції масла.

Обробка ліжок колінчастого вала в блоку циліндрів двигуна проводиться з повним затисненням корінних кришок за допомогою спеціальної фрези за один захід. Після цього кожна корінна кришка позначається за місцем кріплення, щоб уникнути помилок при збиранні. Важливо дотримуватися правильної маркування, оскільки неправильна перестановка може призвести до проблем з колінчастим валом.

Зверху на блок циліндрів кріпиться головка блоку двигуна, а знизу - піддон картера, утворюючи єдиний механізм двигуна. До блоку також

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7

кріпиться коробка передач і різне навісне обладнання, таке як генератор, стартер, карбюратор або інжектор, а також різні приводи і системи.

Блок може об'єднувати в собі від 2 до 16 циліндрів, і об'єм двигуна дорівнює сумі об'ємів всіх окремих циліндрів. У кожному циліндрі знаходиться поршень, який через шатун зв'язаний з колінчастим валом. Після подачі паливної суміші в камеру згоряння вона підпалюється і відбувається вибухове займання палива, яке штовхає поршень вниз по стінках циліндра.



Поршень через шатун з'єднується з колінчастим валом, передаючи зусилля на його шийку, яка є кривошипом, та змушуючи його обертатися навколо своєї осі. В результаті енергія, вироблена в циліндрах блоку, перетворюється в енергію обертання колінчастого вала. Через трансмісію це обертання передається на колеса автомобіля, що приводить його в рух.

У момент згоряння палива стінки циліндрів блоку відчувають великі навантаження від високої температури та тиску газів. Тому особлива увага приділяється матеріалам стінок циліндрів.

Блок циліндрів двигуна може бути виготовлений з чавуну, алюмінію або, в рідкісних випадках, з магнію, із різними добавками.

Чавунний блок надійний і витримує великі навантаження, але важкий.

Алюмінієвий блок легкий, але має проблеми зі стійкістю стінок циліндрів. Щоб запобігти зносу, в перших блоках з алюмінієвого сплаву встановлювалися "мокрі" гільзи, омивані охолоджуючою рідиною, що циркулює по сорочці охолодження блоку.

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8



Подібна конструкція алюмінієвих двигунів використовувалася в автомобільній промисловості протягом тривалого часу, пропонуючи легкий ремонт блоку циліндрів. Заміна комплекту гільз у блоці була вичерпною процедурою.

Проте, ця конструкція мала свої недоліки. Блок не мав достатньої жорсткості, що ускладнювало форсування і збільшувало чутливість до перегріву. Крім того, одним з недоліків алюмінієвих блоків була проблема з кріпленням головки блоку циліндрів: шпильки, які використовувалися для її фіксації, легко можна було пошкодити або витягти з блоку при надмірному зусиллі.

Гільза блоку циліндрів, разом із поршнем, кільцями та камерою згоряння, утворює обсяг, де відбуваються всі робочі процеси двигуна. Стінка циліндрів разом з поршневыми кільцями створює пару ковзання і тому потребує особливо уважної обробки.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ				9



Гільза блоку циліндрів має володіти жорсткістю, міцністю і високою зносостійкістю, забезпечуючи при цьому мінімальні втрати на тертя та опір при зіткненні з поверхнею циліндра.

Конструкція гільзи повинна забезпечувати надійне ущільнення в місцях стику з блоком циліндрів та головкою блоку. Гільза блоку циліндрів може бути самостійною одиницею двигуна (у випадку гільз двигунів повітряного охолодження або "мокрих" гільз), або вона може бути виготовлена за ремонтною технологією, де циліндри відлиті разом з блоком картера. Найпоширенішими в автомобільних двигунах є гільзи з чавуну.

Загалом, гільзи конструктивно поділяються на три основні групи:

- "Сухі" гільзи;
- "Мокры" гільзи;
- Гільзи у двигунах з повітряним охолодженням.



«Сухі» гільзи.

«Сухими» гільзами називають гільзи, які не мають контакту з охолоджувальною рідиною. Наприклад, деякі моделі моторів Volkswagen, Audi, Volvo, Land Rover, Honda та інших виробників використовують "сухі" гільзи в блоках циліндрів з алюмінію, що допомагає зменшити вагу та підвищити ресурс і ремонтпридатність двигуна.

Використання "сухих" гільз особливо корисне при капітальному ремонті двигунів, де блок циліндрів має кілька ремонтних расточок. Їхнє використання дозволяє уникнути заміни блока циліндрів навіть після останнього розточування. Для цього існують спеціальні заготовки гільз із запасом по зовнішньому діаметру і довжині, що дозволяє їх запресувати в блок циліндрів після відповідної обробки. Гільзи в таких випадках можуть мати верхній або нижній бурти для фіксації або взагалі бути без буртів, але вони запресовуються з великим натягом.

"Мокрі" гільзи знаходяться в сорочці охолодження та стикаються з охолоджувальною рідиною. Вони забезпечують краще відведення тепла, але картер двигуна з "мокрими" гільзами має меншу стійкість. Завдяки високій ремонтпридатності такі гільзи широко застосовуються в тракторних і вантажних двигунах.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

"Мокрі" гільзи, які випускаються, не потребують обробки і можуть бути встановлені на місці старих без необхідності видалення двигуна. Для запобігання протіканню рідини і витoku охолоджуючої рідини такі гільзи зазвичай мають ущільнювальні кільця або прокладки. Більшість сучасних комерційних автомобілів оснащені двигунами з "мокрими" гільзами.

У двигунах з повітряним охолодженням гільзи циліндрів мають ребра для охолодження повітряним потоком. Циліндри кріпляться до картера за допомогою шпилек або несучих шпилек, які проходять через отвори в ребрах циліндрів або короткими шпильками через опорний фланець.

Гільза блоку циліндрів може бути виготовлена з одного металу з ребрами охолодження (монометалічні), або з двох металів (біметалічні). Зазвичай це чавун при монометалевих циліндрах, або сталь або чавун з ребрами охолодження, залитими алюмінієм.

## 1.2. Принципи вибору методу відновлення деталі

Вибір способу відновлення деталей є важливим етапом ремонтних робіт. Різноманіття методів відновлення дозволяє виправляти однакові дефекти різними способами, проте якість і вартість ремонту також можуть суттєво відрізнятись. Тому для оптимального відновлення деталей вибирають такий метод, який забезпечить максимальний ресурс і мінімальні витрати праці й матеріалів. Цей підхід відомий як раціональний або оптимальний вибір. При виборі раціонального методу враховують технологічні і економічні фактори.

Критерій застосовності визначає, які методи можна використовувати для відновлення конкретної деталі. Наприклад, деякі дрібні деталі, які не можна відновити дуговим або автоматичним зварюванням, можна успішно відновити електrolітичними методами або металізацією.

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12





виправлення окремих дефектів, не враховуючи можливості використання однакових методів для всіх дефектів.

Можливо, для однієї деталі різні дефекти будуть виправлені різними методами: наприклад, різьбу можна відновити шляхом нарізання нової (меншого розміру), або наплавленням нової гайки; шліци можна відновити шляхом ручного наплавлення тощо. При такому підході важко контролювати якість виправлення кожного дефекту, і така технологія ремонту може бути менш ефективною.

Маршрутний підхід до ремонту деталей застосовується на великих підприємствах з великим обсягом робіт. Технологічний процес відновлення розробляється для групи найпоширеніших дефектів однієї деталі або для групи схожих деталей з однаковими дефектами. Кожна група (або комбінація) дефектів має власний раціональний технологічний процес — маршрут відновлення.

Під час ідентифікації дефектів контролер наносить номер маршруту на деталі фарбою. Для кожного маршруту складається маршрутна карта, в якій зазначається послідовність технологічних операцій для усунення кожного дефекту за відповідним маршрутом. Ремонт деталей за маршрутною технологією зменшує трудові витрати завдяки скороченню часу на допоміжні та підготовчо-завершальні процеси, підвищує якість відновлення деталей і забезпечує більш ритмічну роботу підприємства.

### **1.3. Обґрунтування теми та формування задачі дипломної роботи**

Аналіз конструкцій сучасних ДВЗ показує, що все більш поширеними стають автомобільні двигуни, блоки циліндрів яких виготовлені з алюмінієвих сплавів. Особливе виконання окремих елементів блоків, зокрема циліндрів і поверхні прилягання до голівки блоку циліндрів, визначає причини виходу з ладу ДВЗ і характер пошкоджень деталей.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ				15



## 2. ОГЛЯД МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗНОШУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЗ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ

### 2.1. Дефекти, які властиві гільзам блоків циліндрів

Як відомо, блок циліндрів двигуна є основою будь-якого ДВЗ. Фактично, блок представляє собою об'ємну деталь, всередині якої розміщуються різні вузли і механізми (поршні і кільця, а також гільзи циліндрів, колінчастий вал, шатуни і т.д.). Також на блок циліндрів через прокладку встановлюється головка блоку циліндрів, яка є «продовженням» блоку. У головці блоку циліндрів знаходиться ГРМ. При цьому як вузли усередині блоку, так і в головці блоку циліндрів піддаються значним механічним і температурним навантаженням під час роботи двигуна. Тож не дивно, що пошкодження блоку циліндрів не тільки порушують працездатність, а й можуть вивести з ладу силовий агрегат. З цієї причини відновлення блоку і його ремонт повинен бути виконаний якісно і своєчасно. Існують два види блоків циліндрів:

- чавунні блоки циліндрів (рис. 2.1);
- блоки з алюмінієвих сплавів (рис. 2.2).

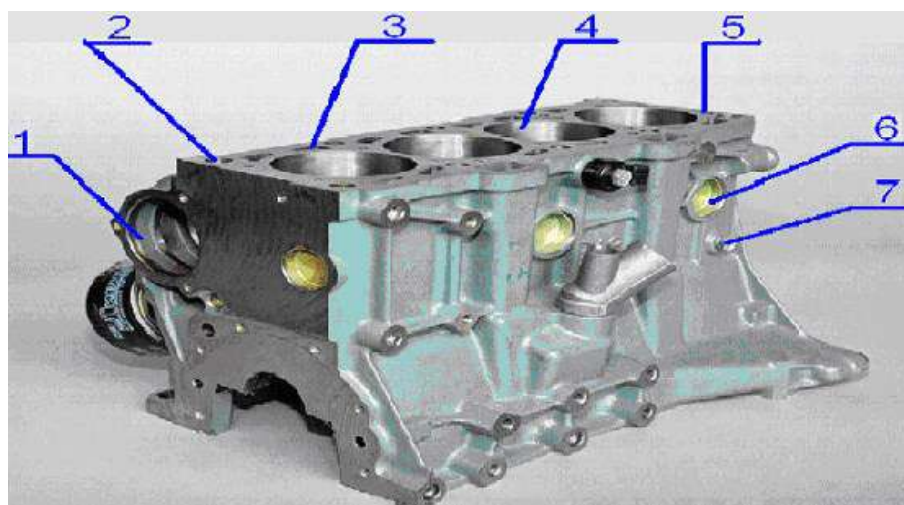


Рис. 2.1. Блок циліндрів з чавуну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рис. 2.2. Блок циліндрів з алюмінію

Зазвичай, блоки з чавуну додатково зміцнені за допомогою графіту, а полегшені вироби з алюмінію здебільшого здійснюють гільзування (в блок вставляється гільза з чавуну). Також існують алюмінієві блоки циліндрів без гільз. До складу сплаву включений кремній, що значно зміцнює блок. Щодо гільзованих блоків, гільзи можуть бути «мокрими» і «сухими» (рис. 2.3). У першому випадку охолоджуюча рідина безпосередньо контактує з гільзою, тоді як у другому гільза щільно запресована в тіло блоку під час виготовлення.

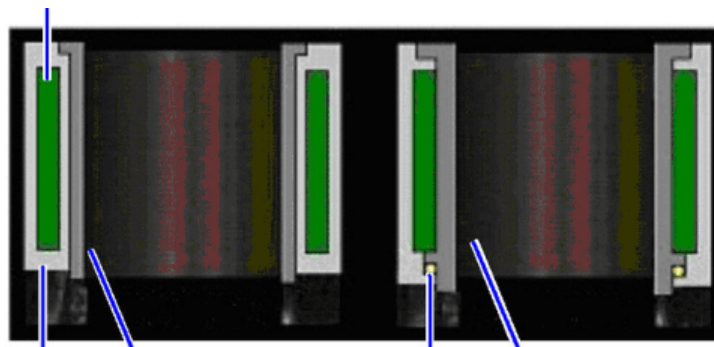


Рис. 2.3. Сухі і мокрі гільзи циліндрів

Так чи інакше, кожне рішення має свої переваги і недоліки, а також в процесі експлуатації виникають різні пошкодження і дефекти блоку циліндрів або гільз блоку (в залежності від типу БЦ).

Основні ушкодження гільз циліндрів наступні.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата





Рис. 2.5. Відламаний буртик гільзи

У цьому випадку весь буртик гільзи циліндра повністю відірваний. Тріщина буртика починається в поглибленні нижньої кромки та проходить під кутом близько  $30^\circ$  вгору.

Такі пошкодження спричинені згинаючими моментами, що виникають при неякісній зборці (забруднення та дефекти форми). Причини, які призводять до таких поломок, різноманітні. У більшості випадків буртик гільзи циліндра віджимається вже при затягуванні головки блоку циліндрів. У нових поколіннях двигунів для вантажних автомобілів з системою впорскування "насос-форсунка" або "загальний паливопровід високого тиску" навантаження на блок двигуна зростає в зв'язку з більш високим тиском горіння.

У зв'язку з конструктивним використанням у таких типах дуже міцних сталевих ущільнень головки блоку циліндрів, після великого пробігу може виникнути перекіс блок-картера в зоні опори буртика гільзи. Деформацію опорної поверхні неможливо виявити чисто візуально без допоміжних засобів. Простим методом контролю перекосу є використання туші. Туш наноситься тонким шаром на опорну поверхню буртика гільзи на блок-картері. Після



Це може призвести до хиткого руху гільзи під час роботи двигуна через хиткий рух поршня. Постійні зусилля можуть призвести до відламування буртика гільзи. Якщо потрібно доопрацювати опору буртика гільзи під час ремонту двигуна, можна використовувати або компенсаційні шайби зі сталі, або гільзи більших розмірів, щоб забезпечити необхідний виступ гільзи відносно поверхні циліндра. Обрання гільз більших розмірів перед використанням компенсаційних шайб має перевагу з технічної точки зору, оскільки це забезпечує більшу стабільність.

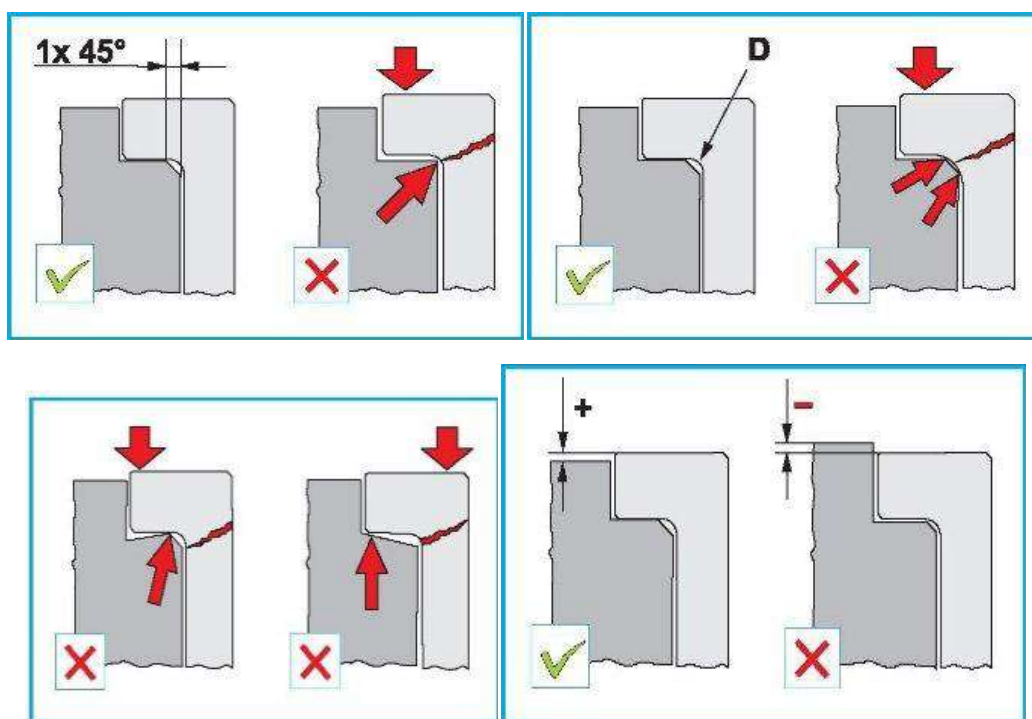


Рис. 2.7. Основні дефекти посадки буртика гільзи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кавітація гільз циліндра (див. рис. 2.8). У мокрих гільзах циліндра, особливо в зоні контакту з водяною сорочкою, може спостерігатися виражена кавітація, що може призвести до утворення дірок у внутрішній порожнині циліндра. Кавітація переважно виникає в площині гойдання поршня (як на навантаженій, так і на ненавантаженій стороні) і спричиняється вібраціями стінки циліндра. Високочастотні вібрації зумовлені тиском горіння, боковими силами поршня та його переміщенням у верхній і нижній мертві точки. Якщо охолоджувальна рідина не може далі поглиблювати вібрації стінки циліндра, вона тимчасово відступає від гільзи циліндра. В утворених зонах розрядження утворюються бульбашки пари, які при руху стінки циліндра у зворотному напрямку руйнуються (імплодують) з надзвичайно великою швидкістю. Рідина, витіснута бульбашками під час імплузії, ударяє в стінку циліндра. Це призводить до видалення найдрібніших часток матеріалу з поверхні циліндра. Поступово це може призвести до утворення (знесення) справжніх дірок. Характерна риса кавітації полягає в тому, що дірки розширюються всередину (див. рис. 2.8), утворюючи порожнини в матеріалі, що послужило основою для назви цього явища.



Рис. 2.8. Кавітації на гільзах циліндра

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Можливі причини пошкодження включають:

- недотримання правильного зазору поршня, особливо при повторній установці вже використаних поршнів або використанні циліндрів з надмірними розмірами;
- низька якість або неточна установка гільзи в корпус;
- відсутність рекомендованого присадку для захисту від замерзання та корозії, або неправильне співвідношення суміші. Присадка для захисту від корозії містить інгібітори, які запобігають утворенню піни, проте з часом втрачають ефективність і потребують заміни кожні два роки;
- використання непридатних охолоджуючих рідин, таких як солоня вода (морська вода) або рідини із вмістом кислоти або інших агресивних речовин;
- недостатній надлишковий тиск у системі охолодження, який може бути викликаний дефектною кришкою радіатора (недоліком герметизації через дефектний запобіжний клапан) або утворенням утворень у системі охолодження. Правильний надлишковий тиск у системі охолодження збільшує температуру кипіння охолоджуючої рідини, що перешкоджає утворенню пухирців;
- занадто низька робоча температура двигуна, яка може виникнути у випадку, якщо термостат не досягає звичної робочої температури або через дефекти. Це також може сприяти утворенню пухирців у системі охолодження через недостатнє теплове розширення охолоджуючої рідини. Недостатня робоча температура може також призвести до недостатнього теплового розширення поршнів, що може сприяти утворенню пухирців і, відповідно, кавітації.

Порожнини циліндра виявляють ознаки нерівномірного зносу, що проявляється у вигляді окремих блискучих полірованих ділянок (рис. 2.9). Поршень не має слідів зносу або областей стирання. Двигун спостерігає витікання масла у точках контакту, зокрема на радіальних ущільнювачах кільця для вала. На рисунку 2.9 видно чіткі ознаки корозії на зовнішньому

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ				24

периметрі гільзи, що після встановлення в циліндр викликало деформацію циліндричної форми.



Рис. 2.9. Нерівномірний знос циліндра

Нерівномірний дзеркальний зовнішній вигляд поверхні ковзання на робочих поверхнях циліндра завжди свідчить про перекоєс циліндра. Занадто мокрі або сухі гільзи циліндрів можуть бути перекоєшені вже безпосередньо після складання. Поршневі кільця не можуть достатньо герметизувати перекоєс циліндра ні щодо масла, ні щодо газів спалювання. Масло проходить повз поршневі кільця, потрапляє в камеру згоряння і спалюється. У результаті газів спалювання, які просочуються великим обсягом повз поршень, підвищується тиск в блок-картері. Це додатковий тиск призводить до втрати масла в різних місцях стику двигуна, зокрема на радіальних ущільнювачах кільця для вала. Крім того, масло може просочуватися у впускний і випускний колектори через направляючі клапана, всмоктуються двигуном і спалюються або викидаються.

Можливі причини пошкодження:

- Нерівномірна або неправильна затяжка болтів головки блоку циліндрів.



то в подальшій експлуатації можуть виникнути проблеми, пов'язані з перекосами.

Робоча поверхня циліндра у верхній частині має металеві місця з глянцеvim блиском, на яких вже відсутня хонінгувальна структура. Сам поршень не має помітних слідів зносу. Двигун показує збільшену витрату масла.

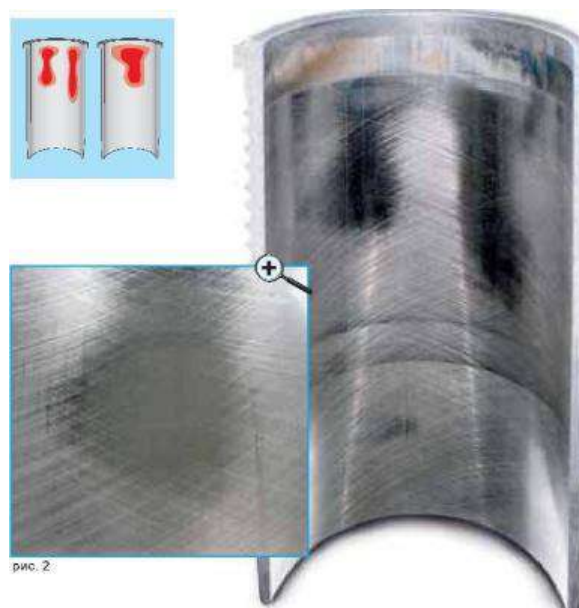


Рис. 2.10. Блискучі місця у верхній зоні

Такі види зносу з'являються тоді, коли під час експлуатації на гарячому поясі поршня утворюється твердий масляний нальот в результаті незгорілого масла і залишків горіння (рис. 2.10). Цей нальот має абразивний ефект і призводить до збільшеного зносу у верхній частині циліндра від руху поршня вгору і вниз, а також від перекладки. Підвищена витрата масла не зумовлена самими місцями блиску, оскільки циліндр залишає свою круглу форму в результаті полірування, і поршневі кільця можуть продовжувати свою функцію ущільнення. Мастило циліндра також не зменшується значно, оскільки незважаючи на втрату хонінгувальної структури, на поверхні циліндра залишається достатня кількість масла. При оцінці такого

пошкодження важливо, що місця блиску з'явилися лише в тих місцях циліндра, які контактують з гарячим поясом з масляним нальотом. Якщо місця блиску спостерігаються і в інших місцях, які не мають контакту з гарячим поясом, це може бути ознакою перекосу циліндра, переповнення паливом або забруднення.

Можливі причини пошкодження: • попадання надмірної кількості моторного масла в камеру згоряння через дефекти турбонагнітача, неправильне функціонування системи вентиляції двигуна, дефекти ущільнень валиків клапанів і т. д.; • високий тиск у блок-картері через значну кількість газів, які потрапляють у картер з камери згоряння, або через несправність клапана вентиляції картера; • недостатня обробка циліндра, що призводить до збільшеного виходу масла в камеру згоряння; • використання неприпустимих моторних масел або масел низької якості. Тріщина гільзи через гідравлічний удар (рис. 2.11).



рис. 1



Рис. 2.11. Тріщина гільзи в наслідок гідравлічного удару

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Гільза має значну тріщину у верхній зоні і задирання на робочій поверхні (рис. 2.11). Відповідний поршень також має задирання на стороні під тиском і на ненавантаженій стороні. У днищі поршня у тій зоні, де є задирання на шийці, з'явилося вглиблення (рис. 2.11).

Циліндр валиться через вплив гідравлічних ударів. Високий тиск рідини розірвав гільзу і спричинив утворення вглиблення у днищі поршня. Це призвело до того, що матеріал поршня видавився назовні, що призвело до різкого зменшення зазору в цій зоні і до задирання на обох сторонах поршня і на гільзі.

Неможливо однозначно встановити, чи сталася гідравлічний удар під час роботи двигуна чи під час його запуску.

Можливі причини пошкодження: • ненавмисне потрапляння води при проходженні через водойми, калюжі або знижені ділянки або через бризки води від автомобілів, що рухаються попереду або поруч; • потрапляння води в циліндр під час неробочого стану двигуна через недоліки у герметизації головки циліндра або тріщин у конструкційних елементах; • потрапляння палива в циліндр під час неробочого стану двигуна через несправності форсунок. Залишковий тиск у системі впорскування приводить до потрапляння палива через нещільні форсунки в циліндр. У цих і аналогічних ситуаціях при запуску виникають описані ушкодження.

## 2.2. Відновлення та ремонт гільз і блоків циліндрів

Блок вважається непридатним при тріщинах і обломках у гніздах під корінні підшипники, в отворах для втулок розподільного вала, в масляних каналах і місцях, недоступних для ремонту, а також у випадках, коли:

- є більше двох тріщин між отворами циліндрів (гільз) або клапанних гнізд;

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- є більше ніж чотири тріщини в водяних сорочках або більше двох тріщин, які входять на оброблені поверхні;
- є зломи одного чи більше гнізд під ущільнювальні кільця гільз циліндрів розміром більше 1/3 периметра.

Ремонт блоку циліндрів, зокрема тріщин, зломів і пробоїн, може включати:

- зварювання електродуговим або газовим методом (рис. 2.12);
- накладання латок і закріплення їх болтами і зварюванням;
- накладання латок з використанням полімерних матеріалів на основі епоксидних смол.

Тріщини в місцях, де навантаження невеликі, можуть бути закриті штифтами або ущільнювальними фігурними вставками.



Рис. 2.12. Відновлення гільз методом електродугового зварювання

Після шліфування поверхні перевіряють глибину гнізд під верхніми буртами гільз і, якщо потрібно, поглиблюють їх торцевими фрезами на товщину шару (рис. 2.13), який знімається під час шліфування. Якщо гнізда

пошкоджені, їх обробляють фрезами так, щоб у всіх гніздах була однакова глибина, і встановлюють металеві прокладки, закріплюючи їх клеєм ВС-10Т або епоксидною сумішшю.

Після шліфування площини і відновлення гнізд виступання запресованих гільз над поверхнею блоку повинне відповідати технічним вимогам.

При збиранні дизельних двигунів, де верхня поверхня блоку була піддана шліфуванню, дно поршнів також потрібно проточити на таку ж товщину (рис. 2.14), щоб вони не зазирали до площини головки блоку циліндрів.



Рис. 2.13. Поглиблення торцевими фрезами гнізд під гільзу



Рис. 2.14. Точіння дна поршнів блоку циліндрів

Викривлення інших поверхонь блоку можна усунути шліфуванням, фрезеруванням або струганням.

Знос робочої поверхні циліндра призводить до порушення його геометрії - з'являється конусність і овальність, а у верхній частині циліндра може утворитися кільцеве вироблення.

Розточування циліндра (рис. 2.15) відновлює його колишню геометрію і видаляє залишки продуктів зносу з поверхні дзеркала циліндра. Це забезпечує якість ремонту циліндро-поршневої групи і всього двигуна.



Рис. 2.15. Розточування гільзи блока циліндрів

Процес розточування полягає у використанні ріжучого інструменту для обробки поверхні циліндра. Розточування циліндра необхідне для виправлення спотворень геометричної форми внутрішньої поверхні. Допустимі значення еліпсності становлять 0,02-0,03 мм, конусності - не більше 0,05 мм, а шорсткість поверхні повинна перевищувати 6-й клас чистоти.

Остаточне оброблення поверхні циліндра здійснюється методом хонінгування (див. рис. 2.16). Після хонінгування діаметр внутрішньої

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

поверхні гільзи повинен знаходитися в межах допуску на ремонтний розмір, а овальність і конусність не повинні перевищувати 0,03 мм. Шорсткість поверхні має бути не менше 9-го класу чистоти.



Рис. 2.15. Хонінгування гільзи циліндра

Хонінгування забезпечує фінішну обробку поверхні (з точністю 1-го класу і чистотою 12-го класу) після розточування.

Для установки "сухих" гільз блок циліндрів нагрівають за допомогою газового пальника до 140-150 градусів Цельсія і швидко вставляють в нього попередньо охолоджену гільзу (див. рис. 2.16).



Рис. 2.16. Встановлення гільзи в блок циліндрів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після досягнення рівноваги температур між гільзою та блоком вони міцно з'єднуються. "Суху" гільзу можна встановити і за допомогою пресування, але це, по-перше, вимагає значного досвіду у проведенні таких операцій, а по-друге, збільшує складність наступних операцій з хонінгування через неминучу втрату правильної форми гільзи під час пресування.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

### 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ З СПЛАВІВ АЛЮМІНІЮ

#### 3.1. Теоретичні дослідження

Працездатність ЦПГ ДВС у значній мірі визначається умовами відведення тепла з циліндра в систему охолодження двигуна.

Встановлення "сухих" гільз у блоки призводить до зміни теплопровідних властивостей циліндрів і підвищення теплового напруження деталей ЦПГ.

У зоні контакту гільзи з блоком виникає так званий контактний термічний опір. При проходженні теплового потоку через контакт між поверхнями гільзи і блоку виникає температурний перепад, величина якого визначається теплопровідними властивостями контакту. Дослідження Е.А. Ганіна, М.Б. Демкіна, А.А. Згура та інших показує, що основною причиною появи термічного опору контакту є дискретний характер зіткнення твердих шорстких тіл. Фактична площа контакту, за різними даними, становить 1 ÷ 2% від його номінальної площі. Оскільки теплопровідність контактуючих матеріалів у багато разів вище теплопровідності між контактним середовищем, відбувається стягування ліній теплового потоку до плям фактичного контакту, і частина тепла передається теплопровідністю через середовище між контактним. Умови теплопередачі в контакті оцінюються його тепловою провідністю. Аналіз відомих методик розрахунку теплової провідності контакту показує, що найбільш адекватні результати дає залежність, запропонована Е.А. Ганіним та Ю.П. Шликовим:

$$\alpha_k = \frac{2\lambda_c}{h_{cp.1} + h_{cp.2}} + 2,1 \frac{p\lambda_M}{C\sigma_e} \cdot 10^4, \quad (3.1)$$

де  $\alpha_k$  – теплова провідність контакту двох твердих тіл, Вт/(м<sup>2</sup>·град);

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					35

$\lambda_c$  – коефіцієнт теплопровідності міжконтактного середовища, Вт/(м·град);

$h_{cp}^c$  - середня висота мікронерівностей, м;

$p$  – контактний тиск на поверхнях деталей, які сполучаються, Н/м<sup>2</sup>;

$\lambda_m = 2\lambda_{m1}\lambda_{m2}/(\lambda_{m1} + \lambda_{m2})$  – наведена теплопровідність матеріалів, які контактують, Вт/(м·град);

$C$  – коефіцієнт, що включає несучу здатність контакту;

$\sigma_B$  – межа міцності матеріалу, Н/м<sup>2</sup>.

Перший член у виразі (3.1) представляє собою теплопровідність через проміжок контактної середи, а другий член - теплопровідність через фактичні контактні площі. Аналіз виразу (3.1) вказує на те, що умови теплопередачі при контакті визначаються такими факторами, як теплопровідність проміжку між контактними середовищами, чистота обробки поверхонь, теплопровідність матеріалів, механічні властивості та контактний тиск між деталями, які з'єднані. Контактний тиск на поверхнях деталей, з'єднаних у стику "гільза-блок циліндрів", визначається наступним чином:

$$p = N_{ном.} / (d_{н.с.} \cdot (C_1 / E_{гил.} + C_2 / E_{бл.})), \quad (3.2)$$

$$C_1 = \left( 1 + \left( \frac{d}{d_{н.с.}} \right)^2 \right) / \left( 1 - \left( \frac{d}{d_{н.с.}} \right)^2 \right) - \mu_1; \quad C_2 = \left( 1 + \left( \frac{d_{н.с.}}{D} \right)^2 \right) / \left( 1 - \left( \frac{d_{н.с.}}{D} \right)^2 \right) + \mu_2, \quad (3.3)$$

де  $N_{ном.}$  - натяг в з'єднанні, мм;

$d_{н.с.}$  - діаметр з'єднання, мм;

$E_{гил.}$  і  $E_{бл.}$  - модулі пружності матеріалів гільзи і блоку, Па;

$C_1$  і  $C_2$  - Ляме коефіцієнти ;

$\mu_1$  і  $\mu_2$  - коефіцієнти Пуассона матеріалів ;

$d$  - внутрішній діаметр , мм;

$D$  - зовнішній діаметр , мм.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					36

З розрахунків видно, що зі збільшенням натягу в з'єднанні пропорційно виростає контактний тиск на поверхнях деталей, які сполучаються. Максимальний контактний тиск утворюється при товщині стінки гільзи  $2,5 \leq B_{гил.} \leq 3,5$  мм.

Фізико-механічні властивості матеріалів, що контактують, та теплопровідність середовища між ними для з'єднання "гільза-блок циліндрів" вважаються сталими величинами. Вплив на теплові властивості контакту здійснюють фактори, такі як стан обробки поверхонь (шорсткість) гільзи та блока і контактний тиск на їх поверхнях, який залежить від натягу в з'єднанні і товщини стінок гільзи та блока.

Розрахунки зміни теплопровідності контакту в залежності від контактного тиску та шорсткості посадкової поверхні гільзи показують, що разом зі збільшенням контактного тиску теплопровідність контакту зростає пропорційно. При відсутності контактного тиску ( $p = 0$ ) другий доданок у виразі (3.1) дорівнює нулю, і тепло передається тільки через середовище між контактними поверхнями. Зі збільшенням шорсткості гільзи  $R_a$  від 0,20 до 3,20 мкм теплопровідність контакту зменшується більш ніж вдвічі (на 20390 Вт/(м<sup>2</sup>·°C)).

Найкращі умови теплопередачі в контакті спостерігаються при максимальних контактних тисках в з'єднанні та мінімально можливій шорсткості контактуючих поверхонь гільзи та блока.

Для ефективної роботи двигуна важлива не лише теплопровідність контакту, але і загальна теплопровідність всього з'єднання "гільза-блок циліндрів". Теплопровідність з'єднання оцінюється коефіцієнтом теплопередачі:

$$k = 1 / \left( \frac{B_{гил.}}{\lambda_{гил.}} + \frac{B_{бл.}}{\lambda_{бл.}} + \frac{1}{\alpha_K} \right), \quad (3.4)$$

де  $k$  - коефіцієнт теплопередачі стінок циліндра, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

$B_{гил}$  і  $B_{БЛ}$  - товщина стінок гільзи та блоку, м;

$\lambda_{гил}$  і  $\lambda_{бл}$  - коефіцієнти теплопровідності матеріалів гільзи та блоку, Вт/(м·°С).

Розрахунки показують, що зміна товщини стінки гільзи від 1,5 до 2,5 мм призводить до зниження коефіцієнта теплопередачі через стінку циліндра на 10 ÷ 14%. При збільшенні теплопровідності контакту від 15000 до 45000 Вт/(м<sup>2</sup>·°С) коефіцієнт теплопередачі через стінку циліндра зростає на 37 ÷ 43%.

Встановлення "сухих" гільз у блоки змінює жорсткість циліндрів, що впливає на їхні деформації. Монтажні деформації циліндрів виникають через монтажні напруження, спричинені затягуванням різьбових з'єднань блоку, що призводить до зміни їхніх розмірів та форми. Це впливає на монтажні зазори в з'єднанні "поршень-циліндр" і погіршує прилягання поршневих кілець до циліндра, знижуючи експлуатаційні та екологічні показники двигуна.

Дослідження напружено-деформованого стану блоків циліндрів і монтажних деформацій гільз циліндрів "мокрого" типу виконані в роботах Ш.М. Білика, Н.М. Вагабова, Б.Я. Гінцбурга та інших. Аналіз результатів показує, що найбільші деформації циліндрів відбуваються під час затягування різьбових з'єднань кріплення ГБЦ до блоку.

Стиснення стику "головка блоку - блок циліндрів" здійснюється за допомогою спеціальних прокладок ГБЦ. Конструкція прокладки забезпечує збільшення ущільнюючої сили за рахунок більшої товщини та жорсткості. Нерівномірний розподіл тиску призводить до деформацій поверхонь прилягання блоку і ГБЦ. Таким чином, до поверхні прилягання блоку до ГБЦ прикладається згинальний момент, що визначається осьовим зусиллям затягування різьбових з'єднань, питомим тиском та величиною плеча.(рис.3.1)

$$M_{изг.} = f(F_{зат.}, q_{упл.}, l). \quad (3.5)$$

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Згинальний момент, прикладений до поверхні прилягання блоку до ГБЦ, передається на стінку циліндра, в результаті чого відбувається її вигин. Величина деформації (прогину) циліндра визначається величиною згинального моменту і жорсткістю циліндра на вигин:

$$y(x) = \frac{M_{изг.} \cdot x^2}{2C}, \quad (3.6)$$

де  $C$  - жорсткість циліндра на вигин,  $\text{Н} \cdot \text{м}^2$ .

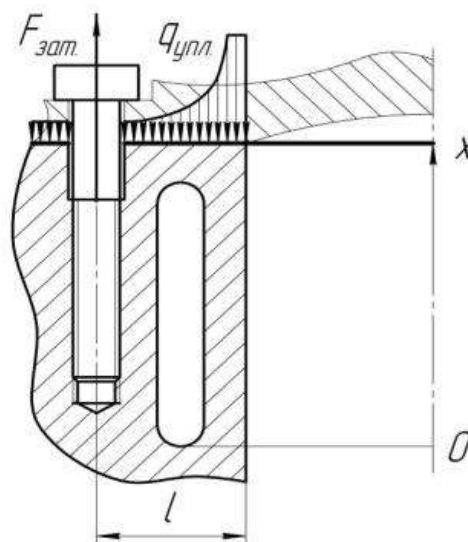


Рис. 3.1. Схема дії сил в з'єднанні «головка блоку з блоком циліндрів»

Жорсткість складеного циліндра на вигин обчислюється таким чином:

$$C = E_{\text{бл.}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^4}{64} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d + 2B_{\text{гил.}}}{D} \right)^4 \right] \right) + E_{\text{гил.}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot (d + 2B_{\text{гил.}})^4}{64} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d}{d + 2B_{\text{гил.}}} \right)^4 \right] \right). \quad (3.7)$$

Розрахунки показують, що зміна товщини стінки гільзи від 1,5 до 2,5 мм призводить до збільшення жорсткості складеного циліндра на вигин з  $2,07 \cdot 10^5$  до  $2,16 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ . Такий невеликий приріст жорсткості циліндра

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

в даному діапазоні зміни товщини стінки ремонтної гільзи, мабуть, не має суттєвого впливу на величину монтажних деформацій циліндрів.

При встановленні ремонтних гільз у блоки, у блоку створюються розтягуючі напруги, а в гільзі - радіальні та окружні стискаючі напруги. Ці напруги, в основному, лежать в площині, перпендикулярній до осі циліндра, і майже не впливають на його вигин. Однак зміни у загальному напружено-деформованому стані блоку можуть впливати на монтажні деформації циліндрів.

Аналітичні розрахунки показують, що на умови теплопередачі у з'єднанні "гільза-блок циліндрів" суттєво впливають величина натягу у з'єднанні, шорсткість посадочних поверхонь гільзи і блоку, а також товщина стінки гільзи. Залежно від товщини стінки гільзи і величини натягу у з'єднанні також може змінюватися жорсткість циліндра на вигин і напружено-деформований стан блоку циліндрів, що може впливати на монтажні деформації циліндрів.

### **3.2. Методика досліджень основана на експерименті**

Дослідження дефектів циліндрів проводилися згідно з ГОСТ 14846-81 на блоках з алюмінієвих сплавів, робоча поверхня циліндрів яких виконана за допомогою "сухих" чавунних вставок. Об'єктом дослідження були циліндри з діаметром від 75 до 90 мм, які не мали аварійних пошкоджень. Вимірювання розмірів циліндрів проводилися за допомогою індикаторного нутроміра типу НІ-100 згідно з ГОСТ 868-82 у чотирьох напрямках: в площині гойдання шатуна (А-А), по осі колінчастого вала (Б-Б), під кутами 45° (В-В) і 135° (Г-Г) до осі колінчастого вала. Вимірювання проводилися на відстанях від верхньої площини блоку: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 95, 110, 125 мм. Визначалися відхилення розмірів циліндрів від номінальних значень та їх овальність.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Дослідження проводилися окремо для блоків з верхньою сполучною плитою і без неї. Для кожної конфігурації блоку було досліджено по 30 циліндрів.

Порівняльні лабораторні дослідження впливу величини натягу у з'єднанні, шорсткості посадкової поверхні та товщини стінки гільзи на умови теплопередачі з'єднання проводилися за методом нестационарного теплового режиму. Відомо з робіт В.М. Попова і Ю.П. Шликова, що теплова провідність контакту при нестационарному тепловому режимі визначається такою залежністю:

$$\alpha_K = \frac{V_{нагр.} - b}{b \cdot \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)}, \quad (3.8)$$

де  $V_{нагр.}$  - швидкість зростання температури на зовнішніх межах зразків (швидкість нагріву), град/с;

$b$  - зміна швидкості температури в зоні, що піддається контакту, град/с;

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  - теплова провідність матеріалу (гільзи та блока), Вт/(м<sup>2</sup>·град).

Оскільки для нормальної роботи ЦПГ ДВЗ надзвичайно важлива теплова провідність всього з'єднання "гільза-блок циліндрів" в цілому, а не лише теплова провідність контакту, то під час проведення експерименту як запобіжний показник теплової провідності сполуки було обрано швидкість нагріву ( $V_{нагр.}$ ) однієї з контактуючих деталей - блоку, під час нагрівання іншої контактуючої деталі - гільзи.

Для моделювання з'єднання "гільза-блок циліндрів" були використані спеціальні складові біметалеві втулки. Внутрішня гільза була виготовлена зі спеціального легованого чавуну, зовнішня втулка - з алюмінієво-кремнієвого сплаву AlSi9Cu3. Загальна товщина стінки всіх зразків залишалася постійною ( $B = 8$  мм). Зміна товщини стінки гільзи компенсувалася відповідною зміною товщини стінки зовнішньої втулки. Відхилення розмірів і форми посадкових

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ				41

поверхонь гільзи і втулки були обмежені  $\leq 0,02$  мм. Шорсткість посадкових поверхонь зразків вимірювалася профілометром Mitutoyo SJ-301 згідно з ГОСТ 2789-73 на базовій довжині  $l = 0,80$  мм. Збірка зразків здійснювалася поперечним методом.

Схема експериментальної установки показана на рис. 3.2, а. Температуру зразків вимірювали хромель-копелевими термопарами з відкритим спаєм, закріпленими згідно зі схемою (рис. 3.2, б). Нагрівання зразків здійснювалося заповненням їх внутрішнього об'єму теплоносієм. Досліди проводилися за постійних умов: температура повітря  $20 \pm 1,5^\circ\text{C}$ , температура теплоносія  $99 \div 100^\circ\text{C}$ , об'єм теплоносія 200 мл.

Оцінка впливу технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на умови теплопередачі здійснювалася за допомогою теорії планування експерименту. Вибір рівнів факторів був здійснений на основі відомих рекомендацій і результатів пошукових експериментів. Значення рівнів факторів наведені в табл. 3.1. Як функції відгуку (Y) була взята швидкість нагріву зовнішньої стінки зразка  $V_{\text{нагр.}}$ . Для кожного зразка було проведено від 11 до 12 повторів з використанням рандомізації порядку проведення дослідів.

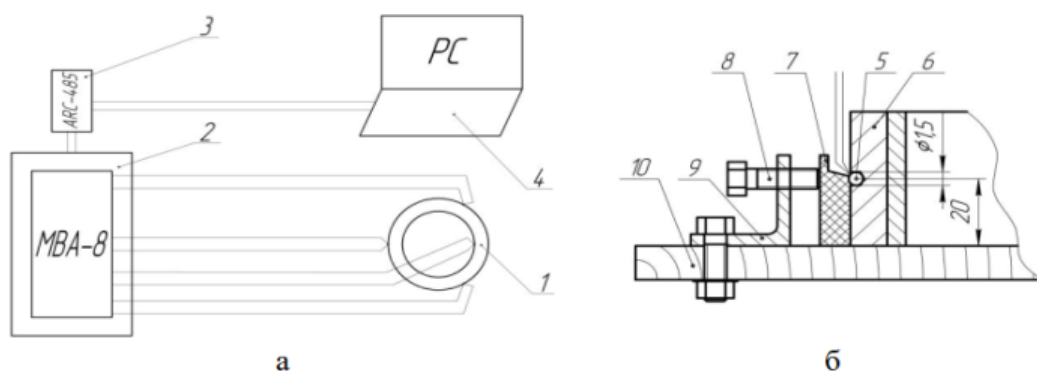


Рис. 3.2. Схеми установки (а) і закріплення термопарі (б):

- 1 - зразок з термопарами, що закріплені; 2 - прилад для вимірювання MBA-8; 3 - адаптер для підключення даного приладу до комп'ютера; 4 - комп'ютер; 5 - спай термопарі; 6 - зовнішня стінка данного зразка; 7 - теплоізоляційна прокладка; 8 - гвинт; 9 - кронштейн; 10 - підставка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.1

## Значення рівнів факторів

Фактор	Умовне позначення	Одиниці виміру	Код	Нижній рівень фактору (-1)	Верхній рівень фактору (+1)
Натяг	N	мм	$X_1$	$0,040 \pm 0,005$ ( $0,00045 \cdot d_{н.с.}$ )	$0,120 \pm 0,005$ ( $0,0014 \cdot d_{н.с.}$ )
Шорсткість	Ra	мкм	$X_2$	0,20 / 0,32	2,5 / 3,2
Товщина стінки	$B_{ст.}$	мм	$X_3$	$1,50 \pm 0,05$	$2,50 \pm 0,05$

Дослідження монтажних деформацій циліндрів проводилися на блоках, виготовлених з алюмінієвих сплавів, які мали верхню сполучну плиту. Об'єктом досліджень були деформації циліндрів блоків, які використовувались як у серійному виготовленні, так і до встановлення ремонтних чавунних гільз. Монтаж головки блока циліндрів (ГБЦ) та затягування різьбових з'єднань кріплення ГБЦ до блоку проводилися відповідно до технічних умов на ремонт. Деформації вимірювалися як відмінність розмірів циліндрів у вільному і напружено-деформованому станах. Розміри циліндрів вимірювалися індикаторним нутроміром підвищеної точності НІ-100 0,002 ГОСТ 9244-75 в чотирьох напрямках і в восьми поясах, на відстанях від верхньої площини блоку: 10, 20, 30, 40, 50, 65, 95 і 125 мм. Ремонтні гільзи встановлювалися в блок поперечним методом з монтажним зазором  $0,22 \div 0,30$  мм при різних значеннях технологічних параметрів з'єднання. Натяг в з'єднанні забезпечувався рівним: 0,04; 0,08; 0,12 мм; товщина стінки гільзи становила: 1,5; 2,0; 2,5 мм; виступ гільзи над площиною блоку становив  $0 \leq \delta \leq 0,04$  мм. Для кожного поєднання рівнів факторів проводилося по дві серії паралельних дослідів. Статистична обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою стандартних методик за

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			43

допомогою комп'ютерних програм: Microsoft Office Excel, STATGRAPHICS Plus 3.0 і Owen Process Manager.

### 3.3. Результати експериментальних досліджень

Дослідження технічного стану показали, що стан блоків циліндрів потребує ремонту. Виявлено, що зміни розмірів і форми циліндрів у блоках різних конфігурацій суттєво відрізняються. У блоках з верхньою сполучною плитою спостерігається збільшення розмірів циліндрів як у довжину, так і в діаметральних перетинах (рис. 3.3). Найбільший знос циліндрів відбувається в площині гойдання шатуна, тоді як найменший - в напрямку осі колінчастого вала. Такі зміни розмірів і форми циліндрів є типовими для нормального зношування деталей ЦПГ. У блоках без верхньої сполучної плити спостерігається збільшення розмірів циліндрів в площині гойдання шатуна, а в напрямку осі колінчастого вала та у верхній частині циліндра - зменшення розмірів (рис. 3.4), що свідчить про деформацію циліндрів.

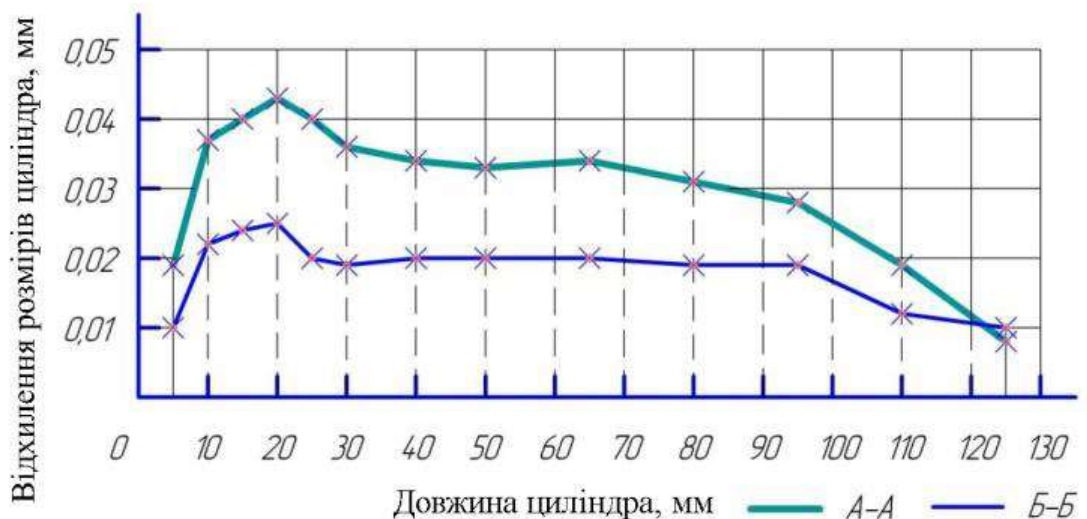


Рис. 3.3. Відхилення розмірів циліндрів блоків разом з верхньою сполучною плитою

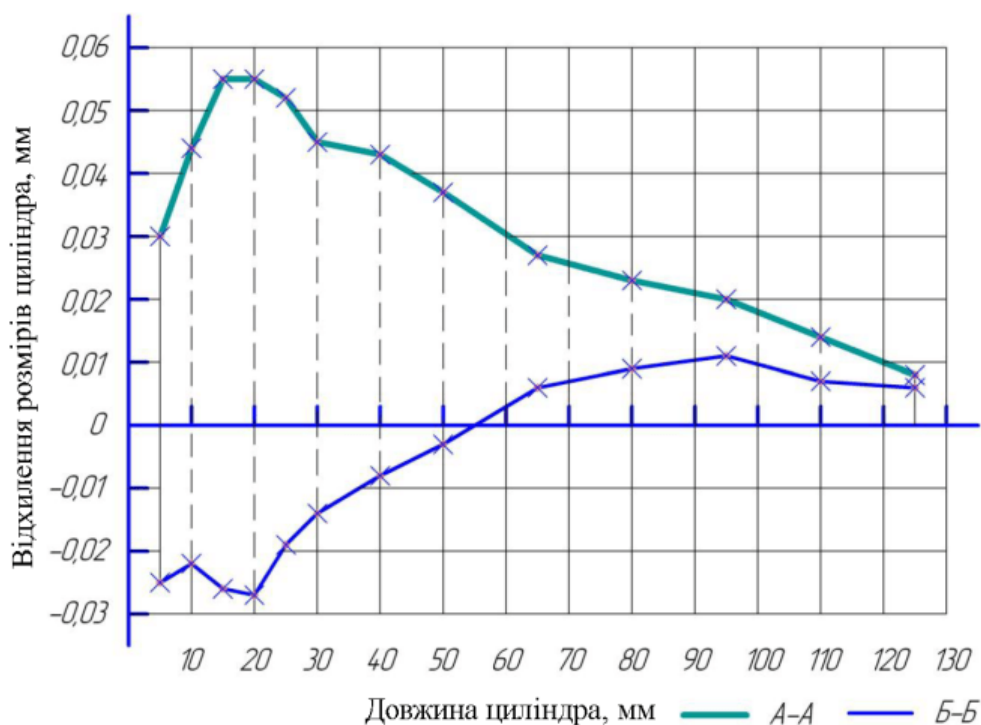


Рис. 3.4. Відхилення розмірів циліндрів блоків без врахування верхньої сполучної плити

Як показують малюнки, середнє значення зносу циліндрів у блоках обох конфігурацій становить  $0,045 \div 0,055$  мм. Овальність циліндрів у блоках з верхньою сполучною плитою не перевищує 0,02 мм, а в блоках без верхньої сполучної плити досягає  $0,07 \div 0,08$  мм, що вдвічі перевищує допустиме значення. Максимальний знос циліндрів у блоках обох конфігурацій спостерігається в площині гойдання шатуна на відстані  $10 \div 20$  мм від верхньої площини блоку, що відповідає місцю зупинки поршневих кілець при положенні поршня у верхній мертвій точці.

Також було встановлено, що у певної групи блоків без верхньої сполучної плити, які мають певне конструктивне виконання, характер пошкоджень циліндрів істотно відрізняється від пошкоджень циліндрів блоків основного масиву. Знос циліндрів у цій групі блоків можна порівняти з максимальним ремонтним збільшенням і становить  $0,38 \div 0,40$  мм, овальність у верхній частині циліндрів складає 0,07 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В результаті трьох факторного експерименту була отримана математична модель, яка описує вплив технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на швидкість нагріву зразків.

$$Y = 5,11 + 0,16 X_1 - 0,05X_2 - 0,21X_3 + 0,08 X_1X_3.$$

Оцінка дисперсій дослідів за допомогою критерію Кохрена показала, що дисперсії є однорідними. Після оцінки значущості коефіцієнтів моделі за допомогою t-критерію Стюдента було встановлено, що всі фактори є значущими, а також одна взаємодія - між  $X_1$  і  $X_3$ . Фізичний сенс цієї взаємодії полягає в їх спільному впливі на контактний тиск в з'єднанні і, відповідно, на теплопровідність контакту та швидкість нагріву.

Оцінка адекватності моделі за допомогою коефіцієнта множинної кореляції  $R^2$  та F-критерію Фішера показала, що модель відповідає дослідним даним з ймовірністю 98,5%. Отримана модель може бути застосована для прогнозування при зміні значень технологічних параметрів з'єднання у дослідженій області факторного простору.

Характер і ступінь впливу технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на швидкість нагріву представлені на рисунку 3.5.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

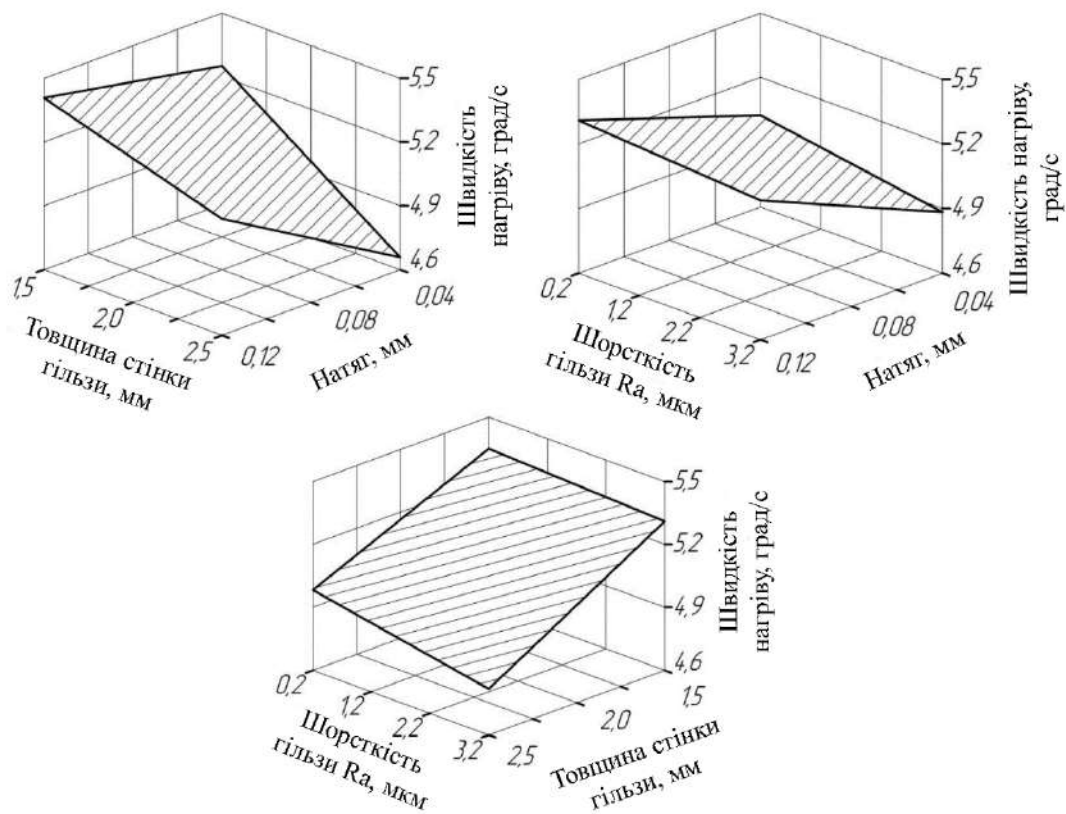


Рис. 3.5. Вплив натягу в з'єднанні, а також шорсткості та товщини стінки гільзи на швидкість нагріву

Аналіз показує, що значний вплив на швидкість нагріву зразків та умови теплопередачі в з'єднанні "гільза-блок циліндрів" мають товщина стінки гільзи та величина натягу. Шорсткість посадкової поверхні гільзи впливає на умови теплопередачі в меншій мірі.

Умови теплопередачі в з'єднанні "гільза-блок циліндрів" поліпшуються при зменшенні товщини стінки гільзи, збільшенні натягу в з'єднанні та зменшенні шорсткості посадкової поверхні гільзи.

Кращі умови теплопередачі в з'єднанні "гільза-блок циліндрів" у дослідженій області факторного простору спостерігаються при товщині стінки гільзи 1,5 мм, величині натягу в з'єднанні 0,0014 дн.с. і шорсткості посадкової поверхні гільзи Ra 0,20 мкм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Дослідження монтажних деформацій циліндрів блоків серійного виконання показали, що деформації циліндрів мають нерівномірний характер (рис. 3.6). Найбільші монтажні деформації циліндрів блоків серійного виконання спостерігаються в площині гойдання шатуна (А-А) на відстані 10 мм від верхньої площини блоку і складають 21 мкм. Мінімальні монтажні деформації циліндрів розташовуються в напрямку осі колінчастого вала (Б-Б), що пояснюється найбільшою жорсткістю циліндрів в цій зоні.

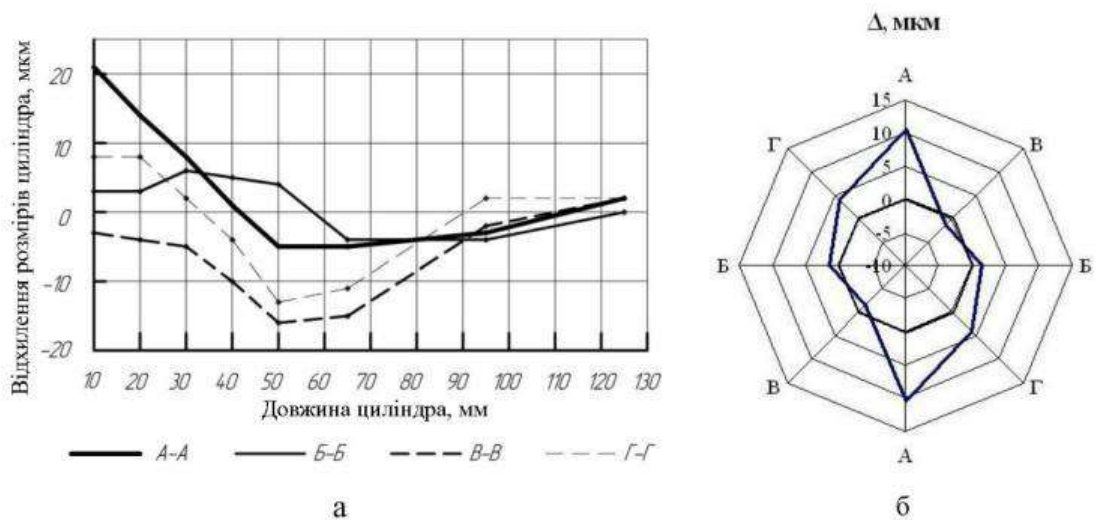
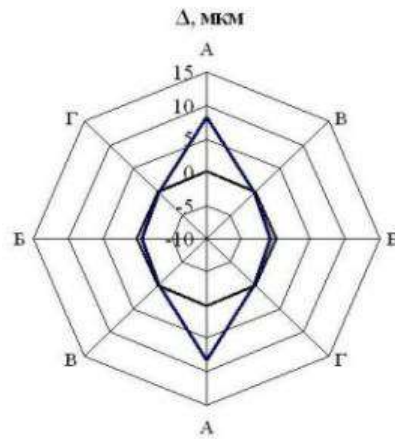


Рис. 3.6. Розподіл відхилень розмірів циліндрів блоків під час серійного виконання:

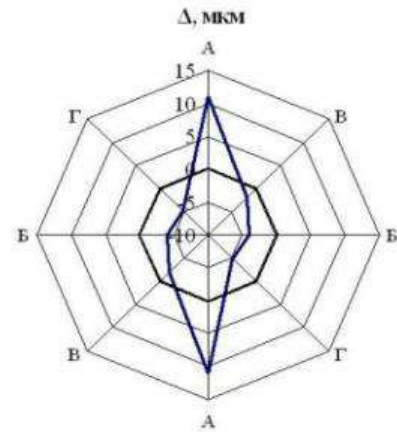
а - по довжині циліндра; б - в діаметральному перетині

Дослідження впливу технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на монтажні деформації циліндрів показали, що виступ гільзи над площиною блоку значно збільшує деформації циліндрів (рис. 3.7).

Збільшення товщини стінки гільзи від 1,5 до 2,5 мм призводить до зниження монтажних деформацій циліндрів з 20 до 17 мкм (рис. 3.8). Це значення в кілька разів менше допуску на не круглість циліндрів і не впливає істотно на щільність прилягання поршневих кілець до циліндру та ефективність ущільнення камери згоряння.



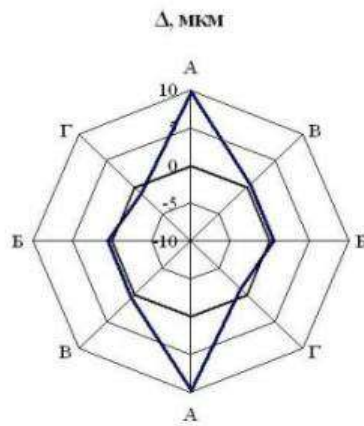
а



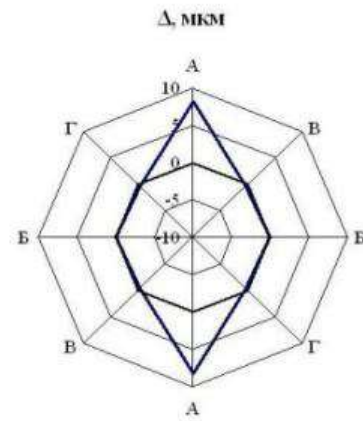
б

Рис. 3.7. Відхилення розмірів циліндрів до утворджених ремонтними гільзами на відстані 10 мм від верхньої площини блоку циліндрів:  
 а - при відсутності виступу гільзи над площиною блоку циліндрів  $\delta = 0$  мм;

б - при виступі гільзи над площиною блоку циліндрів  $\delta = 0,04$  мм



а



б

Рис. 3.8. Відхилення розмірів циліндрів до утворджених ремонтними гільзами на відстані 10 мм від верхньої площини блоку циліндрів:  
 а - при товщині стінки 1.5 мм; б - при товщині стінки 2.5 мм

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ

Арк.

49

Зміна натягу в з'єднанні від 0.04 до 0.12 мм (що відповідає діапазону  $0.00045 \div 0.0014$  дн.с.) практично не впливає на величину і характер монтажних деформацій циліндрів, незалежно від товщини стінки гільзи.

Аналіз результатів дослідження показує, що характер монтажних деформацій циліндрів блоків серійного виконання і блоків, відновлених постановкою ремонтних чавунних гільз, в цілому ідентичний. Величина деформацій циліндрів перед постановкою ремонтних гільз на  $1 \div 4$  мкм менша, ніж деформації циліндрів блоків серійного виконання. Це свідчить про відсутність негативного впливу технології відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз на геометричну форму циліндрів.

Для досягнення якісних результатів при відновленні блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів постановкою ремонтних чавунних гільз рекомендується:

- контролювати відхилення розмірів і форми циліндрів особливо ретельно в верхній зоні циліндра, на відстані  $5 \div 20$  мм від верхньої площини блоку;
- забезпечувати товщину стінки ремонтної гільзи рівною 1.5 мм; якщо для заміни видаляється "суха" вставка циліндра, необхідно обирати ремонтну гільзу з мінімальною товщиною стінки;
- забезпечувати шорсткість посадкової поверхні гільзи рівною  $Ra \leq 0.32$  мкм;
- підтримувати натяг в з'єднанні на рівні  $0.0012 \div 0.0014$  дн.с.;
- після установки ремонтної гільзи обробляти торець для забезпечення рівності поверхні прилягання блоку циліндрів до голівці циліндрів.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 4. РОЗРОБКА РІЗНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАХОПЛЕННЯ І ВИПРЕСОВУВАННЯ ГІЛЬЗ З БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ

### 4.1. Обґрунтування необхідності розробки

Розробка належить до сфери виробництва і ремонту автотракторних двигунів внутрішнього згорання.

Відомий метод видалення гільзи циліндрів автотракторних двигунів, який передбачає повне розбирання двигуна з подальшим видаленням гільзи з блоку шляхом застосування зусиль на нижній торець гільзи, наприклад, за допомогою гідравлічного або пневматичного преса [11], є ефективним лише при капітальному ремонті двигуна. У випадку, коли необхідна заміна лише однієї гільзи або кільця ущільнювача, такий метод передбачає зняття двигуна з автомобіля, його повне розбирання та складання, а потім повторну установку на автомобіль. Цей метод майже не застосовний у умовах експлуатації через його складність і затрати часу.

Найбільш схожий за технічною сутністю до запропонованої розробки є пристрій [12], який використовується при видаленні гільзи шляхом зняття головки блоку. Проте видалення гільзи за допомогою цього пристрою здійснюється завдяки силі тертя, яка виникає між поверхнями трьох захоплень клиноподібної форми і поверхнею гільзи. Процес видалення може бути ускладнений внаслідок неточностей у виготовленні, що може призвести до перекосу і прослизання пристрою під час роботи. Налаштування і встановлення пристрою в гільзу вимагає часу, а також його видалення. Під час роботи цей пристрій може спричинити деформацію або пошкодження поверхні гільзи. Такий метод може бути застосований лише в разі заміни лише кільця ущільнювача, а не всієї гільзи, та вимагає великих зусиль тертя для видалення гільзи, що може призвести до її пошкодження.

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

## 4.2. Вимоги, що ставляться до розробки

Суть розробки полягає в створенні ефективного методу видалення гільзи з циліндра без необхідності повного розбирання двигуна. Для цього необхідно створити осьове зусилля, спрямоване в бік головки блоку. У відомих методах видалення це досягається за допомогою гідравлічних або пневматичних пресів, але такий процес є трудомістким і займає багато часу, особливо в умовах ремонту техніки.

Запропонований метод ґрунтується на використанні спеціального пристрою, який дозволяє видаляти гільзу без повного розбирання двигуна. Цей пристрій має просту конструкцію та дозволяє ефективно передавати осьове зусилля на гільзу, використовуючи обертання колінчастого вала. Він дозволяє створити натяг між гільзою та внутрішньою поверхнею циліндра, що дозволяє легко видалити гільзу без пошкодження або деформації.

Застосування цього методу і пристрою є особливо ефективним для двигунів, де кожна гільза має свою окрему головку, таких як у автомобілів КамАЗ. Цей метод значно скорочує час і витрати на ремонт техніки, що робить його вельми практичним у реальних умовах експлуатації.

## 4.3. Будова і принцип роботи пристроїв для захоплення і випресовування гільз з блоків циліндрів

На рисунку 4.1 показана реалізація методу з використанням пристрою. Використані такі позначення: 1 - поршень, 2 - втулка з днищем, 3 - тригранний клин, 4 - гільза циліндра, 5 - шатун, 6 - блок автотракторного двигуна, 7 - нижні ущільнюючі кільця, 8 - поршневі кільця, 9 - верхнє ущільнююче кільце. На рисунку 4.2 представлено втулку з днищем у поздовжньому перерізі. Основні геометричні параметри втулки:  $d$  - зовнішній діаметр,  $D$  - внутрішній діаметр,  $d/$  - діаметр осьового отвору,  $R$  - радіус заокруглення,  $H$  - висота втулки. На

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

рисунку 4.3 показано втулку з днищем (вид зверху). Позначення:  $h$  - ширина пазу втулки,  $d/$  - діаметр осьового отвору ( $d/ > h$ ) та зображений тригранний клин збоку, зверху і зліва. Показано розташування тригранного клина в пазу на днищі втулки. Позначення: 2 - втулка з днищем, 3 - тригранний клин, 4 - гільза циліндра, 6 - блок автотракторного двигуна. Видалення гільзи з блоку здійснюється наступним чином (рис. 4.1). Спочатку відбирається відповідна головка блоку, тобто та, що закріплена на гільзі, яку потрібно видалити. Потім, обертаючи колінчастий вал за годинниковою стрілкою, поршень 1 встановлюється в положення верхньої мертвої точки. На днище поршня встановлюється втулка 2 з днищем. При цьому нижній торець втулки контактує з днищем поршня 1. Втулка 2 має радіальний паз збоку і на днищі, як показано на рисунках 4.2 і 4.3. На рисунку 4.2 зображено переріз втулки 2 - вид збоку, а на рисунку 4.3 - вид зверху. На днищі втулки 2 виконано осьовий отвір діаметром  $d/$ . Діаметр отвору перевищує ширину пазу втулки « $h$ », тобто,  $d/ > h$ . Цей отвір необхідний для запобігання утворенню тріщин на днищі втулки під час введення клина 3 в тіло втулки (рис. 4.1), що продовжує термін експлуатації втулки, а також дозволяє втулці легко деформуватися в радіальному напрямку.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

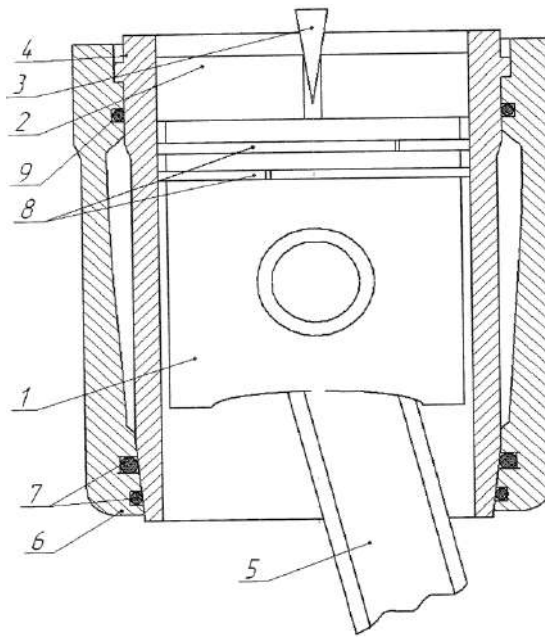


Рис. 4.1. Пристрій для захоплення і випресовування гільз з блоків циліндрів

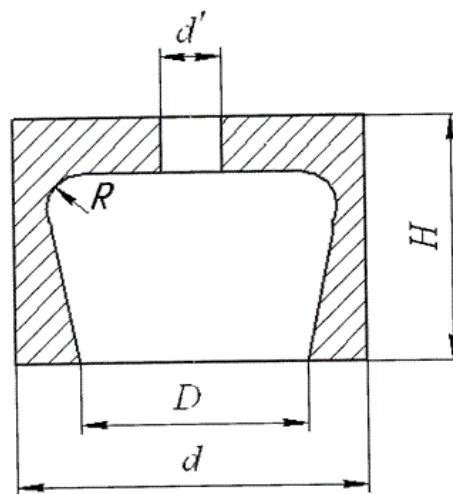
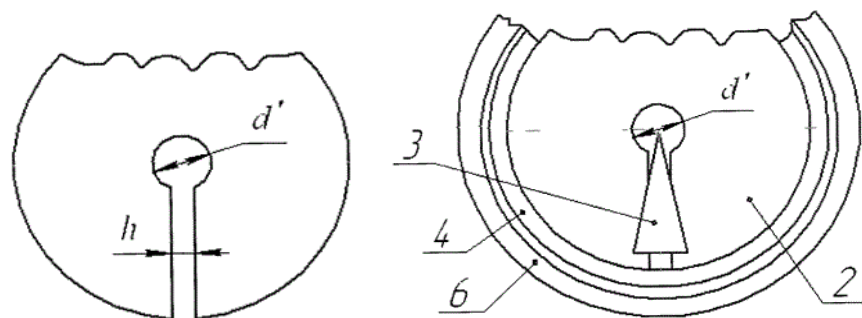


Рис. 4.2. Втулка з днищем в повздовжньому перерізі



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



показано на рис. 4.3. Потім вводять клин в тіло втулки до тих пір, поки вона не деформується в радіальному напрямку і не з'єднається з поверхнею видаляємої гільзи 4. Обертають колінчастий вал за годинниковою стрілкою до тих пір, поки видаляема гільза не зрушиться зі свого початкового місця і не підніметься вгору. Потім видаляють гільзу з блоку разом з втулкою і клином. Таким чином, завершується процес видалення гільзи з блоку. Лабораторні випробування підтвердили ефективність цього методу. Сили тертя, що виникають на поверхні контакту втулки з днищем і гільзи, набагато перевищують сили тертя, що виникають між кільцями ущільнювачів і зовнішньою поверхнею гільзи. Це і є основою ефективності запропонованого методу.

Застосування запропонованого методу і пристрою для видалення гільз циліндрів автотракторних двигунів порівняно з відомими методами і пристроями дозволяє підвищити продуктивність та культуру виробництва, зменшуючи кількість розбірно-складальних операцій і усуваючи ризик деформації гільзи під час видалення, а також уникнення подряпин на робочій поверхні гільзи. Цей метод не вимагає виконання регулювальних операцій і, практично з однієї установки, дозволяє видалити гільзу з блоку.

На рисунку 4.4 показано загальний вигляд пристрою для випресування гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, зображений поздовжній розріз (з позиціями I, II та III в положеннях установки пристрою на блок).

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

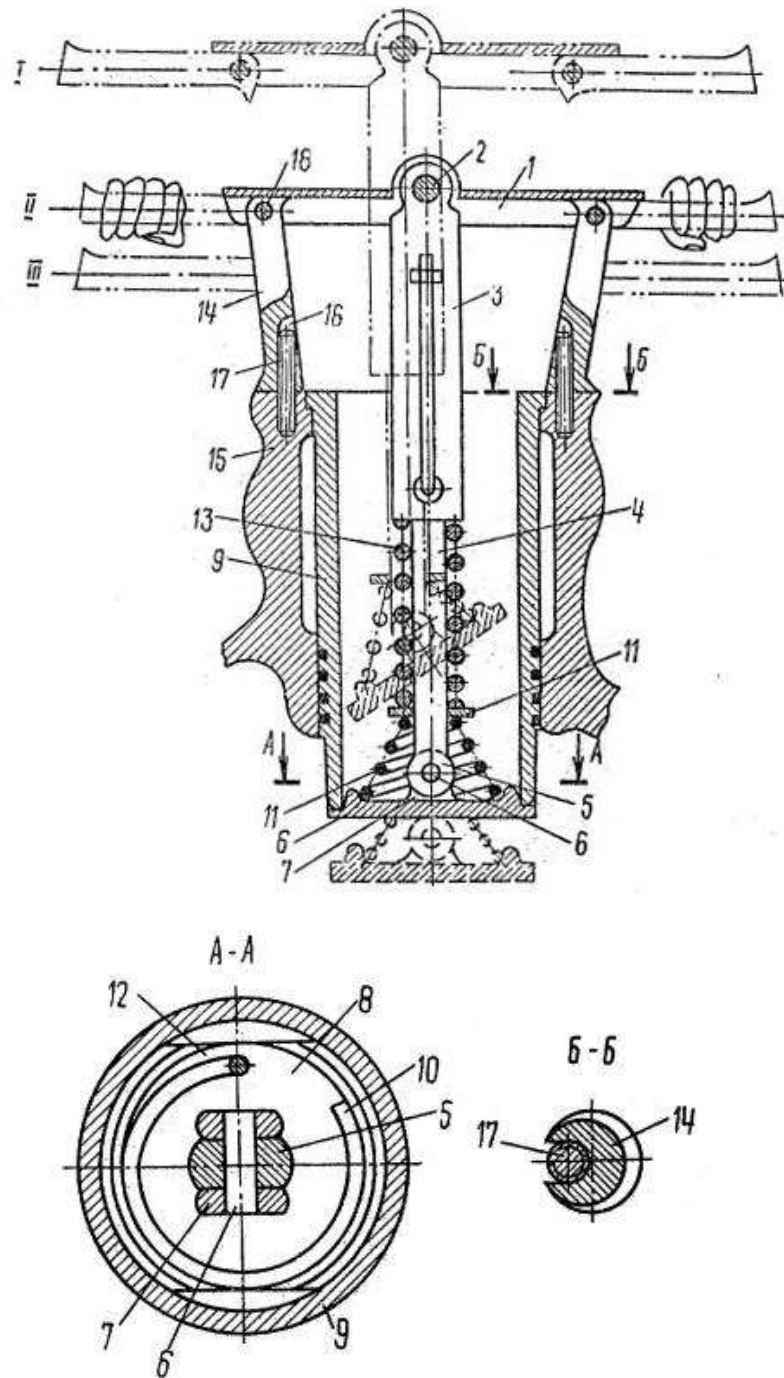


Рис. 4.4. Загальний вигляд пристрою для випресовування гільз з блоків  
циліндрів двигунів

Пропонований пристрій для видалення гільз циліндрів двигунів внутрішнього згоряння складається з корпусу 1, на якому розташований тяговий елемент 3, наприклад, гідроциліндр, зі штоком 4. Гідроциліндр зв'язаний з гідронасосом. Кронштейн 7, на якому жорстко закріплений

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

захоплювач 8 з зачепами, шарнірно установлений на вушку штока 5 за допомогою кільця 6.

Захоплювач виконаний у формі кола, яке усічене з протилежних сторін для забезпечення проходження захоплення між стінками гільзи циліндра під певним кутом. Між упором штока 11 і проточкою захоплення 12 встановлена конічна поворотна пружина 10, яка утримує захоплення в положенні, перпендикулярному осі штока 4, і повертає його в це положення після примусового повороту на осі пальця 6. Між циліндром 3 і упором штока 11 на штоку 4 встановлена поворотна пружина 13.

Опорні поворотні штанги 14 на корпусі пристрою призначені для його установки на блоку циліндрів 15. Штанги можуть перебувати у двох положеннях: нижньому - для фіксації пристрою на блоку, і горизонтальному - для використання їх в якості рукояток.

Робота пристрою виглядає наступним чином. За допомогою рукояток 14 захоплювач 8 вставляється в гільзу циліндра (позиція I). Захоплення повертається на кут, достатній для проходження його між стінками циліндра. Захоплення опускається в циліндр до звільнення його та встановлення його в горизонтальне положення під дією поворотної пружини 10 захоплення (позиція II). Потім пристрій піднімається до установки захоплення під гільзу циліндра 9 (позиція III), і за допомогою обертання штанг 14 фіксується на блоку циліндрів. Гідронасосом шток 4 піднімається, передаючи тягове зусилля на захоплення 8 і випресовуючи гільзу циліндра 9. Після відключення гідронасоса поворотна пружина штока повертає його в крайнє нижнє положення, захоплення повертається на необхідний кут і витягується з гільзи.

Потім ця операція повторюється для наступної гільзи. Використання захоплення, закріпленого на кронштейні і шарнірно встановленого на штоку, дозволяє збільшити опорну площу захоплення, а конічна пружина дозволяє повертати його на значний кут. На рисунку 4.5 зображено загальний вигляд пристрою для випресування гільз з блоків циліндрів.

									ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						58

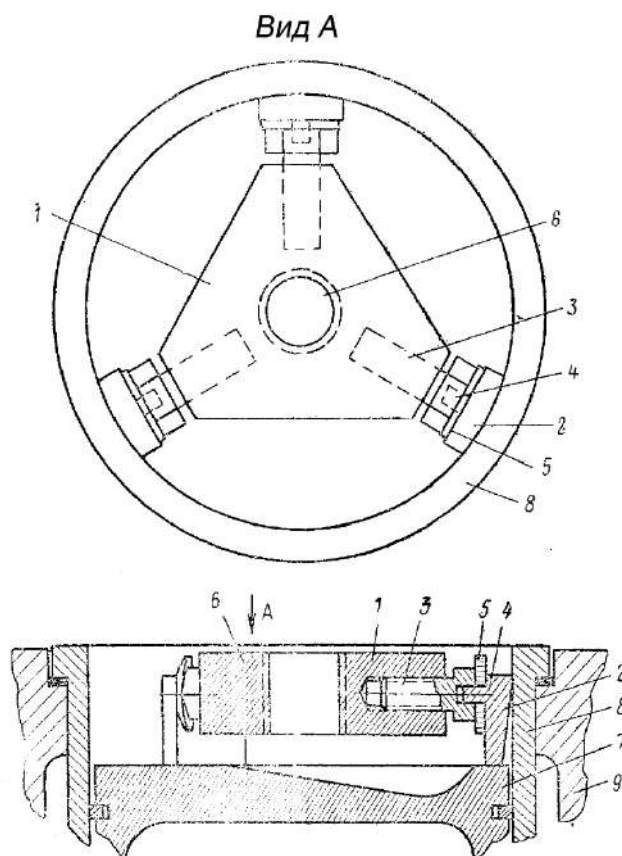


Рис. 4.5. Пристрій для випресовування гільз з блоків циліндрів

Пристрій має корпус 1 у формі шайби, на зовнішній бічній поверхні якого розташовані три клиноподібних поворотних захоплення 2, розміщені на однаковій відстані одне від одного. Кожне захоплення може переміщатися в радіальному напрямку до упору в стінки випресовуваної гільзи за допомогою притискного гвинта 3, який з'єднаний з захопленням через циліндричний хвостовик 4, що входить в осьовий отвір, передбачений в торці головки притискного гвинта. Щоб поліпшити ковзання між захопленням і торцем головки притискного гвинта, встановлена шайба 5 з отвором для гвинта 6. Пристрій працює наступним чином: спочатку його вводять всередину гільзи в області захоплення. Обертаючи головками притискних гвинтів, останні переміщують клиноподібні захоплення, які розширюють гільзу в радіальному напрямку. Робочий хід пристрою здійснюється за допомогою поршня 7, що розташований у гільзі 8. Поршень приводиться в рух і, впираючись у торці

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

захоплення, виштовхує гільзу з блоку 9. При необхідності інші види приводу, що підключаються до корпусу 1 через центральний нарізний отвір, можуть надавати пристрою осьовий рух. Навіть незначне вироблення на робочій поверхні гільзи дозволяє невеликому притисканню захопленя до її стінок, щоб забезпечити надійне зчеплення пристрою з гільзою. Таким чином, пристрій може використовуватися для випресування гільз з блоків циліндрів різного розміру.

## **5. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ ІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ**

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Забезпечення електробезпеки на виробництві здійснюється шляхом використання відповідної конструкції електроустановок, застосування технічних засобів і методів захисту, а також організаційних заходів.

Конструкція електроустановок має відповідати умовам експлуатації, забезпечувати захист персоналу від можливого контакту зі струмоведучими і рухомими частинами, а також від потрапляння внутрішніх деталей обладнання сторонніх предметів і рідин.

Для уникнення випадкового контакту зі струмоведучими частинами застосовуються такі методи та засоби безпеки, як: захисні бар'єри; ізоляція струмоведучих елементів; використання низьких напруг; правильна організація електромережі; захисне заземлення; захисне нейтралювання; автоматичне відключення; захист від небезпеки при переході напруги з вищого рівня на нижчий; компенсація струмів короткого замикання; ізолюючі засоби безпеки та охоронні пристрої.

Для того щоб запобігти можливого контакту або небезпечному наближенню до ізольованих струмоведучих частин, необхідно забезпечити їх недоступність за допомогою бар'єрів, блокувань або розміщення на недосяжній висоті або місці. Бар'єри можуть бути виготовлені як суцільні, так і сітчасті (з розміром віконця 25x25 мм). Суцільні бар'єри у формі кожухів та кришок використовуються в електроустановках з напругою до 1000 В. Бар'єри можуть бути виготовлені у формі кришок, дверцят або дверей, які закриваються на замок або забезпечені блокуванням. Використання від'ємних кришок, які закріплені болтами, не гарантує надійного захисту, оскільки їх можуть часто знімати, губити або використовувати для інших цілей, що може призвести до того, що струмоведучі частини залишаться відкритими протягом тривалого часу. Сітчасті бар'єри мають двері, які закриваються на замок, і використовуються в установках з напругою до 1000 В і більше.

Важливу роль у забезпеченні безпеки від недосяжності струмоведучих частин відіграє блокування. Воно призначене для запобігання недбалому

										ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							61

втручанню персоналу та уникненню доступу до небезпечних зон. Блокування забезпечує відключення напруги від струмоведучих частин електроустановок у випадках, коли до них звертаються без відключення напруги, і застосовується в електроустановках з напругою понад 250 В, де часто проводяться роботи з огороженими струмоведучими деталями (такими як випробувальні стенди, пристрої для випробування ізоляції під високою напругою тощо).

Блокування також застосовується у вимикачах, запобіжниках, автоматичних вимикачах та інших електричних пристроях, де існують підвищені ризики. За принципом дії блокування поділяють на механічне і електричне.

Механічне блокування перешкоджає відкриванню обладнання (зняттю кришки), коли воно включене, і навпаки, увімкненню обладнання при відкритій (знятій) кришці. У пристроях автоматики, обчислювальних машинах, радіо- та відеообладнанні використовуються блокові схеми: коли блок виїжджає або віддаляється зі свого місця, штепсельне роз'єднання переривається. Таким чином, блок автоматично відключається при відкритті його струмоведучих деталей.

Електричне блокування перериває ланцюг за допомогою спеціальних контактів, що встановлені на дверцятах огороження, кришках і дверях кожухів. Це блокування раціонально поєднувати з дистанційним управлінням електрообладнанням.

Для попередження про наявність напруги на різних частинах електрообладнання широко використовується світлова сигналізація. Експлуатаційний персонал зобов'язаний слідкувати за її працездатністю, заміною сигнальних ламп тощо, оскільки це важливий технічний засіб захисту від випадкового дотику до струмоведучих деталей.

Для чіткої орієнтації персоналу та уникнення помилок у визначенні стану ввімкнення та вимкнення обладнання, яке передає напругу у

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ				62

електричних системах, використовуються написи, що позначають стан апарату, такі як "УВІМК.", "ВИМК." та інші. Для попередження помилкових дій персоналу, які можуть призвести до контакту зі струмоведучими частинами, також використовуються попереджувальні та заборонні позначення і написи, наприклад: "Стоп! Напруга!", "Не увімкати! Працюють люди!" та інше. Важливо встановити чіткий порядок вивішування і зняття переносних плакатів, які сприятимуть формуванню у персоналу уважного ставлення до цих засобів безпеки.

Покриття струмоведучих частин або їх відокремлення від інших деталей шаром діелектрика забезпечує правильне розподілення струму та безпечну експлуатацію електричного обладнання. В електричних установках застосовуються різні види ізоляції: робоча, допоміжна, подвійна та посилена.

Робоча ізоляція захищає струмоведучі частини від ураження електричним струмом та забезпечує нормальне функціонування електричної системи.

Допоміжна ізоляція використовується як додатковий шар захисту у разі пошкодження робочої ізоляції.

Подвійна ізоляція складається з робочого та допоміжного шарів ізоляції.

Посилена ізоляція - це покращена версія робочої ізоляції, яка надає такий самий рівень захисту, як і подвійна.

При подвійній ізоляції, крім основного робочого шару, на струмоведучих частинах застосовується додатковий шар ізоляції, який захищає людину від контакту з металевими неструмоведучими частинами, що можуть опинитися під напругою у разі пошкодження робочої ізоляції. Найефективнішою формою подвійної ізоляції є використання ізоляційних корпусів для електрообладнання. Зазвичай, подвійну ізоляцію мають електричні пристрої, такі як вимикачі, розетки, вилки, лампові патрони, портативні лампи, електричні вимірювальні прилади, ізольовані ручні інструменти та інше. Більшість випадків уражень в електричних системах з

									ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						63

напругою до 1000 В (внаслідок прямого контакту зі струмоведучими частинами або контакту з металевими корпусами електрообладнання, які опинилися під напругою через пошкодження ізоляції) пов'язані з пошкодженням ізоляційного шару. Надійність ізоляції повинна забезпечуватися правильним вибором ізоляційного матеріалу, його формою та геометричними розмірами з урахуванням умов експлуатації (напруги, вологості, температури, наявності хімічно активних речовин, струмового пілу та іншого); захистом від механічних пошкоджень; проведенням періодичних випробувань відповідно до норм ПУЕ; систематичним контролем за станом ізоляції з проведенням профілактичних перевірок згідно з вимогами ПУЕ та Правил техніки безпеки (ПТБ).

Важливо пам'ятати, що навіть найякісніша ізоляція з часом може втратити свої властивості через фізичні процеси, пов'язані з роботою обладнання, вплив навколишнього середовища та інші фактори. Тому систематичне технічне обслуговування та профілактика електричних систем, а також постійний контроль за станом ізоляції, є надійними гарантіями забезпечення електробезпеки.

Опір ізоляції регламентується для різних частин мережі та повинен складати не менше 10 МОм для вторинних ланцюгів систем керування, захисту, вимірювання та сигналізації в електроустановках з напругою понад 1000 В; 5 МОм для вторинних ланцюгів систем керування, захисту та сигналізації в релеєвих та контакторних схемах установок з напругою до 1000 В.

Виробники широко використовують випробування ізоляції підвищеною напругою, що є найбільш ефективним методом для виявлення місцевих дефектів ізоляції та визначення її міцності, тобто здатності протистояти робочій напрузі протягом тривалого періоду. Електричні машини та апарати випробовуються струмом промислової частоти, зазвичай, протягом 1 хвилини. Подальше вплив струму може вплинути на якість ізоляції. Значення

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			64

випробувальної напруги регламентується в залежності від номінальної напруги обладнання та типу ізоляції.

Мала напруга - це номінальна напруга змінного струму, яка не перевищує 42 В і використовується з метою зменшення ризику ураження електричним струмом. Якщо номінальна напруга електроустановки не перевищує припустимого значення напруги дотику, то навіть одночасний контакт людини зі струмоведучими частинами різних фаз або полюсів є безпечним.

Найвищий рівень безпеки досягається при напрузі від 6 до 12 В, оскільки при такій напрузі струм, що протікає через людину, не перевищує 1,5 мА. У приміщеннях з підвищеним ризиком та особливо небезпечних, де опір тіла людини може бути значно знижений, струм, який протікає через тіло людини, може бути кілька разів вищим за ці значення. Однак, навіть за умови опору тіла людини  $R_{л} = 1000 \text{ Ом}$ , при напрузі 12 В струм не перевищує допустимого значення при випадковому дотику - 12 мА.

Джерелом малої напруги можуть бути батареї гальванічних елементів, акумулятори, випрямне обладнання, перетворювачі частоти, знижуючі трансформатори, які працюють на напругах 12, 24 та 42 В. Використання автотрансформаторів як джерела малої напруги заборонено, оскільки мережа малої напруги в цьому випадку завжди пов'язана з мережею вищої напруги.

Електричне розділення мережі. Розгалужена мережа значної протяжності має велику ємність та малий активний опір ізоляції стосовно землі. Тому навіть однофазний дотик в мережі, навіть з ізольованою нейтраллю, є безумовно небезпечним.

Розділення такої однієї великої розгалуженої мережі на невеликі мережі зі значно меншою ємністю та високим опором ізоляції значно знижує ризик ураження. Зазвичай, електричне розділення мережі здійснюється шляхом підключення окремих споживачів через розподільний трансформатор, який живиться від основної розгалуженої мережі.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Для такого розділення можуть використовуватися не лише трансформатори, а й перетворювачі частоти та випрямні установки, але вони повинні бути підключені до мережі живлення лише через розподільний трансформатор.

Захисне заземлення. Захисне заземлення - це примусове електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин електроустановок, корпусів, оболонок, конструкцій, огорож та іншого обладнання, які можуть опинитися під напругою через пошкодження ізоляції.

Основна мета захисного заземлення полягає у зниженні до безпечного рівня напруги відносно землі, яка виникає на металевих неструмоведучих частинах електроустановок при пошкодженні ізоляції або їх з'єднанні з струмоведучими частинами. Безпека забезпечується шляхом заземлення корпусу заземлювача, який має низький опір та мінімальний коефіцієнт напруги дотику.

Захисне заземлення може бути ефективним, якщо струм короткого замикання на землю не збільшується зі зменшенням опору заземлення. Це можливо в мережах з ізольованою нейтраллю, де при короткому замиканні на землю або на заземлений корпус струм не залежить від провідності (або опору) заземлення, а також в мережах з напругою понад 1000 В і заземленою нейтраллю. У цьому випадку коротке замикання на землю є коротким замиканням, і максимальний струмовий захист спрацьовує. В мережах з напругою до 1000 В із заземленою нейтраллю заземлення не є ефективним, оскільки навіть при глухому замиканні на землю струм залежить від опору заземлення, і з його зменшенням струм зростає.

Згідно з чинними правилами, захисне заземлення має бути організоване в електроустановках з напругою понад 42 В змінного струму та 110 В - постійного струму в приміщеннях із підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, та на зовнішньому електрообладнанні.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Об'єкти, які підлягають заземленню, повинні бути під'єднані до заземлюючої магістралі за допомогою окремого заземлюючого провідника. Не дозволяється послідовне з'єднання заземлюючих провідників від кількох одиниць обладнання, оскільки у випадку порушення цілісності з'єднання незаземленими можуть стати кілька електроустановок одночасно. Опір заземлюючого пристрою дорівнює сумі опорів розподілу струму з заземлювачів у землю та опору заземлюючих провідників.

Для забезпечення безпеки величина опору заземлюючих пристроїв, згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), не повинна перевищувати 4 Ом, а при потужності генераторів та трансформаторів до 100 кВА опір заземлюючих пристроїв повинен бути не менше 10 Ом.

Заземлюючим пристроєм називається сукупність з'єднаних між собою заземлювачів-провідників (електродів), які знаходяться в прямому контакті з землею, та заземлюючих провідників, які з'єднують заземлюючі частини електрообладнання із заземлювачем.

Приєднання заземлюючих провідників до заземлювачів, заземлюючого контуру та до заземлюючих конструкцій повинно виконуватися шляхом зварювання або надійним болтовим з'єднанням. Открыто прокладені заземлюючі провідники повинні мати виділене фарбування згідно з вимогами ГОСТ. Використання землі як фазного або нульового провідника в електроустановках з напругою до 1000 В заборонено.

Залежно від розташування заземлювачів щодо заземленого обладнання їх ділять на зовнішні і внутрішні. Перевагою зовнішнього заземлюючого пристрою є можливість вибору місця розташування електродів з найменшим опором землі. Контурний заземлюючий пристрій відрізняється тим, що заземлюючі електроди розміщуються поза межами (периметром) території, де розташоване заземлюване обладнання.

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			67

Основним елементом заземлюючого пристрою є заземлювачі, які можуть бути природними або штучними. Природні заземлювачі включають в себе різні металеві конструкції, такі як арматура залізобетонних конструкцій, металеві оболонки кабелів (за винятком алюмінієвих), обсадні труби тощо. Перевагу слід надавати природним заземлювачам.

Будь-які виявлені пошкодження та вжиті заходи поправок повинні бути зафіксовані в журналі огляду заземлюючих пристроїв або оперативному журналі.

Занулення - це примусове електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою.

Мета занулення полягає в захисті від ураження електричним струмом при дотику до неструмоведучих металевих частин електроустановки, яке опинилося під напругою. Занулення застосовується в електроустановках з напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю (трифазних чотирипровідних) або з глухозаземленим виводом джерела однофазного струму.

Суть занулення полягає в тому, що завдяки примусовому з'єднанню металевих корпусів обладнання з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення будь-яке замикання на корпус перетворюється в однофазне коротке замикання з подальшим автоматичним відключенням аварійного ділянки від мережі за допомогою захисних пристроїв (переривачів, автоматичних вимикачів тощо). Крім того, ще до спрацьовування захисту викликається перерозподіл напруги в мережі, що знижує напругу корпусу відносно землі. Отже, занулення зменшує напругу дотику та обмежує час, протягом якого людина, що торкнулася корпусу, може потрапити під дію напруги.

Для швидкого відключення аварійної ділянки необхідно, щоб струм короткого замикання був достатньо великим. Згідно з вимогами ПУЕ, цей струм повинен бути не менше, ніж в три рази перевищує номінальний струм

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					68

плавкої вставки найближчого запобіжника або номінальний струм нерегульованого роз'єднувача автоматичного вимикача.

В мережі із зануленням важливо розрізнити нульовий захисний провід (НЗ) та нульовий робочий провід (НР). Нульовий захисний провід з'єднує заземлені частини з заземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму або її еквівалентом. Нульовий робочий провід використовується для живлення струмом електроприймачів і також з'єднується з заземленою нейтраллю трансформатора або генератора.

У мережі із зануленням не можна використовувати заземлення окремих електроприймачів, не з'єднавши їх перед цим з нульовим захисним проводом. У протилежному випадку при замиканні фази на заземлене, але не підключене до нульового захисного проводу тіло влаштовується ланцюг струму через заземлення нейтралі джерела струму. Це дуже небезпечно, оскільки засоби захисту не зможуть вимкнути такий електроприймач через малий струм, і небезпечна напруга на всіх корпусах може залишатися, поки заземлене прилад не буде відключено вручну.

Важливо відзначити, що якщо заземлений корпус одночасно заземлений, то це тільки збільшить безпеку, оскільки це забезпечує додаткове заземлення нульового захисного проводу.

Захисне відключення - це система, що забезпечує автоматичне швидке відключення аварійної ділянки мережі при замиканні на корпус, при зниженні опору ізоляції відносно землі або у випадку безпосереднього контакту людини, що стоїть на землі, із струмовою частиною електроустановки, що перебуває під напругою.

Найбільш раціональним є використання захисного відключення в електроустановках напругою до 1000 В в таких випадках: в рухомих електроустановках з ізолюваною нейтраллю; в стаціонарних установках для захисту електрифікованого інструменту; в умовах підвищеної небезпеки в стаціонарних електроустановках з наглухо заземленою нейтраллю на окремих

									ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						69

споживачах великої потужності. Пошкодження електроустановки призводить до змін певних величин, які можна використовувати як вхідні величини автоматичного приладу, що здійснює захисне відключення. Так, при замиканні на корпус він перебуває під напругою відносно землі. Якщо корпус заземлений або замикання відбулося безпосередньо на землю, виникає струм замикання на землю, і внаслідок порушення симетрії опору фаз відносно землі, при замиканні на землю змінюються фазні напруги відносно землі, і виникає напруга між нейтраллю джерела та землею. Замикання на землю призводить до зниження загального опору мережі відносно землі. Всі пристрої захисного відключення складаються із датчика, перетворювача і виконавчого органу. В залежності від прийнятих вхідних величин пристрої захисного відключення умовно діляться на типи, які реагують на потенціал (напругу) корпусу відносно землі, струм замикання на землю, напругу і струм нульової послідовності, напругу фази відносно землі, оперативний струм, вентильні схеми. При пошкодженні ізоляції між обмотками вищої і нижчої напруги трансформатора виникає небезпека переходу напруги і, як наслідок, - небезпека ураження людини, виникнення пожежі. Засоби захисту залежать від режиму нейтралі. Захист від небезпеки переходу напруги із мережі вищої і мережу нижчої напруги здійснюється шляхом заземлення нейтралі або фази мережі нижчої напруги .

Мережі з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю, що з'єднані через трансформатор з мережами напругою понад 1000 В, мають бути захищені пробивним запобіжником, розміщеним в нейтралі або фазі на стороні нижчої напруги трансформатора. У разі пошкодження ізоляції між обмотками вищої та нижчої напруг відбувається пробивання цього запобіжника, і нейтраль або фаза нижчої напруги заземлюється. Замиканням на землю називається випадкове електричне з'єднання частин електроустановки, які знаходяться під напругою відносно землі. Замикання на землю може виникнути внаслідок контакту між струмоведучими частинами і заземленим корпусом або

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			70

конструктивними частинами обладнання при падінні на землю обірваного проводу, порушенні ізоляції обладнання тощо. У всіх цих випадках струм від частин, що знаходяться під напругою, проходить в землю через електрод, що контактує з ґрунтом. Такий спеціальний металевий електрод відомий як заземлювач. Струм заземлювача на землю, а отже, і струм через людину в мережі з ізольованою нейтраллю, залежить не тільки від опору ізоляції, але й від ємності мережі відносно землі. Контроль і профілактика пошкоджень ізоляції дозволяють підтримувати її опір на високому рівні. Ємність фаз відносно землі не залежить від будь-яких дефектів, вона визначається загальною довжиною мережі, висотою підвішування проводів повітряної мережі, товщиною фазної ізоляції жил кабелю, тобто геометричними параметрами. Тому ємність мережі не може бути знижена. В процесі експлуатації ємність мережі змінюється лише за рахунок відключення і включення окремих ліній, що визначається технологічними вимогами. Компенсація ємнісної складової струму замикання на землю приймається зазвичай в мережах напругою вище 1000 В. В цих мережах компенсація використовується для гасіння дуги розмикання при замиканні на землю і зниження напруги, що виникає в такий момент. Одночасно зменшується струм замикання на землю. ПУЕ передбачають компенсацію, якщо струм замикання на землю перевищує такі значення струму в мережах напругою: 35 кВ - 10 А; 15...20 кВ - 15 А; 10 кВ - 20 А; 6 кВ - 30 А.

У схемах блоків генератора-трансформатора напругою 620 кВ компенсація обов'язкова при струмі замикання на землю більше 5 А. При струмах замикання на землю 50 А і більше зазвичай встановлюють дві компенсуючі котушки. Компенсуючі котушки іноді називають дугогасними, оскільки, зменшуючи величину струму на землю, вони сприяють гасінню дуги між струмоведучими і заземленими частинами, тим самим усуваючи пошкодження - замикання на землю. Часом у зв'язку з недосяжністю або відсутністю нейтралі джерела дугогасіння (компенсуючої котушки)

						ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			71

включається нейтральна точка струмоприймача (трансформатора, синхронного компенсатора, двигуна) або штучна нейтральна точка. Компенсація ємності складової струму замикання на землю є ефективною у випадках, коли ємнісна провідність фаз відносно землі більш активна, і зниження загального струму замикання на землю за рахунок компенсації ємності складової має важливе значення. Ця міра захисту використовується як доповнення до інших захисних заходів - захисного відключення або заземлення, оскільки самостійно в більшості випадків вона не гарантує безпеки. Електрозахисні засоби - це переносні та перевозні вироби, які призначені для захисту людей, що працюють з електроустановками, від ураження електричним струмом, від дії електромагнітної дуги і електромагнітного поля. Електрозахисні засоби доповнюють такі захисні пристрої електроустановок, як огорожі, блокування, захисне заземлення, занулення, відключення тощо. Необхідність застосування електрозахисних засобів визначається тим, що під час експлуатації електроустановок іноді виникають умови, коли навіть найдосконаліші захисні пристрої електроустановок не гарантують безпеки людини. Захисні засоби умовно розділяють на ізолюючі, огорожуючі та допоміжні. Ізолюючі засоби розділяються на основні та допоміжні для електроустановок до 1000 В. Основні - показники напруги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, оперативні та вимірювальні штанги. Допоміжні - діелектричні калоші, килимки, ізолюючі підставки. Огорожуючі захисні засоби використовуються для огорожі токоведучих частин, які перебувають під напругою: щити, огорожі-клітки, а також переносне заземлення (не постійне). Допоміжні захисні засоби служать для захисту персоналу від випадкового падіння з висоти, від світлових, теплових, механічних і хімічних впливів електричного струму (захисні окуляри, рукавиці, щитки тощо). Перед початком робіт необхідно виконати технічні та організаційні заходи, від яких залежить безпека працівників.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Для обслуговування електричного устаткування чи проведення ремонтно-монтажних робіт у цеху допускаються особи, які мають стабільний фізичний і психічний стан, а також відсутність вад і захворювань, які можуть перешкоджати безпечному виконанню завдань. Особи, що приймаються на роботу з обслуговування електричного устаткування, зобов'язані пройти медичний огляд відповідно до вимог Міністерства охорони здоров'я України.

Медичний огляд повторюється кожні 24 місяці. Для роботи з обслуговування електроустаткування допускаються особи, які досягли 18-річного віку, мають технічну кваліфікацію, відповідну до проводимих робіт. Вони повинні пройти підготовку з безпечних методів праці на робочому місці під керівництвом досвідченої особи, пройти перевірку знань перед кваліфікаційною комісією, а також отримати практичні навички з надання першої допомоги при ураженні електричним струмом, штучного дихання тощо. Під час експлуатації електроустановок обов'язково проводяться планові заходи щодо запобігання аваріям. Організація цих заходів в робочих електроустановках повинна відповідати вимогам правил техніки безпеки і залежати від призначення, конструкції, робочої напруги та характеру електроустановки. Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках, де частково або повністю відключена напруга на робочих місцях, вживаються такі технічні заходи: відключаються необхідні електроустановки або їх частини, та приймаються заходи, щоб уникнути випадкового подачі напруги через помилки або власноручне включення комунікаційного обладнання; розміщуються заборонні плакати, у разі потреби встановлюються тимчасові огорожі; підключається переносне заземлення до заземлювальної шини, і перевіряється відсутність напруги на струмоведучих частинах, до яких повинно бути підключене переносне заземлення. Після перевірки відсутності напруги на струмоведучих частинах, накладається заземлення на відключені токоведучі частини електроустановки, робоче місце облаштовується огорожею, і розміщуються попереджувальні та дозвільні

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

плакати. Під час обслуговування і ремонту електроустановок використання металевих драбин забороняється. Для ремонтних робіт використовуються підмостки і драбини, які мають бути міцними та надійними. Драбини, розташовані на гладких поверхнях, повинні мати підставу з гуми, а ті, що використовуються на землі, - гострі металеві кінці. З'єднання драбин заборонено.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## ВИСНОВКИ

Під час аналізу технічного стану блоків циліндрів, які надходять на ремонт, було виявлено, що зміни розмірів і форми циліндрів у блоках різного конструктивного виконання відрізняються. У випадку блоків циліндрів з верхньою сполучною плитою, спостерігається незначний знос циліндрів на рівні 0,045 мм при овальності 0,02 мм. У випадку блоків без верхньої сполучної плити, основним дефектом циліндрів є їх деформація, яка досягає 0,07 ÷ 0,08 мм у верхній зоні циліндрів. Величина зносу циліндрів залежить від конструкції блоків і може бути в діапазоні від незначного (0,055 мм) до значного (0,38 ÷ 0,40 мм).

Розроблена математична модель, яка з високою ймовірністю (98,5%) описує вплив технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на умови теплопередачі. Дослідження показали, що умови теплопередачі поліпшуються при зменшенні товщини стінки гільзи та збільшенні натягу. Кращі умови теплопередачі досягаються при товщині стінки гільзи 1,5 мм, натягу 0,0014 дн.с і шорсткості гільзи Ra 0,20 мкм.

В результаті експериментальних досліджень визначено вплив технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" на монтажні деформації циліндрів. Виявлено, що виступ гільзи над площиною блоку призводить до значного збільшення монтажних деформацій циліндрів. Зміна товщини стінки гільзи від 1,5 до 2,5 мм та натягу в з'єднанні від 0,00045 до 0,0014 дн.с. майже не впливають на монтажні деформації циліндрів.

Дослідження показали відсутність суттєвої різниці в характері та величині монтажних деформацій циліндрів у відновлених блоках з ремонтними чавунними гільзами та в серійних блоках.

Розроблено рекомендації для ремонтних виробництв щодо вибору технологічних параметрів з'єднання "гільза-блок циліндрів" під час

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

відновлення блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів за допомогою ремонтних чавунних гільз.

Розроблено спеціальні пристрої для захоплення і випресування гільз, що підвищують ефективність та якість технології відновлення блоків циліндрів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



9. Депутат О.П., Коваленко І.В. та ін. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. полковника В.С. Франчука - 2-ге вид., доп. – Львів, Афіша, 2001. – 336 с.

10. Гладій М.В. Використання виробничо–ресурсного потенціалу аграрного сектора економіки України (питання теорії, методології і практики) Монографія / М.В. Гладій. – Львів, 1998. – 294с.

11. Бутаков Б.І. Лабораторные исследования износостойкости пары трения сталевого вала и бронзового вкладыша при различных режимах обкатывания роликами / Б.И. Бутаков, В.А. Артюх, И.В. Радченко // Матеріали VII-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Перспективна техніка і технології – 2011» (14 – 16 вересня 2011 року). — Миколаїв: МДАУ, 2011. — С. 14 — 27.

12. Пуятіна Л.І. Дослідження працездатності інструмента при зміцнювальній механічній обробці високоміцного чавуну / Л.І. Пуятіна, Л.А. Тимофеева, Н.О. Лалазарова // Вісник НТУ «ХП»: 36. наук, праць. Тематич. випуск: Технології в машинобудуванні. - Харків: НТУ «ХП». - 2002. - № 19. - С. 81-84.

13. Калашніков А.Г. Ремонт базисних деталей тракторів. - К.: Урожай, 1965.-36с.

14. Основи технічного сервісу транспортних засобів: навч. посіб. / Є. Ю. Формальчик, Р. Я. Качмар ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 304 с.

15. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Формальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Львівська політехніка. 2017. 324 с.

16. Станції технічного обслуговування: НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК. Клименко С. Г.// Харків: ХНАДУ. 2006. 35 с.

17. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. К.: Вища ШК., 2007. 527 с.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					78

18. ТЕХНОЛОГІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ  
МАШИН Зубехіна-Хайят О. В. Миколаїв: МНАУ, 2016. 140 с.

19. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. — К.:  
Либідь, 2006. — 400 с.

					ДРБМТВА 24. 21159.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79