

Форма № Н-9.02

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну  
УДК 681.533.-027.45

## ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри  
надійності техніки  
(назва кафедри)

доц. Новицький А.В.  
(підпис) (ПІБ)  
“ ” 2025 р.

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА на «Дослідження технічного стану та удосконалення технологічного процесу ремонту головок циліндрів»

Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»  
(код і назва)

Спеціалізація -  
Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

### Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доц.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Новицький А.В.  
(ПІБ)

### Керівники магістерської роботи

К.Е.Н., доцент  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Мельник В.І.  
(ПІБ керівника)

### Виконав

(підпис)

Гайдай О.М.  
(ПІБ студента)

Форма № Н-9.01

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет \_\_\_\_\_ конструювання та дизайну \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки

К.Т.Н., доцент Новицький А.В.  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
\_\_\_\_\_ "\_\_\_\_\_" 2025 \_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТА**

**Гайдай Олександр Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і назва)

Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(назва)

Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Тема магістерської роботи «Дослідження технічного стану та удосконалення  
технологічного процесу ремонту головок циліндрів»**

затверджена наказом ректора НУБіПУ від «28»03.2025 р. №2266 «С»

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2025 р.  
(рік, місяць, число)

3. Вихідні дані магістерської роботи:

3.1. Сучасні конструкції, технічні характеристики головок циліндрів

3.2. Типові норми праці на ТО і ремонт головок циліндрів

3.3. Перспективні методи відновлення деталей головок циліндрів

3.4. Каталоги ремонтно-технологічного обладнання для ремонту головок  
циліндрів

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

Вступ

4.1. Аналіз технічного стану головок циліндрів

4.2. Дослідження технічного стану та дефектів головок циліндрів

4.3. Розробка і удосконалення технологічного процесу ремонту

4.4. Охорона праці та безпека життєдіяльності

Висновки

Літературні джерела

5. Перелік графічного матеріалу (за потреби) 5.1 Тема роботи 5.2 Схема ділянки 5.3 Стенд для проведення розбирально-складальних робіт головок циліндрів 5.4 Порівняльний графік зносу стержня клапана 5.5 Охорона праці 5.6 Висновки

---

Дата видачі завдання «16» грудня 2024 р.

Керівники магістерської роботи \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
( підпис ) ( прізвище та ініціали студента )

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи на тему: «Дослідження технічного стану та удосконалення технологічного процесу ремонту головок циліндрів» містить 65 сторінки, 19 таблиць, 19 рисунків та 21 використаних джерел.

Актуальність теми зумовлена зростанням вимог до надійності та довговічності двигунів внутрішнього згоряння, а також необхідністю підвищення якості та ефективності ремонтних робіт у сучасних умовах експлуатації автотранспортних засобів. Головка блока циліндрів є одним із найбільш навантажених елементів двигуна, що працює в умовах високих термічних, механічних та хімічних впливів. Недостатня точність відновлення, застосування застарілих технологій та обладнання призводять до повторних відмов, зниження ресурсу двигуна та збільшення експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим удосконалення технологічних процесів ремонтування головок циліндрів є актуальним науково-прикладним завданням.

Об'єкт дослідження – процес технічної експлуатації та ремонтування головок блока циліндрів двигунів внутрішнього згоряння.

Предмет дослідження – методи діагностування технічного стану та технологічні процеси ремонтування головок циліндрів.

Мета роботи – дослідження технічного стану головок циліндрів та розробка удосконаленого технологічного процесу їх ремонтування з метою підвищення якості відновлення і ресурсу роботи двигуна.

У першому розділі виконано аналіз технічного стану головок циліндрів, розглянуто їх конструктивні особливості, робочі процеси, типові умови експлуатації та причини зношування, а також наведені вимоги до технічного стану перед експлуатацією. Сформульовані завдання магістерської кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведені дослідження технічного стану та дефектів головок циліндрів із використанням сучасних методів діагностування, виконані візуальний та інструментальний контроль, перевірка герметичності,

експериментальна оцінка зносу робочих поверхонь та аналіз причин виникнення дефектів.

У третьому розділі розроблено та удосконалено технологічний процес ремонтування головок циліндрів, обґрунтовано вибір обладнання й інструментів, наведено порівняльний аналіз базового та удосконаленого варіантів ремонтування, а також визначено рекомендації щодо підвищення якості відновлення.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при виконанні ремонтних робіт, проаналізовано шкідливі та небезпечні виробничі фактори та запропоновано заходи щодо зниження їх впливу.

У висновках узагальнено результати досліджень, сформульовано основні науково-практичні положення та рекомендації щодо удосконалення технологічного процесу ремонтування головок циліндрів.

**Ключові слова:** двигун внутрішнього згоряння, головка блока циліндрів, технічний стан, діагностування, дефекти, зношування, технологічний процес ремонтування, відновлення деталей, ремонтне обладнання, точність обробки, надійність, ресурс, автосервіс, технічне обслуговування

## Зміст

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ВСТУП</b>                                                                                                         | 8  |
| <b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ</b>                                                           | 9  |
| 1.1. Технічна характеристика двигуна Ауді А4 2.0 tfsi як об'єкта ремонтування в умовах підприємства Audi Centr Vipos | 9  |
| 1.2 Призначення та конструктивні особливості головок циліндрів                                                       | 10 |
| 1.3. Робочі процеси в головці циліндрів                                                                              | 12 |
| 1.4. Типові умови експлуатації та причини зношування головок циліндрів                                               | 14 |
| 1.5. Вимоги до технічного стану головок перед експлуатацією                                                          | 15 |
| 1.6. Задачі магістерської кваліфікаційної роботи                                                                     | 17 |
| <b>РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ДЕФЕКТІВ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ</b>                                          | 18 |
| 2.1. Методики діагностування головок циліндрів                                                                       | 18 |
| 2.2. Визначення дефектів шляхом візуального та інструментального контролю                                            | 19 |
| 2.3. Дослідження герметичності та стану охолоджувальних каналів                                                      | 20 |
| 2.4. Експериментальна оцінка зносу робочих поверхонь                                                                 | 25 |
| 2.5. Аналіз причин виникнення дефектів за результатами досліджень                                                    | 29 |
| <b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ</b>                                             | 32 |
| 3.1. Існуючі технології ремонту головок циліндрів                                                                    | 32 |
| 3.2 Загальна характеристика ділянки по ремонту головки циліндрів                                                     | 38 |
| 3.3. Вибір обладнання та інструменту для відновлення                                                                 | 40 |
| 3.4. Порівняння витрат: стандартний та удосконалений процес                                                          | 47 |
| 3.5. Економічне обґрунтування запропонованих удосконалень                                                            | 50 |
| <b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ</b>                                                            | 53 |
| 4.1. Характеристика умов праці в ремонтному цеху                                                                     | 53 |
| 4.2. Вимоги техніки безпеки під час ремонту головок                                                                  | 55 |
| <b>ВИСНОВКИ</b>                                                                                                      | 59 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>                                                                                | 61 |

## ВСТУП

Двигуни внутрішнього згоряння залишаються основним видом силових агрегатів у сучасному транспорті та техніці. Однією з ключових складових двигуна є головка блоку циліндрів, яка забезпечує герметизацію камери згоряння, функціонування газорозподільного механізму та ефективне відведення тепла. Постійний вплив високих теплових і механічних навантажень спричиняє появу дефектів цієї деталі, що зрештою призводить до порушень у роботі двигуна та збільшення витрат на його обслуговування. Своєчасне і якісне відновлення головок блоку циліндрів дозволяє скоротити витрати на ремонт двигунів, подовжити їхній термін служби та підвищити надійність.

Однак наявні технології ремонту не завжди гарантують необхідний рівень точності та довговічності відновлених елементів. У зв'язку з цим актуальним є дослідження технічного стану головок блоків циліндрів і вдосконалення технологічних процесів їх ремонту.

Метою роботи є дослідження технічного стану головок циліндрів та розробка удосконаленого технологічного процесу їх ремонту.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ

### 1.1 Технічна характеристика двигуна Ауді А4 2.0 tfsi як об'єкта ремонтування в умовах підприємства Audi Centr Vipos

Двигун 2.0 TFSI EA888 (Gen 3) – це третє покоління сімейства турбованих бензинових моторів VAG, яке прийшло на зміну Gen 2 приблизно у 2012–2013 роках. У ньому були виправлені більшість слабких місць попередньої версії, зокрема витрата масла та проблеми з ланцюгом ГРМ.

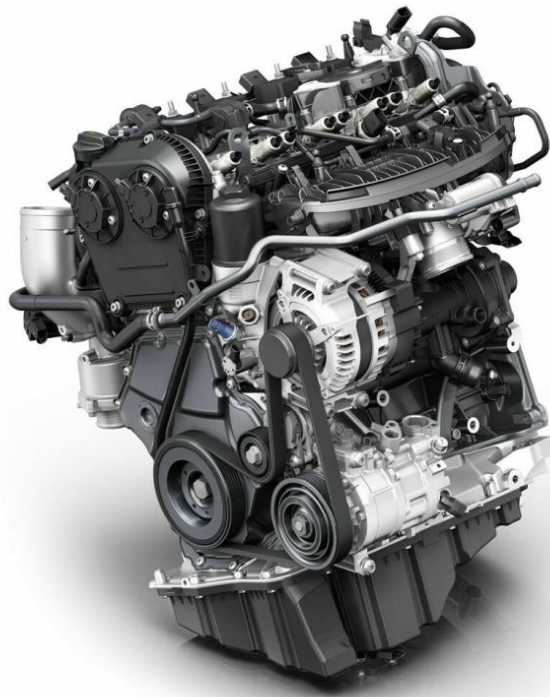


Рис. 1.1 Двигун 2.0 TFSI EA888 (Gen 3)

Таблиця. 1.1

Технічна характеристика двигуна

| Назва показника | Значення показника                                |
|-----------------|---------------------------------------------------|
| 1               | 2                                                 |
| Тип двигуна     | Рядний, 4-циліндровий, бензиновий, турбований     |
| Об'єм           | 1984 см <sup>3</sup>                              |
| Розташування    | Поперечне або поздовжнє (залежно від моделі авто) |

Продовження табл. 1.1

| 1                 | 2                                     |
|-------------------|---------------------------------------|
| Діаметр циліндра  | 82.5 мм                               |
| Хід поршня        | 92.8 мм                               |
| Формула           | R4, DOHC, 16 клапанів                 |
| Ступінь стиснення | 9.6–10.3:1 (залежить від модифікації) |
| Матеріал блоку    | Чавун з тонкостінними гільзами        |
| Матеріал ГБЦ      | Алюміній з інтегрованим колектором    |
| Тип ГРМ           | Ланцюг (віражна лінія, малошумний)    |
| Клапани           | 4 на циліндр (2 впуск, 2 выпуск)      |
| Змінні фази       | На впуску та на випуску (VVT)         |

### 1.2 Призначення та конструктивні особливості головок циліндрів

Головка блока циліндрів (ГБЦ) є ключовим компонентом конструкції двигуна внутрішнього згоряння. Вона виконує роль герметизації камери згоряння, забезпечує процеси газообміну та формує канали для систем живлення, охолодження і змащування. Розташована на верхній частині блока циліндрів, головка разом із поршнем і гільзою створює робочий об’єм камери згоряння, де відбувається перетворення хімічної енергії палива на механічну роботу.



Рис.1.2 ГБЦ двигуна 2.0 TFSI EA888

Основні функції головки циліндрів включають:

- 1) забезпечення герметичності камери згоряння через площину прилягання та прокладку ГБЦ;
- 2) організацію роботи газорозподільного механізму (ГРМ), де розташовані сідла та напрямні клапанів, а також впускні й випускні канали;
- 3) ефективне відведення тепла від зони згоряння завдяки системі охолоджувальних каналів; регулювання подачі і розподілу робочої суміші, а також видалення продуктів згоряння;
- 4) розміщення елементів допоміжних систем таких як свічок запалювання у бензинових двигунах чи форсунок у дизельних.

Конструктивні особливості головки блоку циліндрів значною мірою визначаються типом двигуна, кількістю клапанів, способом подачі палива та типом системи охолодження. До основних елементів, що зазвичай входять до конструкції ГБЦ, належать наступні:

- корпус головки, виготовлений із литого алюмінію або чавуну для забезпечення міцності та теплопровідності;
- сідла і напрямні клапанів, стійкі до високотемпературного зношування; впускні та випускні канали, які відповідають за створення оптимального газообміну;
- камери згоряння різної геометрії (клиновидні, сферичні, багатоклапанні), що впливають на ефективність згоряння палива;
- канали для системи охолодження та змащення, що забезпечують надійну роботу двигуна при різних навантаженнях;
- отвори для встановлення свічок запалювання або форсунок залежно від типу двигуна.

Матеріали та технології виробництва. У конструкції головок зазвичай використовуються алюмінієві сплави здебільшого у сучасних двигунах, завдяки чому забезпечується зменшена маса та покращена теплопровідність або високоміцний чавун переважно у важких дизельних двигунах, оскільки він має підвищену термостійкість.

Елементи, що зазнають високих теплових навантажень (сідла клапанів, напрямні втулки, вставки камер згоряння), виготовляються з жаростійких металів або сплавів. Встановлюються вони методом запресування або пайки.

### 1.3 Робочі процеси в головці циліндрів

У головці блока циліндрів здійснюються ключові процеси, які забезпечують функціонування двигуна внутрішнього згоряння: наповнення циліндрів повітрям або паливо-повітряною сумішшю, процес горіння, відведення тепла та видалення продуктів згорання. Ефективність цих процесів значною мірою залежить від конструкції головки блока циліндрів, адже вона визначає форму камери згоряння, конфігурацію впускних і випускних каналів, а також розташування клапанного механізму і компонентів системи живлення.

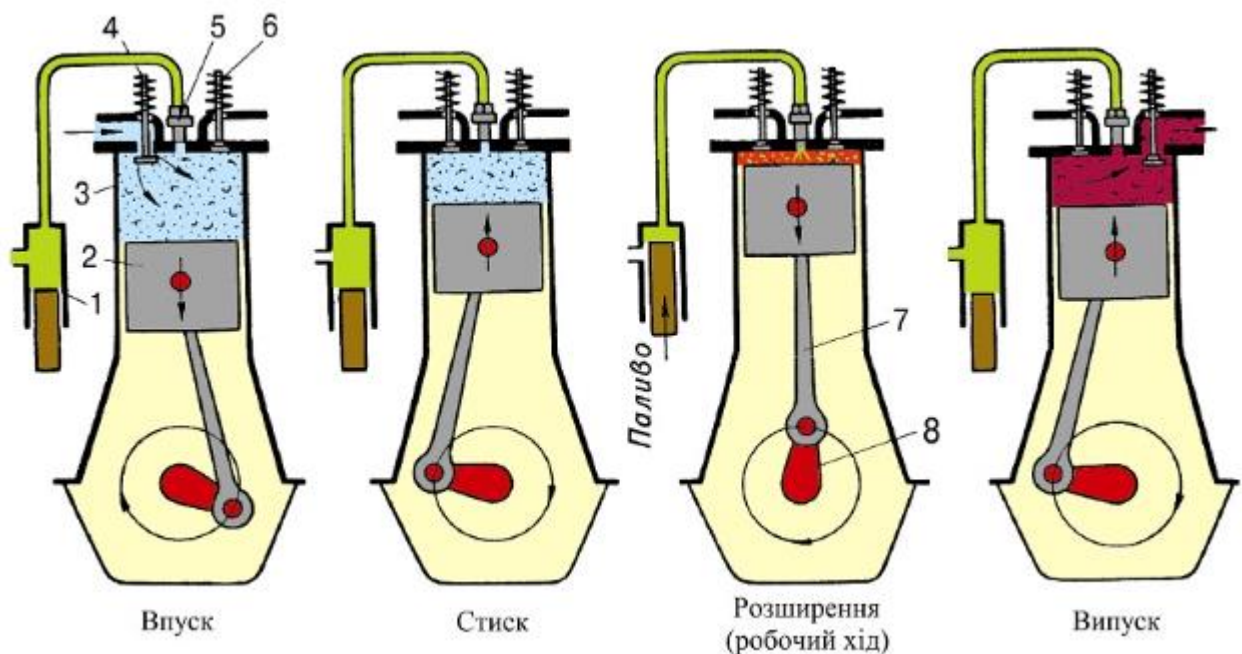


Рис. 1.3 Робочі процеси в ДВЗ:

1 – паливний насос високого тиску; 2 – поршень; 3 – циліндр; 4, 6 – впускний і випускний клапани; 5 – форсунка; 7 – шатун; 8 – колінчастий вал

Газообмінні процеси відбуваються завдяки впускним та випускним клапанам, які розташовані у головці циліндрів. Вони функціонують через

газорозподільний механізм, забезпечуючи точне відкриття і закриття каналів. Під час такту впуску повітря або паливно-повітряна суміш надходить у камеру згоряння через впускні канали, чия форма, розмір і поверхня суттєво впливають на рівень турбулентності потоку і ефективність заповнення циліндра. У фазі випуску відпрацьовані гази через випускні клапани виходять із циліндра. Ефективність їх видалення значною мірою залежить від форми каналу та термостійкості елементів клапанного вузла.

Камери згоряння, що знаходиться у головці циліндра, визначає кілька ключових характеристик, включаючи:

- ступінь стиснення;
- інтенсивність перемішування паливно-повітряної суміші; швидкість поширення полум'я; термічне навантаження на компоненти головки блоку циліндрів (ГБЦ).

У бензинових двигунах у головці розташовується свічка запалювання, яка виконує функцію ініціювання процесу згоряння паливно-повітряної суміші. У дизельних двигунах пальне впорскується через форсунку безпосередньо в камеру згоряння, де відбувається самозаймання під впливом високого тиску та температури. Розміщення свічок запалювання та форсунок має важливе значення для рівномірного згоряння суміші, а також запобігання локальному перегріву елементів двигуна.

Теплові процеси. Під час згоряння температура газів у камері може перевищувати 2000 °С. Найбільшого теплового навантаження зазнають:

- перегородки між клапанами;
- зони над впускними та випускними каналами;
- сідла і тарілки клапанів;
- місця встановлення свічок запалювання та форсунок.

Для забезпечення надійного охолодження головка обладнана розгалуженою системою каналів для циркуляції охолоджувальної рідини. Ефективність відведення тепла залежить від кількості цих каналів, їх раціонального розташування, а також стану та чистоти їхніх поверхонь.

Мастильні процеси є важливим елементом функціонування головки двигуна. Різні компоненти, такі як розподільчі вали, підшипники ковзання та механізми приводу клапанів, потребують якісного змащування для забезпечення їх надійної роботи. Система змащення головки складається з масляних каналів, через які олива надходить до опор розподільчого валу та вузлів газорозподільного механізму. Якщо мастильне середовище не забезпечує належного рівня змащення, це може призвести до швидкого зношування кулачків валу, штовхачів і направляючих клапанів.

#### **1.4 Типові умови експлуатації та причини зношування головок циліндрів**

Головка блока циліндрів постійно зазнає впливу складних експлуатаційних факторів, які включають механічні, термічні та хімічні навантаження. Саме ці умови визначають рівень зношування та появу дефектів, що виникають під час роботи двигуна.

Типові умови експлуатації головок циліндрів.

1. Температурні навантаження та термічні цикли. У камері згоряння температура газів може досягати 2000 °С, тоді як температура поверхні головки коливається в межах 250–300 °С для бензинових двигунів і 300–400 °С для дизельних. Постійні цикли нагрівання і охолодження спричиняють термічні деформації та появу мікротріщин.

2. Тиск газів у камері згоряння. Для бензинових двигунів характерний тиск у діапазоні 10–14 атм, тоді як у дизельних цей показник сягає 20–25 атм. Такий високий тиск викликає розтягування та кручення металу, особливо в зонах сідел клапанів і перегородок.

3. Дія агресивного середовища. Горючі гази, продукти згоряння, конденсат та охолоджувальна рідина можуть провокувати корозію металу, насамперед у місцях, що контактують з охолоджувальною рідиною.

4. Механічні навантаження. Локальні механічні впливи від розподільчих валів, штовхачів, пружин клапанів і кріпильних елементів призводять до зносу напрямних клапанів і шліфованих поверхонь.

Основні причини зносу та пошкоджень:

- термічне старіння матеріалів: регулярні коливання температур змінюють механічні властивості металу, що призводить до утворення тріщин;
- механічне зношування компонентів клапанного механізму: виникає через тертя між клапанами, сідлами та напрямними втулками, особливо за умов недостатнього змащення;
- корозійні процеси: розвиваються під дією охолоджувальної рідини або продуктів згоряння, які містять вологу й агресивні хімічні речовини;
- деформація поверхонь головки блоку циліндрів: трапляється внаслідок надмірного затягування кріпильних елементів, перегрівання або нерівномірного встановлення прокладки;
- сторонні домішки у паливі чи охолоджувальній рідині: провокують абразивний знос каналів і сідел клапанів.

Інтенсивність зношування головки блоку циліндрів визначається якістю експлуатації двигуна, своєчасністю технічного обслуговування, режимами роботи та особливостями конструкції головки. Усвідомлення умов експлуатації та аналіз причин виникнення дефектів є важливим кроком для створення ефективних методів діагностики та вдосконалення технологій ремонту головок блоку циліндрів.

### **1.5 Вимоги до технічного стану головок перед експлуатацією**

Для гарантованої надійності та ефективності роботи двигуна важливо, щоб головка блока циліндрів відповідала певним технічним стандартам до встановлення або після ремонту. Ігнорування цих вимог може спричинити зниження потужності двигуна, збільшення споживання палива, перегрів, витоки охолоджувальної рідини та зменшення терміну служби деталей.

Основні вимоги до технічного стану головок.

1. Геометрична точність поверхні прилягання головки блоку до блоку циліндрів:

- поверхня головки має бути рівною, без видимих дефектів, деформацій чи викривлень.
- допустимі відхилення від площинності зазвичай становлять 0,05–0,1 мм, залежно від характеристик двигуна.

2. Стан сідел і клапанів:

- сидла клапанів мають бути в задовільному стані, без тріщин, значного зносу чи механічних пошкоджень;
- клапани повинні щільно прилягати до сідел, забезпечуючи повну герметичність камери згоряння.

3. Стан каналів охолодження та змащування:

- канали мають бути чистими, без корозії, сторонніх часток або засмічень;
- тріщини чи протікання у зоні охолодження категорично недопустимі.

4. Стан матеріалу та відсутність дефектів. Поверхні головки й перегородок не повинні мати тріщин, вм'ятин чи інших пошкоджень. Особливу увагу приділяють зонам навколо сідел клапанів та місцям кріплення.

5. Справність кріплень і монтажних елементів:

- різьбові отвори повинні бути без дефектів, зносу або викривлень;
- втулки та вставки встановлюють чітко відповідно до креслень і заданих розмірів.

6. Перевірка герметичності. Перед монтажем потрібно провести гідравлічну або пневматичну перевірку герметичності каналів охолодження та камери згоряння.

Дотримання вказаних умов гарантує стабільну роботу двигуна, знижує ризик ранніх пошкоджень і сприяє збільшенню терміну служби головки циліндрів. Ці умови мають ключове значення при діагностиці технічного стану, аналізі дефектів та створенні методів ремонту й відновлення ГБЦ.

## **1.6 Задачі магістерської кваліфікаційної роботи**

Згідно теми магістерської кваліфікаційної роботи **«Дослідження технічного стану та удосконалення технологічного процесу ремонту головок циліндрів»** сформовані наступні задачі досліджень.

1. Провести аналіз конструктивних особливостей головок циліндрів, матеріалів виготовлення та їх впливу на експлуатаційні характеристики.
2. Дослідити робочі процеси, що відбуваються у головці циліндрів під час роботи двигуна, та визначити основні фактори їх впливу на знос деталей.
3. Вивчити типові умови експлуатації головок циліндрів та встановити причини виникнення дефектів.
4. Визначити вимоги до технічного стану головок перед експлуатацією та після ремонтних робіт.
5. Провести дослідження технічного стану головок циліндрів на прикладі конкретного двигуна або ремонтного підприємства.
6. Проаналізувати існуючі технології ремонту та оцінити їх ефективність, точність та трудомісткість.
7. Розробити удосконалений технологічний процес ремонту головок циліндрів із врахуванням сучасного обладнання, матеріалів і методів контролю.

## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ДЕФЕКТІВ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ

### 1.1. Методики діагностування головок циліндрів

Діагностика технічного стану головок циліндрів є важливим етапом у процесі ремонту двигуна. Вона дає змогу виявити дефекти, визначити ступінь зносу компонентів і прийняти рішення щодо їх відновлення або заміни. Залежно від характеру дефектів і наявних технічних засобів, застосовуються різні методи контролю, які поділяються на візуальні, вимірювальні та неруйнівні. Основні методи діагностування головок циліндрів зображено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Основні методи діагностування головок циліндрів

| Метод контролю               | Призначення                                    | Приклад використання                                 | Переваги та недоліки                                             |
|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Візуальний                   | Виявлення зовнішніх дефектів                   | Огляд поверхні, сідел клапанів, каналів              | Простий, швидкий; не дає точних розмірів                         |
| Вимірювальний                | Визначення геометричних параметрів деталей     | Щупи, мікрометри, штангенциркулі                     | Висока точність, але потребує досвіду та спеціального обладнання |
| Магнітопорошковий            | Виявлення тріщин у чавунних елементах          | Нанесення магнітного порошку на намагнічену поверхню | Ефективний для поверхневих дефектів, не підходить для алюмінію   |
| Ультразвуковий               | Виявлення внутрішніх тріщин та неоднорідностей | Ультразвуковий датчик, генератор імпульсів           | Дозволяє перевірити товщину та внутрішню структуру               |
| Гідравлічний та пневматичний | Перевірка герметичності каналів                | Підключення до системи охолодження, подача тиску     | Простий метод, не виявляє внутрішніх мікротріщин                 |

Після застосування базових методів контролю зазвичай переходять до сучасних високоточних технологій, що забезпечують отримання детальнішої інформації про стан головки. Це має особливе значення для головок зі складною конструкцією, алюмінієвим корпусом або багатоклапанною системою. Завдяки таким методам вдається виявляти тріщини, деформації, сліди перегріву та внутрішні дефекти, які залишаються непомітними за стандартних способів перевірки. В таблиці 2.2. наведені сучасні методи контролю дефектів головок циліндрів.

Таблиця 2.2

## Сучасні методи контролю головок циліндрів

| Метод контролю     | Призначення                                |
|--------------------|--------------------------------------------|
| Ендоскопія         | Огляд внутрішніх каналів та камер згоряння |
| Термографія        | Виявлення локальних перегрівів             |
| Лазерне сканування | Вимірювання геометрії та деформацій        |
| Капілярний метод   | Виявлення поверхневих тріщин               |

## 1.2. Визначення дефектів шляхом візуального та інструментального контролю

Виявлення дефектів головок циліндрів є наступним кроком після визначення методики діагностики. Дефекти головок циліндрів поділяються на поверхневі та внутрішні, а також класифікуються за типом: тріщини, деформації, корозія, знос, забруднення або порушення герметичності каналів. Для їхнього виявлення використовують візуальний огляд, інструментальний контроль, а також неруйнівні й сучасні методи. В таблиці 2.3 зображено контроль ГБЦ візуальним та інструментальним методом.

Таблиця 2.3

## Візуальний та інструментальний контроль дефектів головок циліндрів

| Метод контролю | Призначення                            | Дефекти, що виявляються                         |
|----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Візуальний     | Огляд зовнішніх та доступних поверхонь | Тріщини, корозія, задирки, вм'ятини, деформації |

Продовження табл. 2.3

|                  |                                        |                                                                                                |
|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Інструментальний | Вимірювання геометрії та зносу деталей | Прогин плити головки, овальність і діаметр напрямних, знос сідел клапанів, товщина перегородок |
|------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 2.3 Дослідження герметичності та стану охолоджувальних каналів

Головка циліндрів відіграє ключову роль у системі охолодження двигуна, адже саме через її канали проходить охолоджувальна рідина. Стан цих каналів має прямий вплив на ефективність тепловідведення, а також на довговічність роботи двигуна. Перевірка герметичності та аналіз стану каналів допомагають виявити потенційні дефекти, які можуть спричинити перегрів, корозію або порушення герметичності камери згоряння.

Після повного розбирання ГБЦ її перевіряють на герметичність на стенді (рис. 2.1)



Рис. 2.1 Перевірка на герметичність ГБЦ

Основні види дефектів охолоджувальних каналів:

- 1) протікання через тріщини або корозію металу;
- 2) засмічення продуктами експлуатації, накипом або сторонніми частинками;
- 3) деформація каналів внаслідок перегріву або механічних пошкоджень;
- 4) корозія внутрішньої поверхні каналів, що зменшує перетин і ефективність циркуляції рідини.

Дослідження герметичності каналів виконується в кілька етапів (див. рис. 2.2). Спочатку проводиться візуальна оцінка та ендоскопія, щоб виявити великі дефекти, засмічення та корозійні ділянки. Потім застосовують гідравлічний або пневматичний контроль, щоб перевірити герметичність та відсутність протікань. У разі виявлення забруднень або корозії проводиться очищення каналів та повторний контроль.

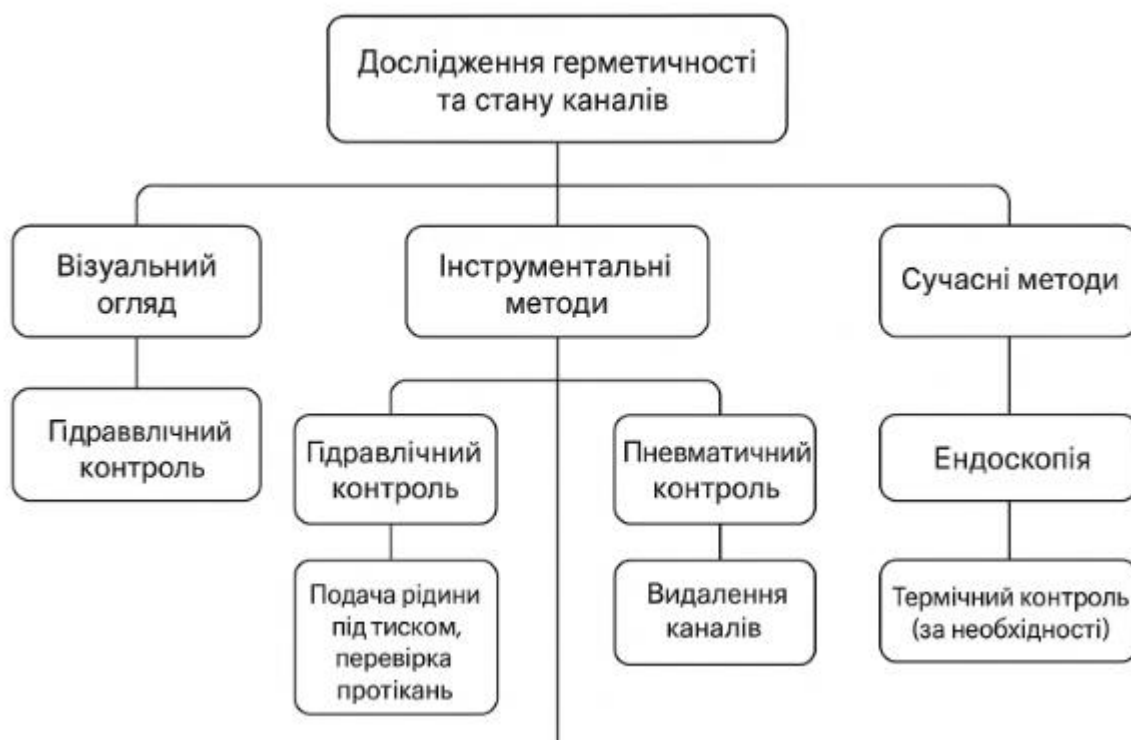
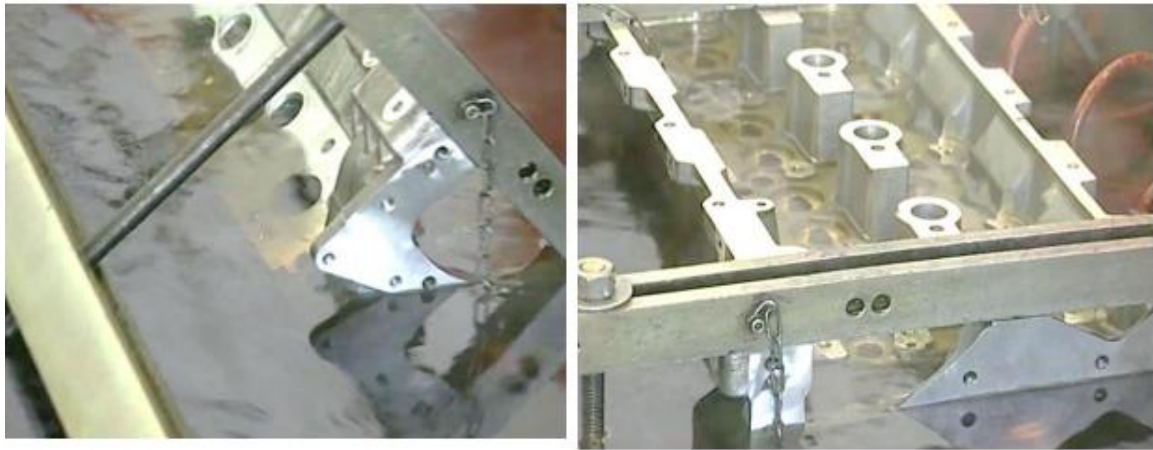


Рис. 2.2 Схема дослідження герметичності та стану каналів ГБЦ

Цілісність головки блока перевіряють за появою бульбашок у розчині, в який її занурюють та обертають навколо горизонтальної осі (див. рисунок 2.3).



а

б

Рис. 2.3 Перевірка цілісності головки методом виявлення бульбашок:  
а – перевірка тріщин в впускних та випускних каналах; б – перевірка тріщин внутрішніх площин

Після проведення гідравлічних випробувань перевіряють рівність поверхні головки блоку за допомогою щупа та контрольної лінійки (див. рис. 2.4).



Рис. 2.4 Перевірка площини прилягання головки блоку циліндрів

Перевірка площини прилягання головки блоку циліндрів до блоку двигуна є необхідною і дуже важливою процедурою під час капітального

ремонту мотора. Нерівність (деформація) цієї поверхні часто стає ключовою причиною пробою прокладки, витікання охолоджувальної рідини або мастила, що в результаті призводить до перегріву двигуна та зниження компресії.

Для точного контролю площини ГБЦ використовують два основні високоточні інструменти:

Повірочна (лекальна) лінійка – це прецизійний інструмент з високоточно відшліфованою робочою гранню (або кількома гранями). Вона слугує еталоном прямолінійності. Лінійки випускаються різної довжини (наприклад, 400 мм, 600 мм), що відповідає розмірам ГБЦ.

Набір щупів (вимірювальні пластини) являє собою набір тонких металевих пластин фіксованої товщини (зазвичай від 0,02 мм до 1,00 мм), які використовуються для кількісного визначення величини просвіту (зазору) між лінійкою та поверхнею ГБЦ.

Контроль проводиться на повністю очищеній, знежиреній та сухій поверхні ГБЦ. Всі залишки старої прокладки, нагар та сліди корозії мають бути видалені.

Перевірка здійснюється за кількома ключовими напрямками, що забезпечує всебічний аналіз поверхні.

Поперечні вимірювання. Лінійка встановлюється поперек ГБЦ (перпендикулярно до осі розподільного вала) над кожною камерою згоряння та між ними.

Поздовжні вимірювання. Лінійка розташовується вздовж ГБЦ (паралельно до осі розподільного вала) – у центральній області та поблизу зовнішніх країв. Діагональні вимірювання: Лінійка накладається по діагоналі для виявлення ознак «скручування» чи деформації кутів.

Процес вимірювання: На кожній ділянці, де між лінійкою та головкою блоку циліндрів (ГБЦ) помітний просвіт, механік використовує найтонший щуп, наприклад, 0,02 мм, і намагається вставити його в отвір. Якщо щуп проходить безперешкодно, береться наступний за товщиною (0,03 мм, 0,04 мм і так далі). Найбільша товщина щупа, який входить у зазор з легким, але помітним опором, визначає величину неплоскостності на обраній ділянці.

Максимальне значення неплоскостності, яке було отримано, порівнюється з гранично допустимим відхиленням, зазначеним виробником двигуна. Типові норми становлять наступне: для більшості сучасних двигунів максимальна допустима неплоскостність головки блоку циліндрів складає 0,03–0,05 мм (або 3–5 сотих міліметра) по всій довжині. У деяких випадках допуск може бути визначений як 0,025 мм на одну камеру згоряння. Наприклад, для 4-циліндрового двигуна (з чотирма камерами) загальний допустимий прогин може сягати до 0,10 мм ( $4 \times 0,025$  мм), хоча для підтвердження необхідно перевірити технічну документацію. Для двигуна 2.0 TFSI EA888 максимально допустиму викривленість 0.1 мм

Якщо виміряне значення менше допустимого, ГБЦ вважається придатною до використання.

Якщо виміряне значення дорівнює або більше допустимого, ГБЦ повинна бути відреставрована (відфрезерована/відшліфована). Фрезерування площини зображено на рисунку 2.5.



Рис. 2.5 Фрезерування площини головки блоку циліндрів

Стан охолоджувальних каналів грає вирішальну роль у забезпеченні стабільної роботи двигуна, адже навіть незначні протікання чи засмічення можуть спричинити локальний перегрів, деформацію головки та зменшення загального ресурсу двигуна.

## 2.4 Експериментальна оцінка зносу робочих поверхонь

Експериментальне дослідження ступеня зносу головки блоку циліндрів (ГБЦ) є важливим етапом для оцінки ресурсу двигуна та визначення потреби в його ремонті. Як правило, знос ГБЦ проявляється у кількох основних зонах.

Основні зони зносу в головці блоку циліндрів (ГБЦ)

Оцінюванню підлягають базові робочі поверхні, які зазнають найбільшого навантаження та зношування.

Напрямні втулки клапанів, де відбувається знос внутрішньої поверхні втулок через тертя між ними і стрижнем клапана.

Сідла клапанів зношуються у вигляді заглиблень (так зване «залягання тарілки клапана») або ж через порушення геометрії робочої фаски. Основні причини – ударне навантаження та газова ерозія.

Щодо опорних поверхонь розподільного вала (постіль), то найбільше зношування виникає у двигунах із прямим приводом клапанів внаслідок тертя ковзання.

Також часто спостерігається деформація (викривлення) або знос площини прилягання до блоку циліндрів, що може бути спричинено перегріванням або неправильною затяжкою кріплень. На рисунку 2.6 зображено перевірку залягання клапана.



Рис. 2.6 Перевірка глибини залягання клапана

Оцінка зносу ГБЦ переважно базується на прямих (розмірних) методах вимірюванні відхилень геометричних параметрів. В таблиці 2.4 показано зони зносу, методи вимірювання та вимірювальний інструмент для вимірювання зносу елементів ГБЦ.

Таблиця 2.4

## Вимірювання зносу елементів газорозподільного механізму

| Зона зносу                                      | Метод вимірювання                                                                                                  | Вимірювальний інструмент                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Напрямна втулка клапана                         | Визначення збільшення внутрішнього діаметра та овальності                                                          | Нутромір (з точністю 0,01 мм), індикаторний прилад      |
| Сідло клапана                                   | Визначення глибини залягання тарілки клапана (відстань від тарілки клапана до площини ГБЦ) та ширини робочої фаски | Глибиномір, штангенциркуль, шаблони, спеціальні калібри |
| Стрижень клапана (у парі з втулкою)             | Визначення зменшення діаметра                                                                                      | Мікрометр                                               |
| Зазор "Стрижень–Втулка"                         | Розрахунковий (різниця діаметрів) або пряме вимірювання похитування клапана                                        | Індикатор годинникового типу (для похитування)          |
| Опорні шийки розподільного вала (у постілі ГБЦ) | Визначення овальності, конусності та збільшення зазору між шийкою та опорою                                        | Нутромір, мікрометр                                     |

Знос сідел клапанів суттєво впливає на герметичність та ефективність роботи двигуна. Надмірний знос спричиняє втрату компресії, підвищений витік газів і зниження потужності. Оцінка цього параметра здійснюється за допомогою мікрометрів, калібрів та візуального контролю. У разі перевищення допустимих значень виконується заміна клапанів або встановлення нових сідел.

Ерозійні канавки та задирки на поверхнях камер згоряння утворюються внаслідок впливу високих температур і абразивних частинок. Коли глибина канавок перевищує 0,05–0,1 мм, виникає ризик локального перегріву металу, що знижує ефективність згоряння палива. Регулярний контроль цього

показника дає змогу своєчасно виконувати ремонтні роботи та зменшити ймовірність утворення тріщин.

Шорсткість поверхні (Ra) відповідає за якість прилягання прокладки та контакт із блоком циліндрів. Для забезпечення надійної герметичності оптимальним вважається рівень шорсткості в межах 0,8–1,6 мкм. Надмірно гладка або занадто шорстка поверхня може викликати витік газів чи рідини та прискорене зношування деталей.

Втрачений об'єм металу є показником загального зношування головки блока циліндрів. Вимірювання цього параметра за допомогою 3D-сканування чи порівняння з CAD-моделлю дає змогу оцінити залишковий ресурс ГБЦ. Якщо втрата об'єму перевищує 0,1% від початкового, це свідчить про критичне зношування і необхідність ремонту або заміни деталі.

Викривлення сідла клапана свідчить про деформацію контактної поверхні. Навіть незначні викривлення спричиняють погане ущільнення, втрату компресії та посилення витоку газів. Особливо важливий контроль цього параметра для двигунів високої потужності й моделей із турбонаддувом.

Корозія охолоджуючих каналів визначається наявністю ерозійних пошкоджень. Вона знижує ефективність теплообміну та може призводити до витоку охолоджуючої рідини. Своєчасне виявлення проблем допомагає запобігти перегріву двигуна та уникнути серйозних поломок.

Основні показники зносу подані в таблиці 2.5

Таблиця 2.5

Основні параметри зносу ГБЦ

| Параметр                   | Норма         | Методи вимірювання                  | Примітки                                      |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                          | 2             | 3                                   | 4                                             |
| Неплощинність поверхні ГБЦ | $\leq 0,1$ мм | Щупи, плоске правило, 3D-сканування | Викривлення більше 0,1 мм потребує шліфування |

Продовження табл.2.5

|                           |                              |                                |                                                   |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| Знос сідел клапанів       | $\leq 0,05$ мм               | Мікрометр, візуальний контроль | Надмірний знос призводить до втрати герметичності |
| Глибина ерозійних канавок | $\leq 0,05-0,1$ мм           | Мікроскоп, профілометр         | Для алюмінієвих ГБЦ критичною є глибина $>0,1$ мм |
| Шорсткість поверхні (Ra)  | 0,8–1,6 мкм                  | Профілометр                    | Впливає на герметичність прокладки                |
| Втрата об'єму металу      | $\leq 0,1\%$ від початкового | 3D-сканування                  | Використовується для оцінки ресурсу ГБЦ           |

Експериментальний аналіз зношення робочих поверхонь головки блока циліндрів (ГБЦ) надає можливість всебічно оцінити технічний стан цього елемента двигуна та своєчасно визначити необхідність ремонтних заходів. Перевірка наявності неплотності, ступеня зношення сідел клапанів, ерозійних пошкоджень, рівня шорсткості поверхні та втрати металу дозволяє забезпечити високу точність діагностування. Такий підхід сприяє запобіганню серйозним пошкодженням, продовженню ресурсу роботи двигуна, забезпеченню герметичності охолоджувальної системи та ефективній роботі клапанного механізму. Отримані результати аналізу допомагають не лише планувати профілактичний ремонт, але й оптимізувати експлуатаційні характеристики та підвищити загальну надійність автомобільного двигуна.

## 2.5. Аналіз причин виникнення дефектів за результатами досліджень

Аналіз результатів досліджень ґрунтується на вимірюванні неплотності, зносу сідел клапанів, ерозійних канавок, шорсткості поверхні та корозії охолоджуючих каналів.

Дослідження робочих поверхонь головки блока циліндрів дозволяє не лише виявити дефекти, а й встановити основні причини їх виникнення. Аналіз даних показав, що більшість пошкоджень є наслідком взаємодії механічних, термічних і хімічних факторів, а також порушень норм експлуатації та монтажу. Найпоширенішим дефектом залишається викривлення робочої поверхні ГБЦ через втрату площинності.

Основною причиною перевищення допустимого рівня деформації (зазвичай 0,1 мм) є перегрів двигуна, що виникає через недостатню циркуляцію охолоджуючої рідини або забруднення каналів системи охолодження. Додатково, нерівномірне або неправильне затягування болтів при встановленні ГБЦ створює локальні напруження в металі, що також сприяє викривленню. Застосування зношених або неякісних прокладок ще більше ускладнює проблему.

Неплощинність поверхні призводить до погіршення герметичності з'єднання, витоків рідини та зниження компресії, що негативно впливає на ефективність роботи двигуна. Другим за частотою дефектом є зношення сідел клапанів. Основні причини цього явища включають абразивний знос через наявність пилу чи металевих частинок у мастильній системі, а також адгезійний знос при недостатньому змащуванні й підвищених температурах. Крім того, неправильне налаштування теплових зазорів або зношення компонентів клапанного механізму підвищують ризик утворення дефектів. Унаслідок цього герметичність клапанів погіршується, що спричиняє зниження компресії, підвищене споживання палива та зменшення потужності двигуна.

Нижче наведено схему на рисунку 2.5, яка ілюструє взаємозв'язок дефектів та їх причин.



Рис. 2.5 Схема взаємозв'язків дефектів та їх причин

Схема демонструє, що один дефект може бути наслідком кількох причин, а одна причина може викликати декілька дефектів.

Нижче в таблиці 2.6 наведено взаємозв'язок дефектів і основних причин.

Таблиця 2.6

## Взаємозв'язок дефектів і основних причин

| Дефект                              | Основні причини                                                                   | Наслідки                                                                            |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Неплощинність поверхні ГБЦ          | Перегрів двигуна, нерівномірне затягування болтів, зношена прокладка              | Протікання охолоджуючої рідини та масла, зниження компресії                         |
| Знос сідел клапанів                 | Абразивний та адгезійний знос, недостатнє змащування, неправильний зазор клапанів | Втрата герметичності клапанів, падіння потужності, підвищена витрата палива         |
| Ерозійні пошкодження камер згоряння | Високі температури, абразивні частки, неякісне паливо                             | Підвищене навантаження на поршкову групу, детонація, зниження ефективності згоряння |
| Підвищена шорсткість поверхні       | Неправильне шліфування, абразивні частки                                          | Погане прилягання прокладки, витік рідини, прискорений знос деталей                 |
| Корозія каналів охолодження         | Неякісний або прострочений антифриз, контакт з агресивним середовищем             | Перегрів двигуна, локальні пробої каналів, зниження ресурсу ГБЦ                     |

Аналіз причин виникнення дефектів показав, що основна частина пошкоджень головок блоку циліндрів обумовлена комплексною взаємодією термічних, механічних і хімічних факторів, а також недотриманням технологій монтажу і правил експлуатації. Використання логічних схем і таблиць допомагає виявити причинно-наслідкові зв'язки кожного дефекту та розробити заходи профілактики. Своєчасне усунення таких причин сприяє збільшенню ресурсу головки блоку циліндрів, підтриманню герметичності системи охолодження та забезпеченню ефективної роботи клапанів, що зрештою підвищує надійність і довговічність двигуна.

## **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ**

### **3.1. Існуючі технології ремонту головок циліндрів**

Ремонтування корпусу головки блока.

У випадку виявлення тріщин або інших дефектів у корпусі головки, що порушують її цілісність, вибір технології ремонту залежить від матеріалу, з якого вона виготовлена. Якщо йдеться про головку блоку циліндрів з чавуну, усунення тріщин здійснюється шляхом зварювання із застосуванням спеціальних електродів та технік, що забезпечують високу якість шва. Перед зварюванням зазвичай проводять попередній нагрів деталі для зниження термічного стресу та запобігання утворенню нових тріщин. Після завершення процесу головка блоку повинна повільно охолоджуватися, щоб мінімізувати ризик появи нових пошкоджень.

Металізація є одним із методів ремонту, за якого на пошкоджену ділянку наноситься метал за допомогою спеціального обладнання. Цей метод застосовується для заповнення дрібних тріщин або як підготовчий етап перед зварюванням. Ремонт тріщин в алюмінієвих головках блоку циліндрів є більш складним через особливості матеріалу, властивості якого відрізняються від чавуну. Найбільш поширеним методом у такому випадку є зварювання TIG (Tungsten Inert Gas). Це високотехнологічний процес, що використовує захисний газ, наприклад аргон або його суміш із гелієм, для запобігання окисленню алюмінію під час роботи. Зварювання TIG забезпечує високу точність і якість шва, однак вимагає значного рівня кваліфікації зварника.

Ремонтування елементів клапанного механізму.

Зношені клапанні гнізда зазвичай обробляють конусними фрезами з подальшим притиранням у зборі разом із клапанами. Процес обробки виконується послідовно, використовуючи чорнові фрези з кутом нахилу ріжучої частини 15°, 45° і 75°, а також чистову фрезу з кутом нахилу 45°.

Чорнові фрези з кутами  $15^\circ$  і  $75^\circ$  застосовуються для формування необхідних розмірів робочої частини фаски. Чорновою фрезою з кутом  $45^\circ$  здійснюється обробка робочої фаски до отримання рівної поверхні.

Завершальна обробка робочої фаски виконується чистовою фрезою, що забезпечує її гладкість і чистоту. Напрямні втулки замінюються новими, які розгортаються відповідно до клапанів для забезпечення концентричності гнізд щодо осі цих втулок.

Зношені або пошкоджені компоненти, такі як клапани, напрямні клапанів, сальники та пружини клапанів, слід замінити на нові деталі. У деяких випадках, залежно від конструктивних особливостей головки, може виникнути необхідність заміни інших елементів для забезпечення більшої надійності роботи двигуна.

Після проведення дефектування клапанів (див. рис. 3.1) складається технологічна документація для їх відновлення, якщо їхній технічний стан це дозволяє.



Рис. 3.1 Визначення зносу стержня клапана

Стержень клапана є одним з найточніших елементів головки блоку циліндрів, що вимагає високої точності виготовлення. Допустимі відхилення розмірів мінімальні, і навіть знос у межах 0,03–0,05 мм може призвести до непридатності клапана. Під час перевірки необхідно контролювати його діаметр, овальність, а також величину зазору між стержнем та напрямною втулкою. Дослідження номінального та зношеного розміру стержня клапана ГБЦ зображено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

## Номінальні та зношені розміри стержня клапана ГБЦ

| Параметр                                   | Впускний клапан (номінал) | Впускний (знос)      | Випускний клапан (номінал) | Випускний (знос)      | Граничне значення                 |
|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Діаметр стержня, мм                        | 5,0                       | 4,97                 | 6,0                        | 5,96                  | Зменшення > 0,03–0,05 мм → заміна |
| Овальність, мм                             | ≤0,005                    | 0,01–0,02            | ≤0,005                     | 0,01–0,02             | >0,02 мм → заміна                 |
| Конусність, мм                             | ≤0,01                     | 0,015–0,02           | ≤0,01                      | 0,015–0,02            | >0,02 мм → заміна                 |
| Зношена робоча зона стержня (ступінка), мм | 0,00                      | 0,03–0,06            | 0,00                       | 0,04–0,08             | >0,08 мм → заміна                 |
| Зазор стержень–втулка, мм                  | 0,02                      | 0,06–0,10            | 0,03                       | 0,08–0,12             | >0,10–0,15 мм → ремонт            |
| Стан поверхні                              | Дзеркально гладка         | Подряпини, матовість | Дзеркально гладка          | Сліди пригару, задири | Глибокі задири → заміна           |

Порівняльний графік (див. рис. 3.2) демонструє динаміку зносу стержнів впускного та випускного клапанів у залежності від напрацювання двигуна.

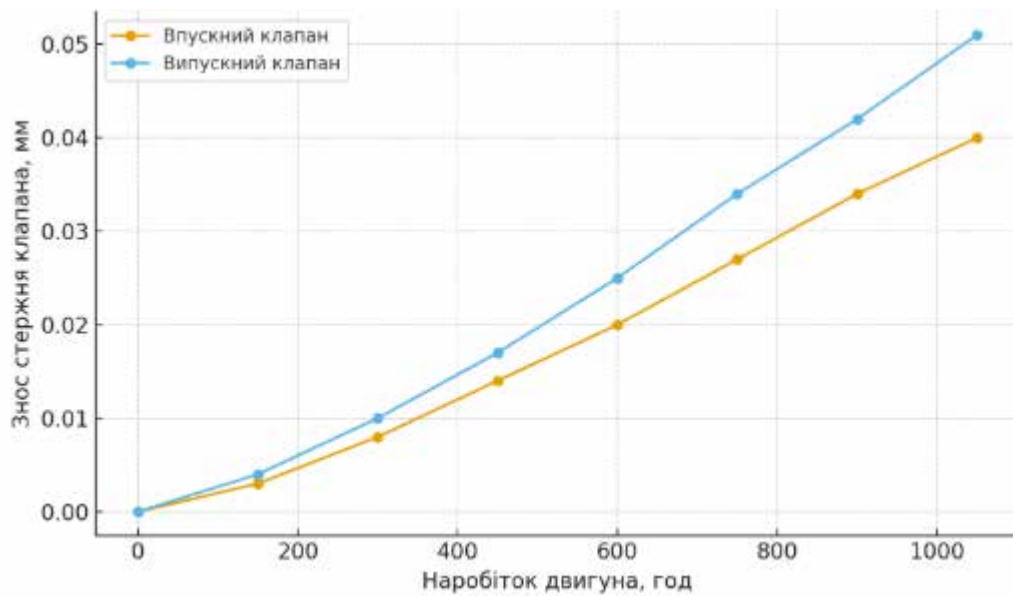


Рис. 3.2 Порівняльний графік зносу стержня клапана

Якщо знос прямої втулки клапана великий то її випресовують з головки і запресовують нову (див. рис. 3.3).



Рис. 3.3 Запресована нова пряма втулка в ГБЦ

Після запресування нових втулок їх розточують на високоточному обладнанні (див. рис. 3.4).



Рис. 3.4 Розточування напрямних втулок

Заміна сідел клапанів.

При значних ушкодженнях сідла клапана іноді виникає потреба в його повній заміні. У такому разі старе сідло демонтують і встановлюють нове на його місце. Монтаж нового сідла здійснюється або методом термонатягу (охолоджуючи сідло і нагріваючи головку блока), або методом пресування.

Для відновлення сідла клапана також використовують спеціальні ремонтні вставки, які вставляють у пошкоджене сідло. Цей спосіб є альтернативою повній заміні сідла і дає змогу швидко відновити герметичність без проведення складних операцій.

Під час вибору способу відновлення сідла клапана слід враховувати рівень його зносу або пошкодження.

Для заміни клапанних сідел в головці блока циліндрів, особливо при використанні способу термонатягу, головку блока нагрівають до певної температури для розширення металу. Точна температура може відрізнятись в залежності від матеріалу головки блока (алюміній або чавун) та рекомендацій виробника, але зазвичай вона знаходиться в діапазоні від 100°C до 200°C для алюмінієвих головок. Це дозволяє отримати достатнє розширення металу, щоб

нове сидло могло бути встановлене з меншим зусиллям, а після охолодження воно надійно фіксується на місці.

Для розігрівання головки блоку циліндрів застосовуються різні методи, а саме:

- металургійні печі гарантують стабільний та рівномірний нагрів з точним регулюванням температури по всій площі деталі;
- газові горілки підходять для локального нагріву окремих ділянок, але необхідно бути обережним, щоб уникнути перегріву або викривлення матеріалу;
- індукційні нагрівачі забезпечують оперативний і регульований нагрів без безпосереднього дотику до деталі.

Важливо враховувати інструкції виробника двигуна та використовувати точні прилади для вимірювання, щоб забезпечити оптимальну температуру нагріву. Неправильний нагрів може призвести до пошкодження головки блоку циліндрів або некоректного встановлення клапанних сідел, що негативно позначиться на функціонуванні двигуна.

Перед монтажем клапанних сідел у головку блоку циліндрів, особливо якщо головка була нагріта для розширення металу та полегшення встановлення, сидла часто охолоджують для зменшення їх розміру. Це спрощує їх установку у відповідні місця в головці блоку.

Для охолодження гнізд клапанів може застосовуватися різні методи.

Охолодження за допомогою льоду – це простий спосіб, який передбачає використання льоду для зниження температури гнізда. У цьому випадку гніздо можна помістити в пакет з льодом або обгорнути його льодом для швидкого охолодження.

Охолодження прес-форм можна прискорити зануренням у холодну воду або іншу незамерзаючу рідину. Важливо пам'ятати, що для деяких металів потрібні спеціальні рідини, щоб уникнути корозії або інших небажаних реакцій.

Ефективним методом швидкого зниження температури є використання стисненого повітря або вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Стиснене повітря можна

подавати через спеціальний охолоджуючий пістолет, а сухий лід (твердий  $\text{CO}_2$ ) можна використовувати безпосередньо для інтенсивного охолодження.

Для дуже швидкого охолодження можна застосовувати рідкий азот, який має температуру близько  $-196^\circ\text{C}$ . Цей метод дозволяє швидко знизити температуру прес-форми до дуже низьких рівнів, але потребує обережного застосування та відповідного обладнання.

На рисунку 3.5 зображено набір сідел, відсортованих відповідно до їхніх розмірів для встановлення в гніздах головки циліндрів.



Рис. 3.5 Комплект сідел, що відповідають розмірам гнізд у головці блоку циліндрів

Після встановлення головки блока циліндрів здійснюють необхідні перевірки та діагностичні заходи для оцінки її технічного стану.

### **3.2 Загальна характеристика дільниці по ремонту головки циліндрів**

Дільниця для розбирання та збирання головки блока циліндрів (ГБЦ) – це спеціалізована зона на ремонтній ділянці, що призначена для виконання повного комплексу робіт з відновлення або технічного обслуговування ГБЦ. Ця зона має бути оснащена обладнанням, яке забезпечує високу точність, чистоту та продуктивність при виконанні операцій.

Загальне розміщення обладнання у дільниці має узгоджуватися з визначеною технологічною схемою, нормами охорони праці, встановленими принципами організації роботи та просторовим розташуванням працівників.

Схема дільниці з ремонту головок блоку циліндрів відображено на рисунку 3.6.

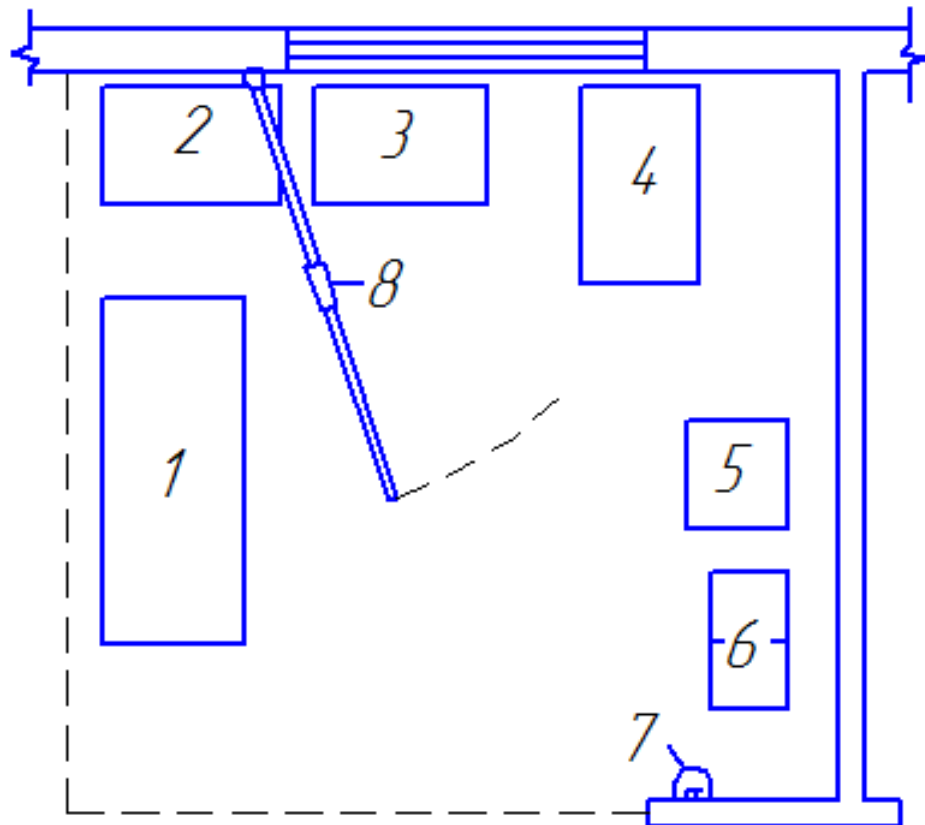


Рис. 3.6 Схема дільниці з ремонту головок блоку циліндрів:

1 - верстат для розточування напрямних втулок; 2 - контрольний стіл; 3 – стенд для розбирання головок циліндрів; 4 - гідравлічний прес; 5 – тумбочка для інструменту; 6 – шафа для одягу; 7 – раковина з водою; 8 – консольний кран

Загалом, технологічне обладнання слід розміщувати так, щоб мінімізувати пересування працівників під час виконання технологічних операцій. Габарити, форма та розташування виробничої зони повинні відповідати проектній документації виробничого корпусу, в якому вона розміщена.

Перелік і основні характеристики обладнання для дільниці наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Технологічне обладнання і оснащення для дільниці з ремонту головок циліндрів

| Найменування                              | Тип, модель     | Кількість, шт. | Габаритні розміри, мм | Займана площа, м <sup>2</sup> |
|-------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|
| Верстат для розточування напрямних втулок | 278             | 1              | 2915x1275             | 3,48                          |
| Гідравлічний прес                         | П-6326          | 1              | 1060x1845             | 1,85                          |
| Стенд для розбирання головок циліндрів    | Власн. виг.     | 1              | 1500x925              | 1,38                          |
| Підставка під ноги                        | Власн. виг.     | 3              | 1400x800              | 1,12                          |
| Шафа для інструменту                      | 06.50015        | 1              | 750x400               | 0,30                          |
| Контрольний стіл                          | ОРГ 1468-01-090 | 1              | 1500x1000             | 1,5                           |
| Всього                                    |                 |                |                       | 8,13                          |

У роботі також використовується спеціалізований ручний інструмент: розгортки, притирочні пристрої, знімачі та вимірювальні пристрої.

### 3.3. Вибір обладнання та інструменту для відновлення

Перш ніж приступати до розбирання головки блока циліндрів, її необхідно зняти з двигуна. Демонтаж головки можна виконати як безпосередньо на автомобілі, так і на знятому з автомобіля двигуні. У кожному з цих варіантів доступ до компонентів під час розбирання буде різним.

Іноді після відкручування всіх кріплень головка важко відокремлюється від блока циліндрів через прилипання прокладок, накопичення відкладень в

системі охолодження та мащення, а також через різні забруднення в місцях з'єднання головки з блоком. У таких ситуаціях для роз'єднання деталей часто використовують викрутки, ножі, зубила та інші інструменти, що є під рукою. Проте, такі дії можуть призвести до пошкодження деталей або травмування працівників.

Удосконалений стенд для розбирання та складання головок циліндрів зображено на рисунку 3.7

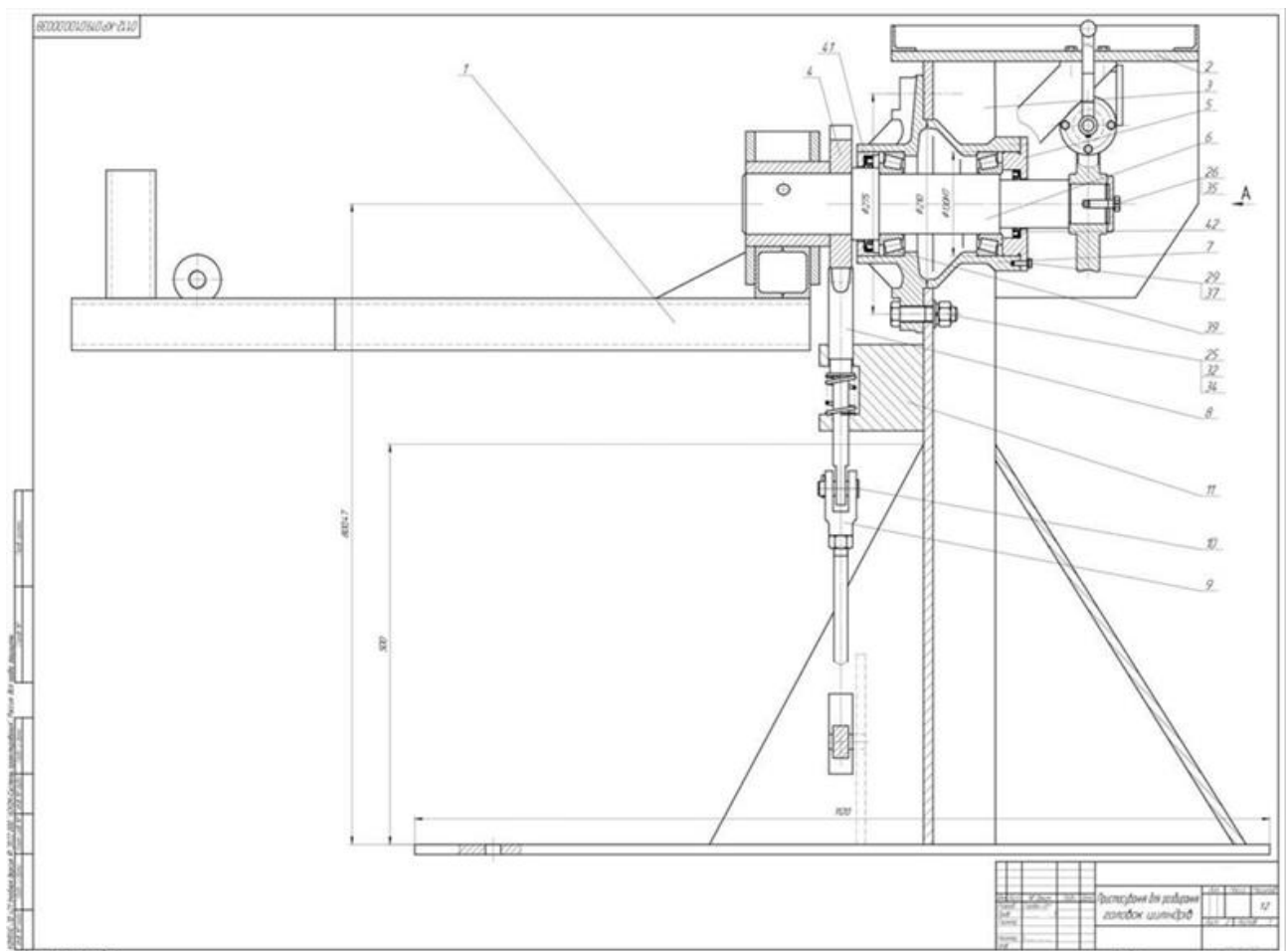


Рис. 3.7 Стенд для розбирання та складання ГБЦ:

1 – кронштейн; 2 – полиця; 3 – станина; 4 – диск; 5 – кришка підшипника; 6 – вал; 7 – корпус підшипників; 8 – фіксатор; 9 – тяга; 10 – втулка; 11 – направляюча; 12 – зубчасте колесо; 13 – черв'ячний вал; 14 – рукоятка; 15 – опора ліва; 16 – опора права; 17 – фіксатор зубчастого колеса; 18 – стійка черв'ячного вала права; 19 – стійка черв'ячного вала ліва; 20 – кришка підшипника відкрита; 21 – кришка підшипника глуха; 22 – затискач

У таблиці 3.3 зображено технічну характеристику стенду для розбирання та складання головок циліндрів.

Таблиця 3.3

Технічна характеристика стенду для збирання та розбирання ГБЦ

| №пп | Назва показника                                            | Значення показника  |
|-----|------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | Тип стенда                                                 | Стаціонарний        |
| 3   | Габаритні розміри:<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота; | 1570<br>925<br>1150 |
| 4   | Маса, кг                                                   | 165                 |

Стенд містить набір змінних лицьових планшайб. Головка блоку циліндрів у тримачі кріпиться гвинтами.

Для розсухарювання клапанів використовується пристрій для стискання пружин клапанів важільного типу (див. рис. 3.8).

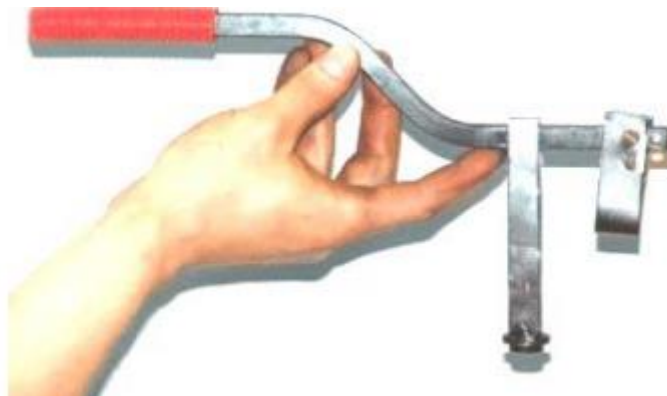


Рис. 3.8 Пристрій для стискання пружин

Аналізуючи конструкцію пристосування представленого на рис. 3.8, слід зазначити, що в даному пристрої існують певні недоліки. Зокрема, конструкція не забезпечує стабільної фіксації пружини клапана в зафіксованому положенні, а також потребує постійної підтримки однією рукою працівника.

При аналізі існуючих стендів для розбирання та складання ГБЦ виявився стенд 70-7826-1516

Стенд включає в себе каркас, основу для кріплення та пневматичний механізм тиску. Головка блоку циліндрів фіксується на основі. У ній розміщуються клапани, пружини з шайбами встановлюються за допомогою механізму тиску. Це полегшує встановлення фіксаторів клапанів. У таблиці 3.4 зображено технічну характеристику стенду 70-7826-1516.

Таблиця 3.4

Технічна характеристика стенду 70-7826-1516

| №пп | Назва показника                                           | Значення показника  |
|-----|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | Тип стенда                                                | Стаціонарний        |
| 2   | Продуктивність, шт./год                                   | 12                  |
| 3   | Привід                                                    | Стиснуте повітря    |
| 4   | Габаритні розміри:<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота | 1150<br>435<br>1740 |
| 5   | Маса, кг                                                  | 230                 |

Перевагами згаданого стенду є невеликі габаритні розміри, висока продуктивність розбирання і збирання головок циліндрів. До недоліків можна віднести його велику масу.

Стенд Р-721 призначений для розбирання та збирання головок блоку циліндрів двигунів. Головки блоку циліндрів встановлені на поворотній пластині, яка шарнірно закріплена на бічних стійках, на якій встановлені дві колони з пружинами, по яких переміщається нажимна планка. На кінці штока пневмоциліндра кріпиться прижим.

Стенд Р-721 – стаціонарного типу, поворотний універсальний. Переваги: невеликі габаритні розміри, висока продуктивність розбирання і збирання головок циліндрів. Недоліки: велика маса.

Технічна характеристика стенду Р-721 для розбирання та збирання ГБЦ наведено у таблиці 3.5, а його вигляд та складові на рисунку 3.9.

Таблиця 3.5

## Технічна характеристика стану Р-721 для розбирання та збирання ГБЦ

| №пп | Назва показника | Значення показника           |
|-----|-----------------|------------------------------|
| 1   | Тип стану       | Універсальний,<br>поворотний |
| 2   | Привід          | Стиснуте повітря             |

Продовження табл. 3.5

|   |                                                            |                     |
|---|------------------------------------------------------------|---------------------|
| 3 | Габаритні розміри:<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота; | 1070<br>740<br>1272 |
| 4 | Маса, кг                                                   | 245                 |

Функціональність зазначених станів є загалом подібною, основна відмінність полягає в конструкції стану 70-7826-1516, де пневматичний циліндр розміщено у верхній частині.

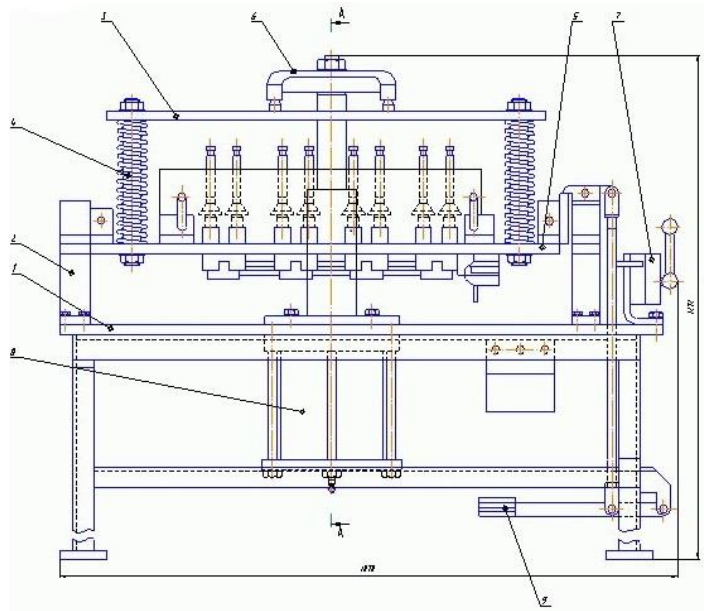


Рис. 3.9. Стенд Р-721 для розбирання та збирання ГБЦ:

1 – верхня плита; 2 – направляюча стійка; 3 – пружинні стовпчики; 4 – розподільний колектор; 5 – блок робочих штоків; 6 – кріпильна планка верхньої частини; 7 – нижня плита; 8 – направляючі нижньої плити; 9 – пневмоциліндр; 10 – з'єднувальна траверса; 11 – електрошафа; 12 – нижня рама станини; 13 –

опорні лапи; 14 – привідна тяга; 15 – важільний механізм; 16 – з'єднувальні болти

Пристрій TP-6703/23, що є стаціонарним стендом з пневмоприводом, використовується для демонтажу та монтажу головок блоку циліндрів. Конструкція стенду включає в себе станину, на якій розміщено плиту з пневмоциліндром та притисочною пластиною. Головка блоку циліндрів фіксується на плиті за допомогою установчих штифтів.

Технічна характеристика стенду TP-6703/23 наведена у таблиці 3.6, а будова на рис. 3.10а.

Таблиця 3.6

Технічна характеристика стенду TP-6703/23

| №пп | Назва показника                                            | Значення показника  |
|-----|------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | Тип стенда                                                 | Стаціонарний        |
| 2   | Привід                                                     | Стиснуте повітря    |
| 3   | Габаритні розміри:<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота; | 1040<br>470<br>1105 |
| 4   | Маса, кг                                                   | 155                 |

Перевагами стенду TP-6703/23 можна виділити невелику масу і габаритні розміри, висока продуктивність розбирання. До недоліків слід віднести низьку продуктивність збирання, можливість ремонту головки лише однієї моделі.

Стенд BST 860 італійського виробництва – це багатофункціональна установка для демонтажу та монтажу головок блоку циліндрів. BST 860 дає можливість виконувати всі необхідні операції з головками блоку циліндрів, наприклад, розбирання, збирання, інспектування та тестування функціональності. Подібно до вітчизняних стендів, головка блоку циліндрів фіксується на платформі. Пристрій приводиться в рух пневматичним циліндром, який встановлюється зверху і керується педаллю.

Технічну характеристику стенда BST 860 наведено у таблиці 3.7, а будова – представлена на рисунку 3.10б.

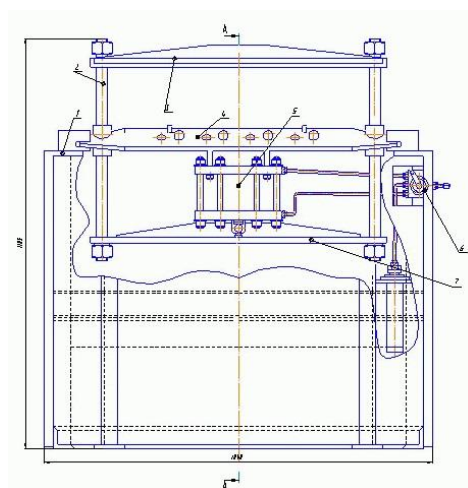
Таблиця 3.7

## Технічна характеристика стенда BST 860

| №пп | Назва показника | Значення показника |
|-----|-----------------|--------------------|
| 1   | Тип стенда      | Стационарний       |
| 2   | Привід          | Стиснуте повітря   |

Продовження табл. 3.7

|   |                                                            |                    |
|---|------------------------------------------------------------|--------------------|
| 3 | Габаритні розміри:<br>- довжина;<br>- ширина;<br>- висота; | 1200<br>400<br>300 |
| 4 | Маса, кг                                                   | 400                |



а



б

Рис. 3.10. Стенд для розбирання та збирання головок циліндрів:

а – TP-6703/23: 1 – станина; 2 – плита; 3 – пневмоциліндр; 4 – притиска планка; б – BST 860

Переваги BST 860 – невеликі габаритні розміри та висока продуктивність розбирання. Недоліки – велика маса, незручність розміщення пневмоциліндра.

Пневматичний стенд SERDI SW1100 використовується для виконання операцій з розбирання та збирання при ремонті ГБЦ, забезпечуючи високу якість робіт за короткий час і не вимагаючи від оператора спеціальної кваліфікації.

Таблиця 3.8

Стенди для розбирання та збирання ГБЦ SERDI SW1100, а також SERDI SPT1501

| Марка та модель верстату | Виробник та рік випуску | Зовнішній вигляд верстату                                                           | Ринкова вартість, грн. (станом на 1.05.2025) | Основні характеристики верстата                                                                          |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SERDI SW1100             | SERDI, Італія, 2004     |  | 91000                                        | Довжина 1150 мм<br>Ширина 580 мм<br>Висота 1620 мм<br>Вага 105 кг                                        |
| SERDI SPT1501            | SERDI, Італія, 2004     |  | 150000                                       | Довжина 2100 мм<br>Ширина 1000 мм<br>Висота 1700 мм<br>Резервуар 504 л<br>Двигун 0,25 кВт<br>Вага 400 кг |

Стенд SERDI SPT1501 використовується для тестування герметичності головок блоків циліндрів (є установкою для опресування). SERDI SPT1501 отримав позитивні відгуки та зарекомендував себе в роботі.

### 3.4. Порівняння витрат: стандартний та удосконалений процес

Порівняння витрат на стандартний та удосконалений ремонт Головки блоку циліндрів (ГБЦ) залежить від глибини пошкоджень, технологій, що застосовуються, та кінцевої мети (просто відновити роботу чи покращити характеристики).

#### 1. Стандартний (типовий) ремонт (відновлення функціональності).

Цей процес сфокусований на мінімально необхідному обсязі робіт для відновлення герметичності та працездатності ГБЦ. Нижче приведені складові витрат та їх характеристики щодо стандартного ремонту ГБЦ (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Стандартний процес ремонту ГБЦ

| Складова витрат        | Опис                                                                                      | Відносна вартість | Кінцевий результат                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| Очищення та дефектація | Миття, візуальний огляд, контроль площинності щупом                                       | Низька            | Базове розуміння стану ГБЦ                                 |
| Відновлення площини    | Фрезерування / Шліфування (мінімальне зняття металу)                                      | Середня           | Забезпечення герметичності прокладки                       |
| Клапанний механізм     | Притирання клапанів (найчастіше без заміни сідел чи втулок). Заміна сальників (ковпачків) | Середня           | Відновлення герметичності клапанів                         |
| Запчастини             | Бюджетні сальники, прокладки, мінімальна кількість клапанів/пружин                        | Низька            | Швидке та економічне відновлення                           |
| Загальні витрати       | Низькі/Середні. Мінімум машинного часу,                                                   | Низькі            | Відновлення працездатності, але без гарантії довговічності |

|  |                  |  |                    |
|--|------------------|--|--------------------|
|  | рутинні операції |  | при великому зносі |
|--|------------------|--|--------------------|

2. Удосконалений (поглиблений) ремонт (відновлення ресурсу та параметрів).

Цей процес передбачає використання високоточного обладнання та заміну зношених елементів для повного відновлення заводських параметрів і навіть їх покращення. Нижче приведені складові витрат та їх характеристики щодо удосконаленого процесу ремонтування ГБЦ (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

## Удосконалений процес ремонтування ГБЦ

| Складова витрат     | Опис                                                                                                  | Відносна вартість | Кінцевий результат                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Дефектація          | Опресування (перевірка на тріщини під тиском). Високоточні вимірювання нутромірами                    | Середня           | 100% гарантія відсутності прихованих дефектів                        |
| Відновлення площини | Шліфування на CNC (ЧПУ) верстаті з високою точністю                                                   | Висока            | Ідеальна геометрія та якість поверхні                                |
| Клапанний механізм  | Заміна напрямних втулок, заміна/відновлення сідел з використанням точних верстатів (наприклад, Serdi) | Висока            | Повне відновлення ресурсу клапанного механізму, часто краще за новий |
| Запчастини          | Використання оригінальних або високоякісних компонентів (клапани, пружини, втулки)                    | Висока            | Максимальний ресурс та надійність                                    |
| Загальні витрати    | Середні/Високі. Дороге обладнання, висококваліфікований персонал, більше часу на обробку              | Високі            | Максимальний ресурс, іноді з покращенням характеристик               |

Економічно обгрунтований вибір між двома варіантами ремонту двигуна залежить від конкретної ситуації.

Звичайний ремонт – розумне рішення для старих двигунів, обмеженого бюджету або незначних пошкоджень, коли пріоритетом є швидке та недороге повернення автомобіля до експлуатації.

Поглиблений ремонт – більш прийнятний для дорогих, сучасних або потужних двигунів, а також у випадках, коли потрібна висока надійність та довговічність. Хоча первинні витрати більші, вони можуть виявитися меншими, ніж придбання нової головки блока циліндрів (ГБЦ), а якість ремонту з використанням верстатів з ЧПУ може бути кращою за якість серійних відновлених деталей.

### **3.5. Економічне обгрунтування запропонованих удосконалень**

Економічне обгрунтування запропонованих покращень ремонту головки блоку циліндрів (ГБЦ) є всебічним аналізом, що виходить за рамки простого порівняння первинних цін. Воно демонструє переваги інвестування в якість, а не в економію на вартості.

1. Зменшення ризиків простою та поломок. Значні непрямі збитки від неякісного ремонту головки блока циліндрів (ГБЦ) пов'язані з непередбачуваним простоем автомобіля, особливо при його комерційному використанні.

Ризик непомічених дефектів. Звичайний ремонт, як правило, не включає перевірку ГБЦ на герметичність. Приховані мікротріщини, які не виявляються під час візуального огляду, можуть збільшитися під впливом тепла та під час роботи двигуна. Це може призвести до потрапляння газів в систему охолодження або витікання охолоджуючої рідини в циліндр. Як наслідок – перегрів двигуна, повторне пошкодження прокладки та потреба в терміновому ремонті.

Вартість поломки. Витрати на евакуацію транспортного засобу, повторний демонтаж/монтаж, нову прокладку та втрачений прибуток (для комерційного транспорту) сумарно можуть перевищувати 15 000 грн. і виникнути вже через короткий проміжок часу.

## 2. Економія на витратах на утримання.

При звичайному ремонті двигуна заміна не всіх зношених деталей клапанного механізму може призвести до збільшення витрат на паливо та мастило.

Напрямні втулки клапанів. Часто їх не замінюють під час стандартного ремонту. Зношення цих втулок викликає надмірний люфт клапана, що може спричинити:

- швидкий вихід з ладу нових маслосніжних ковпачків;
- збільшення споживання мастила («чад»);
- погіршення прилягання клапана до сидла, що негативно впливає на тепловіддачу та підвищує ризик пошкодження клапана.

Обробка сідел клапанів на верстаті. Точна обробка відновлює правильну форму та герметичність, забезпечуючи максимальну компресію в циліндрах.

Результатом є підвищена компресія, яка призводить до більш ефективного згоряння палива, що, в свою чергу, збільшує потужність двигуна та зменшує витрату палива. Додаткові витрати на перевірку ГБЦ на герметичність (500 - 800 грн) є, по суті, інвестицією в уникнення вищезгаданих ризиків, що безумовно є вигідним.

## 3. Збереження ціни та привабливості на ринку.

Якісний ремонт головки блоку циліндрів (ГБЦ) позитивно позначається на загальній ціні автомобіля при його майбутньому продажі.

Наявність паперів, які засвідчують проведення повного ремонту ГБЦ із застосуванням точного обладнання та заміною всіх важливих деталей, є підтвердженням відновлення і великим плюсом для покупця та дозволяє продати автомобіль за вигіднішою ціною.

Професійний ремонт практично «починає з нуля» ресурс ГБЦ, роблячи двигун більш привабливим з огляду на збільшення терміну служби двигуна,

ніж двигун, де було проведено дешевший ремонт, в якому залишаються великі ризики прихованих дефектів або неточностей.

Фінансова вигода від покращень виявляється у більшій початковій витраті, забезпечуючи при цьому менші поточні витрати, довший термін служби та вищу вартість автомобіля.

Запропоновані покращення (гідравлічне випробування, заміна направляючих втулок клапанів, відновлення геометрії клапанних сідел на спеціалізованому обладнанні) дозволяють перетворити головку блоку циліндрів з просто «відремонтованої» на «відновлену до оригінального стану». Це, в свою чергу, підвищує рентабельність ремонту в майбутньому як для власника автомобіля, так і для сервісної станції.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 4.1. Характеристика умов праці в ремонтному цеху

Ремонтний цех проводить повний спектр робіт з перевірки, відновлення та складання деталей автомобільного двигуна. Під час ремонту використовуються спеціалізовані станки, ручний пневматичний та електричний інструмент, зварювальне устаткування, різні змащувальні речовини, що створює виробничі фактори, які впливають на самопочуття робітників та вимагають належного контролю. Робочі умови залежать від організації робочого простору, санітарно-гігієнічного стану приміщення, технологічних особливостей робочих процесів та застосованих заходів безпеки.

#### 1. Загальний клімат та санітарно-гігієнічні вимоги.

Клімат ремонтного цеху повинен відповідати нормам ДСН 3.3.6.042-99. Діапазон температур у холодний період року становить  $+14...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у теплий –  $+18...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Разом з тим, у робочій зоні нагрівальних печей та термічної обробки температура може зростати до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що створює додаткове теплове навантаження на персонал.

Повітря у приміщенні містить дисперсні частинки металевого пилу, абразивного матеріалу, випаровування мастильних рідин та хімічних речовин, що негативно впливає на функціонування дихальної системи. Для забезпечення нормативної якості повітря необхідно встановлення систем загальної та локальної вентиляції, зокрема витяжних пристроїв над ділянками шліфування та зварювальних робіт.

#### 2. Освітлення на робочих місцях.

Виконання операцій, пов'язаних з вимірюванням, відновленням головок блоку циліндрів, обробкою клапанних гнізд і шліфуванням, вимагає високої акуратності. Відповідно до будівельних норм ДБН В.2.5-28:2018, рекомендований рівень освітленості для цих видів діяльності повинен складати від 300 до 500 лк, а в місцях виявлення дефектів – до 750 лк. У реальності часто спостерігається недостатня яскравість, що призводить до перевтоми очей,

підвищує ймовірність нещасних випадків та погіршує кінцевий результат. Для вирішення цієї проблеми, цех оснащується локальними джерелами світла, портативними лампами з лінзами, що збільшують, а також додатковими світловими панелями, розміщеними над зонами виконання робіт.

### 3. Шум, вібрація та механічні навантаження.

Використання пневматичного інструменту, шліфувальних пристроїв, пресів та компресорів генерує шум у діапазоні 85–100 дБ, що є вищим за встановлені норми (80 дБ відповідно до чинних державних санітарних норм). Тривалий вплив шуму може спричинити погіршення слуху, швидку стомлюваність та зниження ефективності праці.

Ударні та обертальні інструменти створюють локальну вібрацію, яка впливає на циркуляцію крові у верхніх кінцівках і може викликати вібраційну патологію. Для зменшення її впливу використовуються індивідуальні засоби захисту (спеціальні рукавиці) та інструменти з системою поглинання вібрації.

Фізичні навантаження на кістково-м'язову систему з'являються під час підйому важких компонентів двигуна. Отже, у виробничому приміщенні слід використовувати підйомні механізми, такі як талі, лебідки, а також регульовані по висоті верстати для зменшення статичного навантаження.

### 4. Хімічні та токсикологічні фактори.

Хімічні речовини, які застосовуються при ремонті, включають:

- технологічні та моторні мастила;
- антифриз і гальмівні рідини;
- розчинники та очищувачі;
- герметики та антикорозійні склади;
- зварювальні аерозолі.

Під час виконання роботи ймовірний дотик до шкіри, слизових оболонок та дихальних шляхів. Випари розчинників здатні спричинити біль голови, подразнення, алергії, а при тривалій дії – отруєння організму. Відповідно, працівники повинні застосовувати захисні рукавички, респіратори, спецодяг, захисні окуляри, а робочі зони – оснащувати вентиляцією та непроникними ємностями для хімікатів.

## 5. Небезпека травматизму та електробезпека.

До потенційних факторів травмування відносять:

- обертальні елементи верстатів;
- металеву стружку і абразивні частинки;
- високотемпературні поверхні та іскри при зварюванні;
- різальні інструменти та пресове обладнання.

Для зменшення ризику травм використовуються захисні огороження, запобіжні пристрої та кнопки аварійної зупинки.

Значна увага приділяється безпеці при роботі з електрикою: все обладнання має бути заземлене, оснащене автоматичними вимикачами та ізолюваною електропроводкою. Працівники повинні проходити обов'язкове навчання та інструктаж відповідно до чинних норм з охорони праці (НПАОП 40.1-1.21-98).

Умови праці в ремонтній майстерні характеризуються наявністю різноманітних негативних виробничих факторів, таких як шум, висока температура, механічні впливи, хімічні речовини та несприятливий мікроклімат. Це вимагає обов'язкового виконання державних стандартів, використання індивідуальних та колективних засобів захисту, належної організації виробничого простору та систематичної профілактики професійних захворювань. Ефективна організація робочих місць сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню кількості травм та забезпеченню безпечних умов для праці.

### **4.2. Вимоги техніки безпеки під час ремонту головок**

Під час робіт з відновлення головок двигунів внутрішнього згорання необхідно неухильно дотримуватися вимог з охорони праці, оскільки цей процес пов'язаний з високими температурами, використанням різального та абразивного інструменту, а також контактом з небезпечними мастильними матеріалами та хімічними сполуками. В першу чергу працівник повинен бути

забезпечений засобами індивідуального захисту, зокрема захисними окулярами або лицьовим щитком, рукавицями та спеціальним одягом, який захищає від механічних пошкоджень та дії шкідливих речовин. Важливо застосовувати респіратор або маску під час операцій, пов'язаних з видаленням вуглецевих відкладень, шліфуванням або очищенням поверхонь, оскільки при цьому утворюється пил та абразивні часточки, які можуть потрапити в дихальні шляхи.

При знятті та встановленні головки блоку циліндрів слід уникати різких рухів та значних фізичних зусиль, оскільки деталі можуть мати велику вагу. Рекомендується використовувати підйомні механізми або інші пристосування, що дозволяють зменшити ймовірність травмування. Робоче місце повинно бути добре освітленим, вільним від сторонніх предметів, з працездатними інструментами та обладнанням. Забороняється використовувати несправний інструмент, а також починати роботу без попередньої перевірки стану верстатів, електрообладнання та вентиляційних систем.

Важливо строго дотримуватися правил безпечного поводження з хімічними реагентами, які використовуються для очищення головки, промивання каналів або видалення нагару. Під час їх застосування необхідно уникати контакту зі шкірою та слизовими оболонками, зберігати їх у спеціально призначених закритих контейнерах, а роботу проводити в приміщенні з ефективною вентиляцією. Особливу увагу слід приділяти процесам зварювання або наплавлення, оскільки вони супроводжуються виділенням шкідливих газів, розбризкуванням металу та високою температурою. Використання захисного щитка, спецодягу, зварювальних рукавиць та наявність витяжної вентиляції над робочою зоною є обов'язковою вимогою. Основні вимоги техніки безпеки під час ремонту головок циліндрів передбачають перелік основних видів робіт під час ремонту головок циліндрів і відповідні небезпеки, які можуть виникати під час їх виконання (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

## Основні вимоги техніки безпеки під час ремонту головок циліндрів

| Вид робіт                                          | Небезпека / шкідливий фактор              | Засоби захисту та заходи безпеки                                                                    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Демонтаж і монтаж головок                          | Фізичне перенавантаження, падіння деталей | Підйомні механізми, рукавиці, спецодяг, робота у парі                                               |
| Механічна обробка (шліфування, фрезерування)       | Пил, абразивні частинки, травма           | Захисні окуляри, респіратор, рукавиці, витяжна вентиляція, захисні кожухи верстатів                 |
| Зварювання та наплавлення                          | Іскри, висока температура, токсичні гази  | Зварювальний щиток, рукавиці, спецодяг, фартух, витяжна вентиляція                                  |
| Робота з хімічними речовинами (очищення, промивка) | Токсичні пари, опіки шкіри                | Рукавиці, респіратор, фартух, зберігання речовин у герметичних ємностях, вентиляція                 |
| Електрообладнання                                  | Ураження електричним струмом              | Перевірка ізоляції, заземлення, використання справного обладнання, дотримання правил електробезпеки |
| Освітлення робочої зони                            | Недостатня видимість травми, помилки      | Місцеве підсвічування, чисті лампи, регулювання світильників                                        |
| Переміщення та підйом деталей                      | Ризик травми, падіння                     | Використання талів, кран-балок, робота у парі, контроль ваги деталей                                |

Працівник повинен дотримуватися правил електробезпеки, не торкатися мокрими руками до електричних приладів, а також контролювати стан проводів, ізоляції та наявність заземлення. Перед початком робіт слід переконатися, що обладнання вимкнене та відсутня залишкова напруга або небезпечний механічний рух. Не допускається виконання ремонту у стані перевтоми, алкогольного або наркотичного сп'яніння, оскільки це значно

збільшує ризик отримання травм. Дотримання всіх вимог безпеки праці під час ремонту головок циліндрів дозволяє зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, зберегти здоров'я працівника та забезпечити якісне і надійне виконання ремонтних операцій.

Загалом, представлена таблиця та опис наголошують на вирішальному значенні дотримання правил техніки безпеки для запобігання травмам, отруєнням та пошкодженню обладнання в процесі ремонту головок циліндрів. Усі заходи мають систематичний характер і спрямовані на забезпечення безпечного та контрольованого робочого простору.

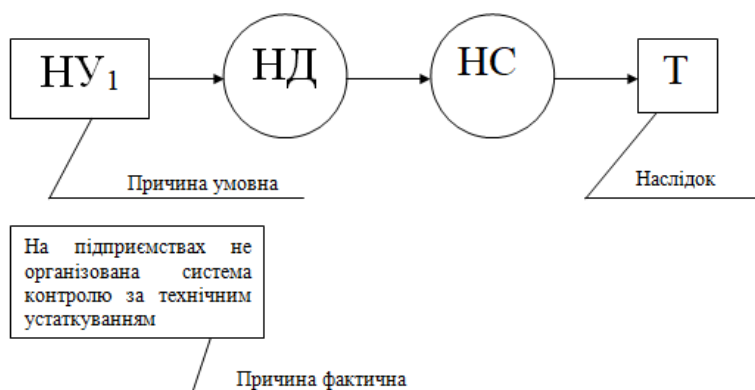
Модель заходів з охорони праці при ремонті головок циліндрів охарактеризовано в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

### Модель заходів з охорони праці

| Аналіз потенціальних небезпек на виробничих процесах        |                                                                                                                                                                                     |                                                                 |                                                                                                     |                  |                                                  |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------|
| Найменування технологічного процесу                         | Виробнича небезпека                                                                                                                                                                 |                                                                 |                                                                                                     | Можливі наслідки | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям         |
|                                                             | Небезпечна умова НУ                                                                                                                                                                 | Небезпечна дія НД                                               | Небезпечна ситуація НС                                                                              |                  |                                                  |
| Розбирання головки циліндрів двигунів внутрішнього згорання | При встановленні головки циліндрів, головка була погано закріплена НУ <sub>1</sub><br><br>Під час встановлення головки циліндрів, кронштейн був погано зафіксований НУ <sub>2</sub> | Слюсар несвоєчасно помітив що головка закріплена неправильно НД | Головка циліндрів випадає з кронштейна НС <sub>1</sub><br>Кронштейн з головою падає НС <sub>2</sub> | Травма           | Організувати постійний контроль за станом станду |

Модель процесу:



## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі ми дослідили технічний стан та удосконалення технологічного процесу ремонту головок циліндрів. Результати дослідження вказують на ключову роль технічного стану головок циліндрів в ефективній роботі двигуна. Найбільш часто зустрічаються тріщини, зношення сідел клапанів, деформація фланців, корозія каналів охолодження та знос направляючих втулок. Несвоєчасне виявлення цих проблем призводить до погіршення герметичності, збільшення витрати палива, втрати потужності та прискореного зносу деталей.

Аналіз існуючих технологій ремонту демонструє використання механічної обробки, шліфування, фрезерування, заміни або наплавлення сідел клапанів та втулок, усунення тріщин за допомогою зварювання, а також хіміко-термічного зміцнення поверхонь. Вибір методу залежить від матеріалу головки, характеру пошкоджень та економічної доцільності.

Дослідження умов праці показало наявність шкідливих факторів, таких як шум, вібрація, пил, хімічні речовини, підвищена температура та фізичні навантаження. Впровадження засобів захисту, поліпшення вентиляції, організація робочих місць та дотримання правил безпеки дозволяють знизити ризики.

Рекомендації щодо поліпшення технологічного процесу включають: комплексну діагностику (ультразвук, візуальний контроль), оптимізацію послідовності операцій, використання сучасних матеріалів та контроль точності обробки. Це дозволить підвищити якість ремонту, продовжити термін служби деталей та зменшити витрати.

Дослідження підтвердило, що науково обґрунтовані рішення сприяють підвищенню ефективності виробництва, що виражається в зменшенні кількості повторних ремонтів, поліпшенні точності, зниженні трудомісткості та зменшенні впливу шкідливих факторів.

Підсумовуючи, комплексний підхід до ремонту головок циліндрів дозволяє підвищити надійність двигунів, зменшити витрати та забезпечити відповідність вимогам безпеки та екології.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мельник В. І., Гайдай О. М. Інноваційні структурні перетворення на промислових підприємствах як драйвер сталого розвитку // Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems : зб. тез VII Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 155-річчю з дня створення ЦНТУ (м. Кропивницький, 16–18 квіт. 2025 р.). Кропивницький : ЦНТУ, 2025.
2. Мельник В. І., Лісецький В. О., Гайдай О. М. Оптимізація маршрутів обслуговування клієнтів // Збірник тез магістрів факультету конструювання та дизайну. Київ : НУБіП України, 2025. С. 25–27.
3. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Банний О. О., Бистрий О. М., Сиволапов В. А. Надійність машин та обладнання. Ч. 1 : Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання. Київ : НУБіП України, 2023. 211 с.
4. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine // Machinery and Energetics. 2021. Vol. 12, No. 2. P. 39–47.
5. Ружи́ло З. В., Мельник В. І., Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Бистрий О. М., Попик П. С., Мельник В. І. Надійність машин та обладнання. Ч. 2 : Ремонтування машин та відновлення деталей : навч. посіб. Київ : НУБіП України, 2023. 313 с.
6. Обладнання для автосервісу [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.stolviv.ho.ua/>. Дата звернення: 15.09.2025. Назва з екрана.
7. Мельник В. І., Гайдай О. М. Імплементация принципів циркулярної економіки в аграрному секторі України: техніко-сервісний аспект // Збірник тез магістрів факультету конструювання та дизайну. Київ : НУБіП України, 2025. С. 38–39.
8. Автомеханіка. Від проєкту до концепту [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://autom.com.ua/>. Дата звернення: 20.09.2025. Назва з екрана.

9. Обладнання на ділянках [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.carsystem.kiev.ua/>. Дата звернення: 29.09.2025. Назва з екрана.
10. Обладнання для ремонту ГБЦ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lg.net.ua/category/repair-equipment/remont-gbc/>. Дата звернення: 11.10.2025. Назва з екрана.
11. Верстати для ремонту головок блоків [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.serdimachines.com/>. Дата звернення: 17.09.2025. Назва з екрана.
12. Новицький А. В., Новицький Ю. А., Башук Р. В. Оцінка експлуатаційної надійності транспортно-технологічних машин // Крамаровські читання : матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конф. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 93–95.
13. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Т. 2 / О. І. Сідашенко, О. В. Тіхонов, Т. С. Скобло та ін. ; за ред. О. І. Сідашенка, О. В. Тіхонова. Харків : ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491 с.
14. Остапенко А. І. Діагностика технічного стану автомобілів. Київ : НАУ, 2019. 255 с.
15. Черняк Л. І., Дрозд В. П. Дослідження дефектів головок циліндрів двигунів внутрішнього згоряння // Вісник машинобудування. 2021. № 3. С. 45–52.
16. Пархоменко С. В. Аналіз причин відмов головок блоку циліндрів автомобільних дизельних двигунів // Автомобільний транспорт. 2020. № 47. С. 112–118.
17. Rebuilding Cylinder Heads: Procedures and Best Practices / AERA Engine Builders Association. Illinois, 2021. 112 p.
18. Audi Service Manual. Engine Mechanical – 2.0 TFSI, 3.0 TFSI, 2.7/3.0 TDI. Stuttgart : Audi AG, 2019. 388 p.
19. Audi Technical Documentation: Cylinder Head Repair Guidelines. Ingolstadt : Audi AG, 2022. 54 p.

20. Audi AG. Engine Mechanical – 2.0 TFSI, 3.0 TFSI, 2.0/3.0 TDI: Service and Repair Manual. Ingolstadt : Audi AG, 2023. 412 p.
21. Audi AG. Audi A4/A5/A6/A7 (2020–2024) Engine Technical Overview. Ingolstadt : Audi, 2024. 95 p.
22. Liu, Z., Jiang, Q., Li, T., Dong, S., Yan, S., Zhang, H., & Xu, B. (2016). Environmental benefits of remanufacturing: A case study of cylinder heads remanufactured through laser cladding. *Journal of Cleaner Production*, 133, 1027–1033.
23. Sivanantham, A., Devaraj, J., Sanduru, B., Hassan, M. M., Bhagyashree, B. K., Chandramauli, A., & Singh, S. (2024). Study on the failure effect analysis of IC engine cylinder head. *E3S Web of Conferences*, 563, 02010.
24. Jing, G. (2023). Research on fatigue reliability assessment of engine cylinder head through fatigue failure analysis and structural optimization. *Engineering Failure Analysis*.
25. Ashouri H., Beheshti B., Ebrahimzadeh M. R. Analysis of fatigue cracks of cylinder heads in diesel engines // *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Vol. 54, No. 3. P. 741–751.
26. Mohammadzadeh M., Okudan-Kremer G. E., Olafsson S., Kremer P. A. AI-driven crack detection for remanufacturing cylinder heads using deep learning // *Automation*. 2024. Vol. 5, No. 4. P. 578–596.
27. Ліньков О. Ю., Пильов В. В., Марченко А. П., Кравченко С. О., Малишев Г. В., Клименко О. М. Аналіз причин руйнування головки циліндра двигуна внутрішнього згоряння // *Двигуни внутрішнього згоряння*. 2024. № 1. С. 25–33.
28. Нємий С. В., Коцюмбас О. Й. Вплив ремонтних змін діаметрів циліндрів автомобільних двигунів на їх характеристики // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”*. 2016. № 838. С. 312–316.
29. Іванкова О. В., Бурлака О. А. Дослідження відновлення корпусних деталей автомобільних двигунів методом електродугової металізації // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 9(40). С. 127–134.

30. Ковбаса В. М., Романюк І. С. Контроль якості ремонтних операцій головок циліндрів // Вісник НТУ. 2022. № 1. С. 54–60.
31. Яремчук В. О., Козак І. В. Вплив термічних навантажень на довговічність головок циліндрів // Автомобільний транспорт. 2021. Вип. 48. С. 82–89.
32. Гуменюк М. В. Відновлення деталей машин: технології та матеріали : монографія. Львів : Львівська політехніка, 2021. 286 с.
33. Соловей О. М. Технологічні процеси ремонту двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 312 с.
34. Тарасенко Ю. С., Каплун В. А. Підвищення ресурсу головок циліндрів шляхом удосконалення технології ремонту // Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2023. № 2. С. 101–108.
35. Коваль О. А., Дяченко П. П. Тріщиноутворення в алюмінієвих головках циліндрів та методи їх усунення // Машинобудування. 2021. № 3. С. 66–72.
36. Пилипенко Є. В., Шевченко С. М. Причини та аналіз дефектів головок циліндрів двигунів внутрішнього згоряння // Вісник ХНТУ. 2022. № 4. С. 45–52.
37. Левченко І. О., Савченко О. О. Технологія ремонту автомобілів : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2018. 356 с.
38. Біліченко В. В., Гуцалюк О. П. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2019. 290 с.
39. Марченко А. П., Пильов В. В. Дослідження термічної напруженості деталей двигунів внутрішнього згоряння // Двигуни внутрішнього згоряння. 2019. № 2. С. 15–22.
40. Михайлюта С. С., Маркович С. І. Підвищення зносостійкості деталей ДВЗ шляхом наплавлення // Збірник наукових праць ЦНТУ. Технічні науки. 2020. Вип. 33. С. 84–90.

41. Василенко А. І., Кузьменко О. П. Матеріалознавчі аспекти ремонту алюмінієвих сплавів двигунів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2019. № 5. С. 102–108.
42. Тарасенко Ю. С. Аналіз технологічних процесів ремонту головок блоків циліндрів автомобільних двигунів // Наукові нотатки Луцького НТУ. 2021. Вип. 72. С. 58–64.
43. Яценко М. П., Поліщук О. Д. Економіка технічного сервісу автомобілів : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 288 с.
44. Якимчук М. М. Підвищення ефективності технологічного процесу ремонту головок блоків циліндрів двигунів легкових автомобілів : магіст. робота. Тернопіль, 2024.
45. Cylinder Head Analysis from Thermal Point of View Using Finite Element Method. Bull. Pol. Inst. Iași, 67(1), 29–33 (2021)
46. Руденко, В.О. (2024). Підвищення ефективності технічного обслуговування і ремонту головок блоків циліндрів ДВЗ. ЦНТУ.
47. Ulian, T.-M., & Popescu, D. (2021). Cylinder head analysis from thermal point of view using finite element method. Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași, 67(1), 29–33.
48. Investigation into diesel engine cylinder head failure. (2018). Engineering Failure Analysis, 90, 36–46.
49. Jing, G. (2023). Research on fatigue reliability assessment of engine cylinder head through fatigue failure analysis and structural optimization. Engineering Failure Analysis.
50. Ashouri, H., Beheshti, B., & Ebrahimzadeh, M. R. (2016). Analysis of fatigue cracks of cylinder heads in diesel engines. Journal of Theoretical and Applied Mechanics.