

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту головки блока
циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000.

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-42
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Ігор ГНИП
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Роман ХОРОШУН
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Тетяна ПИНДУС
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри _____
(підпис) Олег ЦЬОНЬ
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гнипу Ігорю Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000.

Керівник роботи Хорошун Роман Васильович доктор філософії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-44

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000.

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Основні умови роботи та навантаження головки блока циліндрів – А1;

Типові місця виникнення дефектів головки блока циліндрів – А1;

Основні конструкції пристосувань для головки блока циліндрів – А1;

Пристосування для зняття клапанних пружин – А1;

Універсальний поворотний стенд для головки блока циліндрів – А1;

Послідовність заключного контролю відремонтованої головки блока циліндрів – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

(підпис)

Гнип Ігор Ярославович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хорошун Роман Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000. ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра доктор філософії., старший викладач Хорошун Роман Васильович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 69 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова діагностування, дефектація, розбирання, ремонт, контроль якості.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Призначення, будова та принцип роботи головки блока циліндрів.....	8
1.2 Матеріали деталей головки блока циліндрів.....	10
1.3 Умови роботи та навантаження головки блока циліндрів.....	12
1.4 Основні несправності головки блока циліндрів і причини їх виникнення..	14
1.5 Аналіз наявних способів ремонту головок блока циліндрів.....	18
1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Розроблення технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів... 22	22
2.2 Розроблення маршрутного технологічного процесу ремонту.....	32
2.3 Розроблення операційного технологічного процесу.....	33
2.4 Вибір технологічного обладнання.....	39
2.5 Контроль якості відремонтованої головки блока циліндрів.....	42
2.6 Економічний розрахунок ремонту головки блока циліндрів.....	45
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	50
3.1 Обґрунтування необхідності застосування спеціального пристосування... 50	50
3.2 Аналіз існуючих конструкцій пристосувань.....	53
3.4 Розрахунок основних елементів пристосування.....	55
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	62
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів та організація робочого місця.....	62
4.2 Вимоги безпеки під час виконання технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Однією з найбільш відповідальних деталей дизельного двигуна автомобіля MAN M2000 є головка блока циліндрів. Вона бере участь у формуванні камер згоряння, забезпечує газообмін у циліндрах, розміщення форсунок і деталей клапанного механізму, а також відведення теплоти через систему охолодження. Від її технічного стану залежать герметичність робочого об'єму циліндрів, компресія, повнота згоряння палива, потужність, паливна економічність і ресурс двигуна.

У процесі експлуатації головка блока циліндрів зазнає нерівномірного нагрівання, тиску продуктів згоряння, ударних навантажень клапанного механізму та корозійної дії охолоджувальної рідини. Наслідком цього можуть бути деформація поверхні прилягання до блока циліндрів, утворення тріщин між клапанними сідлами та отворами форсунок, зношування напрямних втулок і сідел клапанів, пошкодження різьбових отворів, порушення герметичності сорочки охолодження та газового стику. Несвоєчасне виявлення таких дефектів призводить до зниження компресії, перегрівання двигуна, потрапляння охолоджувальної рідини до циліндрів або системи мащення та подальшого пошкодження деталей силового агрегату.

Якість ремонту головки блока циліндрів визначається не лише способом усунення окремого дефекту, а й правильною послідовністю розбиральних, мийних, контрольних, механічних і складальних операцій. Важливими умовами є застосування точного спеціалізованого обладнання, дотримання ремонтних розмірів, контроль співвісності клапанів і сідел, перевірка герметичності сорочки охолодження та проведення заключного контролю. Тому розроблення обґрунтованого технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000 є актуальним практичним завданням.

Додаткового вдосконалення потребують операції розбирання та складання клапанного механізму. Під час їх виконання необхідно надійно закріплювати головку, повертати її у зручне положення та безпечно стискати клапанні пружини. Застосування звичайних ручних пристосувань збільшує трудомісткість робіт і не завжди забезпечує необхідну стійкість деталі. У зв'язку

з цим доцільним є розроблення універсального поворотного станда, який поєднує функції закріплення головки та демонтажу клапанів.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості та ефективності ремонту головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000 шляхом розроблення раціонального технологічного процесу, вибору спеціалізованого обладнання та створення пристосування для безпечного виконання розбирально-складальних операцій.

Об'єктом дослідження є процес відновлення технічного стану головки блока циліндрів дизельного двигуна MAN D0826 автомобіля MAN M2000.

Предметом дослідження є технологічні операції, режими, обладнання, засоби контролю та конструктивні параметри пристосування, які забезпечують якісне й безпечне виконання ремонту головки блока циліндрів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення, будова та принцип роботи головки блока циліндрів

Головка блока циліндрів є одним із найбільш відповідальних елементів дизельного двигуна автомобіля MAN M2000. Вона закриває циліндри зверху, бере участь у формуванні камер згоряння, забезпечує надходження свіжого повітря, відведення відпрацьованих газів, установа форсунок і розміщення деталей газорозподільного механізму. Від технічного стану головки залежать герметичність робочого об'єму циліндрів, ефективність згоряння палива, потужність та економічність двигуна.

Корпус головки виготовлено у вигляді складного литого елемента, усередині якого сформовані газові канали, порожнини системи охолодження та отвори для встановлення клапанів, форсунок і кріпильних деталей. Для дизельних двигунів MAN сімейства D08 характерне секційне виконання головок, що полегшує їх демонтаж, дефектацію та ремонт. На верхній частині корпусу розташовані елементи приводу клапанів, які закриваються кришкою.

Нижня поверхня головки разом із днищем поршня утворює камеру згоряння. У ній відбуваються стискання повітря, впорскування палива, утворення паливоповітряної суміші та її згоряння. Форма поверхонь камери забезпечує необхідний напрямок руху повітряного заряду та сприяє рівномірному розподілу палива в об'ємі циліндра.

У корпусі головки виконані впускні та випускні канали. Через впускний канал під час такту впуску до циліндра надходить очищене повітря. Випускний канал призначений для відведення продуктів згоряння до випускного колектора та турбокомпресора. Канали мають плавну форму, завдяки чому зменшується опір руху газів і поліпшується наповнення циліндрів [2, 3].

Навколо камер згоряння, клапанних сідел і отворів форсунок розташована сорочка охолодження. Вона складається із системи внутрішніх порожнин, якими циркулює охолоджувальна рідина. Відведення теплоти запобігає місцевому перегріванню корпусу, деформації привалкової поверхні, появі тріщин і передчасному пошкодженню клапанних сідел.

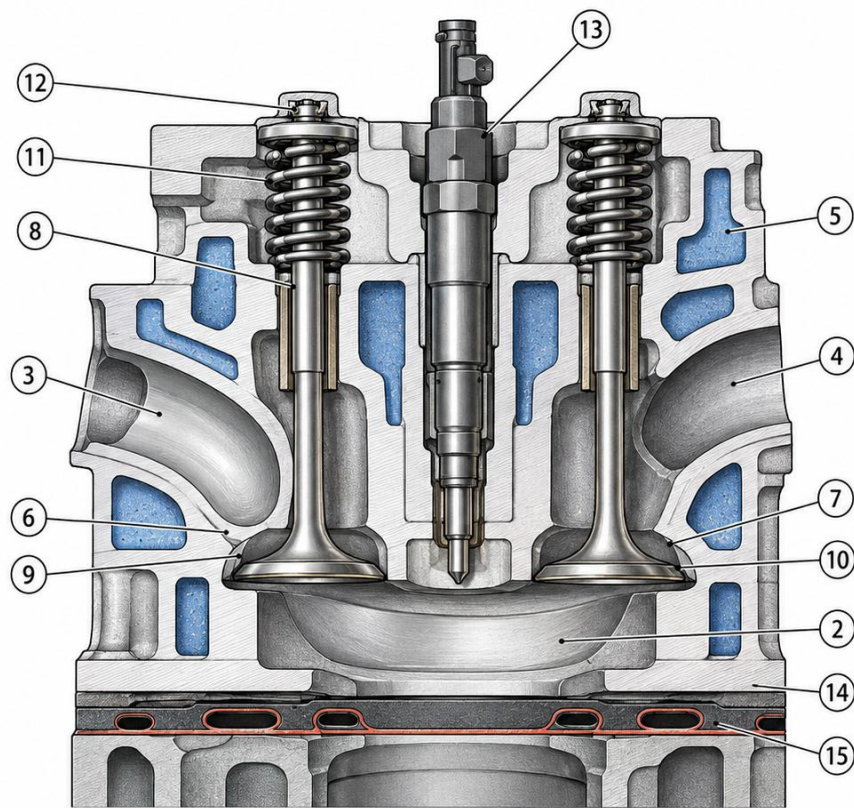


Рисунок 1.1 – Будова головки блока циліндрів двигуна MAN D0826:

1 – корпус головки; 2 – камера згоряння; 3 – впускний канал; 4 – випускний канал; 5 – порожнина сорочки охолодження; 6 – сідло впускного клапана; 7 – сідло випускного клапана; 8 – напрямні втулки клапанів; 9 – впускний клапан; 10 – випускний клапан; 11 – клапанні пружини; 12 – тарілки та сухарі клапанів; 13 – отвір для встановлення форсунки; 14 – привалкова поверхня; 15 – прокладка головки блока циліндрів.

У нижній частині головки встановлені сідла впускних і випускних клапанів. Їхні робочі фаски забезпечують щільне закриття газових каналів і відведення теплоти від тарілок клапанів до корпусу. Направні втулки задають положення стрижнів клапанів та забезпечують їх прямолінійне переміщення. Точність спряження клапана з напрямною втулкою безпосередньо впливає на герметичність камери згоряння та витрату моторної оливи.

Впускні та випускні клапани складаються зі стрижня і тарілки з робочою фаскою. Відкриття клапанів здійснюється механізмом газорозподілу, а повернення у закрите положення – клапанними пружинами. Пружина встановлюється між опорною поверхнею головки та верхньою тарілкою. Її з'єднання зі стрижнем клапана виконано за допомогою розрізних сухарів, які

входять у канавку стрижня. Така конструкція забезпечує надійне утримання деталей під час роботи двигуна [2, 3].

Форсунку встановлюють у спеціальному отворі головки так, щоб її розпилювач був спрямований у камеру згоряння. Ущільнення місця встановлення перешкоджає прориву газів і витіканню палива. Центральне або близьке до центрального розміщення розпилювача сприяє рівномірному розподілу палива та його змішуванню з нагрітим повітрям.

Нижня привалкова поверхня головки оброблена з високою точністю та контактує з верхньою площиною блока циліндрів. Між цими деталями встановлюють прокладку головки блока, яка ущільнює камери згоряння, канали системи охолодження та мастильні канали. Необхідне притискання з'єднання створюють болти головки, затягнуті у визначеній послідовності [2, 3].

Під час роботи двигуна поршень стискає повітря в циліндрі, після чого форсунка подає паливо до камери згоряння. Одночасно клапанний механізм у встановленій послідовності відкриває і закриває впускні та випускні канали. У періоди стискання та робочого ходу обидва клапани закриті, тому головка, клапани, їхні сідла і прокладка утворюють герметичний газовий стик. Теплота, яка передається корпусу від продуктів згоряння, відводиться охолоджувальною рідиною.

1.2 Матеріали деталей головки блока циліндрів

Матеріали деталей головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000 добирають з урахуванням одночасної дії високої температури, тиску газів, циклічних механічних навантажень і продуктів згоряння. Окремі елементи вузла працюють у різних температурних умовах, тому для їх виготовлення застосовують матеріали з відповідним поєднанням міцності, теплопровідності, твердості та зносостійкості [2, 4].

Корпус головки блока циліндрів двигуна MAN D0826 виготовлено з високолегованого сірого чавуну. Цей матеріал характеризується достатньою міцністю, жорсткістю, стійкістю до циклічного нагрівання та здатністю гасити вібрації. Його теплопровідність забезпечує відведення теплоти від камер

згоряння, клапанних сідел і отворів форсунок до охолоджувальної рідини. Твердість матеріалу корпусу орієнтовно становить 180–240 НВ, а межа міцності під час розтягу – 250–350 МПа.

Впускні клапани виготовляють із високолегованих хромокремнистих сталей. Такі сталі мають високу механічну міцність, опір ударним навантаженням і достатню зносостійкість поверхні стрижня. Впускний клапан додатково охолоджується потоком повітря, тому його температурне навантаження нижче, ніж у випускного клапана.

Для випускних клапанів застосовують жаростійкі хромонікелеві або хромомарганцевонікелеві сталі. Вони зберігають міцність за високої температури, протистоять газовій корозії та утворенню окалини. Робочі фаски клапанів можуть додатково зміцнювати наплавленням зносостійкого сплаву. Твердість робочої поверхні клапанів становить приблизно 35–45 HRC [2, 4].

Основні властивості матеріалів деталей головки блока циліндрів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Матеріали основних деталей головки блока циліндрів.

Деталь	Матеріал	Основні властивості
Корпус головки	Високолегований сірий чавун	Міцність, жорсткість, теплопровідність, стійкість до термічних навантажень
Впускний клапан	Високолегована хромокремниста сталь	Механічна міцність, ударна та зносова стійкість
Випускний клапан	Жаростійка хромонікелева сталь	Жароміцність, корозійна стійкість, опір утворенню окалини
Сідло клапана	Високолегований чавун або спечений сплав	Висока твердість, теплопровідність і зносостійкість
Напрямна втулка	Зносостійкий сірий чавун	Антифрикційні властивості, твердість і добра оброблюваність

Сідла клапанів виконують у вигляді окремих кілець, які із натягом установлюють у корпус головки. Для їх виготовлення використовують високолегований чавун або спечені порошкові матеріали. Сідла повинні мати підвищену твердість, зносостійкість, теплопровідність і здатність працювати за

багаторазового ударного контакту з тарілкою клапана. Найбільшого теплового навантаження зазнає сідло випускного клапана.

Напрямні втулки клапанів виготовляють зі спеціального зносостійкого сірого чавуну з добрими антифрикційними властивостями. Матеріал втулки забезпечує стабільне переміщення стрижня клапана, відведення теплоти та зменшення інтенсивності спрацювання пари тертя. Твердість напрямних втулок орієнтовно перебуває в межах 180–250 НВ.

Вибір матеріалів безпосередньо впливає на ремонтпридатність головки блока циліндрів. Чавунний корпус допускає контроль площинності та механічну обробку привалкової поверхні, однак через крихкість матеріалу усунення тріщин є складним і потребує спеціальної технології. Змінні сідла та напрямні втулки можна випресувати й замінити новими. Клапани з прогорілими фасками, деформованими стрижнями або значним спрацюванням переважно замінюють, оскільки їх відновлення не завжди забезпечує необхідну міцність і герметичність.

1.3 Умови роботи та навантаження головки блока циліндрів

Головка блока циліндрів належить до найбільш теплонавантажених деталей двигуна. Під час його роботи поверхні камер згоряння, сідла випускних клапанів і ділянки біля форсунок контактують із гарячими газами. Водночас зовнішні та внутрішні стінки корпусу охолоджуються рідиною, яка циркулює каналами сорочки охолодження. Значна різниця температур між окремими зонами спричиняє нерівномірне теплове розширення матеріалу.

У такті згоряння на нижню поверхню головки діє тиск газів, що виникає в циліндрі. Газове навантаження передається на корпус, прокладку та болти кріплення головки. Найбільші напруження формуються навколо камер згоряння, клапанних перемичок і отворів для встановлення форсунок [2, 3].

Періодичне нагрівання та охолодження головки зумовлює виникнення термічних напружень. За нормального теплового режиму вони не перевищують допустимих значень. У разі локального перегрівання або різкого охолодження

можливі деформація привалкової поверхні та утворення тріщин між сідлами клапанів або між сідлом і отвором форсунки.

Механічне навантаження на головку має циклічний характер. Воно змінюється відповідно до робочих тактів двигуна та багаторазово повторюється протягом усього строку експлуатації. Додаткові напруження виникають унаслідок затягування кріпильних болтів, роботи клапанного механізму та вібрації силового агрегату.

Внутрішні поверхні сорочки охолодження постійно контактують з охолоджувальною рідиною. Використання води або рідини з вичерпаними захисними властивостями спричиняє корозію, утворення відкладень і поступове звуження каналів. Погіршення тепловідведення підвищує температуру окремих ділянок головки та прискорює її пошкодження.

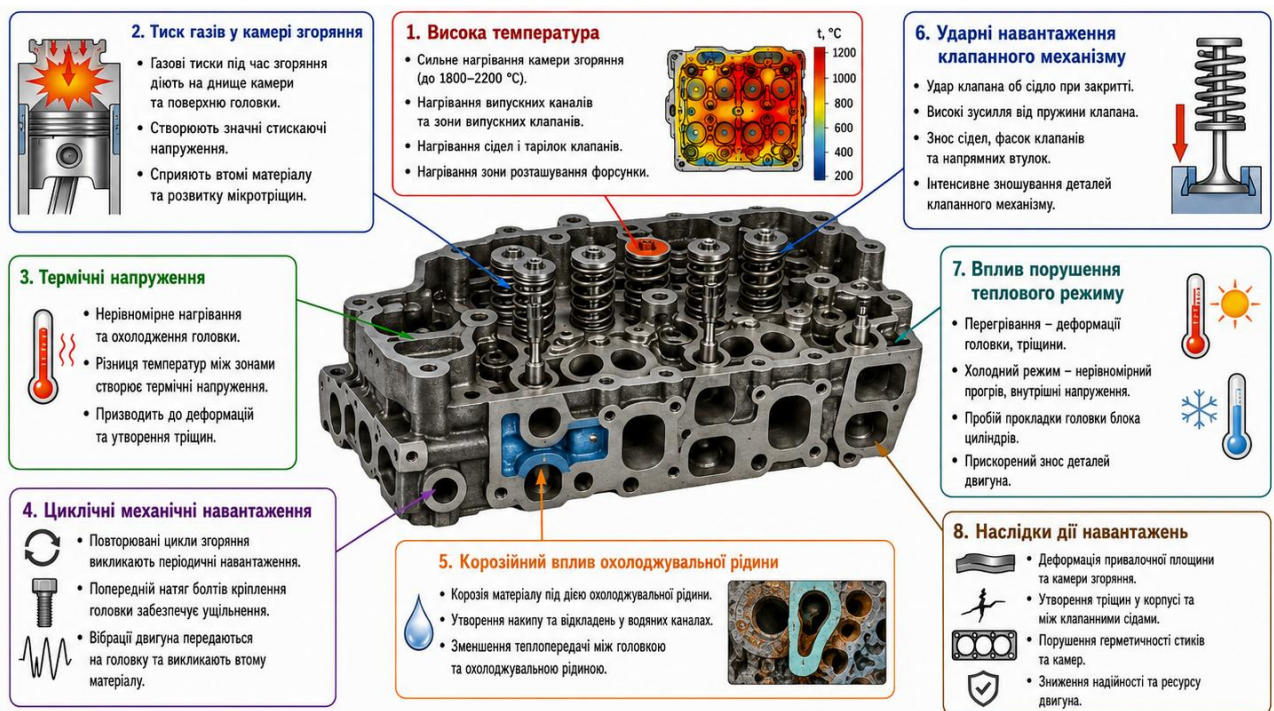


Рисунок 1.2 – Основні умови роботи та навантаження головки блока циліндрів

Клапанний механізм створює ударні та контактні навантаження. Під час закривання тарілка клапана контактує із сідлом, а пружина забезпечує необхідне зусилля притискання. Багаторазове повторення робочого циклу призводить до зношування фасок, сідел і напрямних втулок. Найбільш інтенсивно спрацьовуються деталі випускного клапана, які додатково зазнають дії гарячих газів [2, 3].

Порушення теплового режиму двигуна виникає внаслідок недостатнього рівня охолоджувальної рідини, несправності термостата, водяного насоса, вентилятора або забруднення каналів. Перегрівання спричиняє втрату площинності головки, послаблення газового стику, прогорання прокладки та появу тріщин. Надмірно швидке охолодження перегрітого корпусу також є небезпечним, оскільки створює значний температурний перепад і додаткові внутрішні напруження.

Технічний стан головки блока циліндрів визначається спільною дією теплових, газових, механічних і корозійних навантажень. Їх урахування є необхідним під час дефектації та вибору способу ремонту деталі.

1.4 Основні несправності головки блока циліндрів і причини їх виникнення

Головка блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000 працює під одночасною дією високої температури, тиску газів, механічних навантажень і охолоджувальної рідини. Унаслідок цього в процесі експлуатації можуть виникати деформації, тріщини, зношування посадкових поверхонь і порушення герметичності окремих з'єднань.

Одним із поширених дефектів є деформація привалкової поверхні головки. Її основними причинами є перегрівання двигуна, нерівномірне затягування кріпильних болтів, порушення послідовності їх відкручування, а також різке охолодження нагрітої деталі. Деформація спричиняє нерівномірне притискання прокладки, прорив газів і потрапляння охолоджувальної рідини до циліндрів або системи мащення [1, 4].

Тріщини між клапанними сідлами утворюються в найбільш теплонавантажених перемичках головки. Їх поява пов'язана з багаторазовими циклами нагрівання та охолодження, локальним перегріванням камер згорання і значними температурними напруженнями. Подібні тріщини також можуть виникати між сідлом клапана та отвором форсунки, де товщина стінки корпусу є меншою, а концентрація теплових навантажень – вищою.

Пошкодження різьбових отворів виникає внаслідок перевищення моменту затягування, перекосу кріпильної деталі, забруднення різьби або багаторазового розбирання вузла. Зірвана чи деформована різьба не забезпечує необхідного зусилля затягування форсунок, колекторів, кришок та інших елементів головки.

Зношування напрямних втулок клапанів відбувається через тривалу роботу пари «стрижень клапана – напрямна втулка», недостатнє мащення, перегрівання та потрапляння абразивних частинок. Зі збільшенням зазору порушується положення клапана відносно сідла, зростає витрата моторної оливи та погіршується герметичність камери згоряння.

Сідла клапанів зазнають ударних, теплових і газових навантажень. Їх зношування проявляється збільшенням ширини робочої фаски, появою раковин, нерівностей і слідів прогоряння. Причинами є порушення теплового зазору, неповне закривання клапана, перегрівання, потрапляння нагару та тривала робота двигуна з підвищеним навантаженням [1, 4].

Клапани можуть мати зношування стрижня, деформацію тарілки, прогоряння робочої фаски або тріщини. Найбільшого пошкодження зазнають випускні клапани, які контактують із гарячими відпрацьованими газами. Прогоряння виникає внаслідок нещільного прилягання клапана до сідла, неправильного регулювання теплового зазору або недостатнього відведення теплоти.

Негерметичність сорочки охолодження пов'язана з утворенням тріщин, корозійних раковин або пошкодженням внутрішніх стінок каналів. Через це охолоджувальна рідина може потрапляти до камери згоряння, мастильних каналів або виходити назовні. Ознаками такого дефекту є зменшення рівня рідини, поява пари у випускних газах і зміна властивостей моторної оливи.

Корозійні пошкодження виникають унаслідок використання води, неякісної охолоджувальної рідини або несвоєчасної її заміни. Кавітація розвивається під дією коливань тиску та утворення парових бульбашок у потоці рідини. Поступове руйнування поверхонь зменшує товщину стінок каналів і може призвести до втрати їх герметичності.

Поверхні під форсунки пошкоджуються через прорив газів, неправильне встановлення ущільнювальної шайби, недостатнє або надмірне затягування форсунки. На посадковій поверхні утворюються нагар, раковини та місцеві деформації, що перешкоджають герметичному встановленню розпилювача.

Порушення герметичності газового стику між головкою та блоком циліндрів виникає через деформацію привалкової поверхні, пошкодження прокладки, неправильне затягування болтів або їх повторне використання всупереч технічним вимогам. Наслідками є зменшення компресії, прорив газів до системи охолодження, перегрівання двигуна та змішування охолоджувальної рідини з моторною оливою.

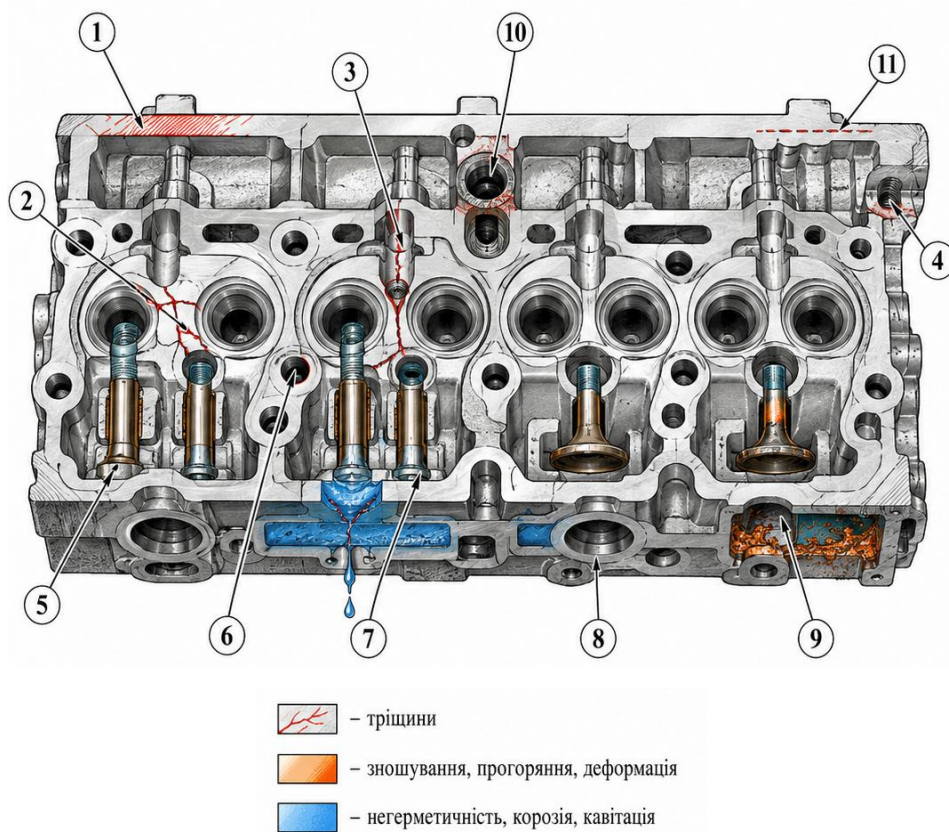


Рисунок 1.3 – Типові місця виникнення дефектів головки блока циліндрів:
 1 – деформація привалкової поверхні; 2 – тріщини між клапанними сідлами; 3 – тріщини між сідлом клапана та отвором форсунки; 4 – пошкодження різьбових отворів; 5 – зношування напрямних втулок клапанів; 6 – зношування і прогорання сідел клапанів; 7 – деформація та прогорання клапанів; 8 – негерметичність сорочки охолодження; 9 – корозійні та кавітаційні пошкодження; 10 – пошкодження поверхонь під форсунки; 11 – порушення герметичності газового стику.

Основні несправності головки блока циліндрів та причини їх виникнення систематизовано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні несправності головки блока циліндрів.

Несправність	Основна причина виникнення	Можливий наслідок
Деформація привалкової поверхні	Перегрівання, неправильне затягування болтів	Пошкодження прокладки, прорив газів
Тріщини між клапанними сідлами	Термічні напруження, локальне перегрівання	Втрата герметичності камери згоряння
Тріщина між сідлом і отвором форсунки	Перепад температур, мала товщина перемички	Проникнення газів або охолоджувальної рідини
Пошкодження різьбових отворів	Перевищення моменту затягування, перекіс болта	Недостатнє кріплення деталей
Зношування напрямних втулок	Тертя, перегрівання, недостатнє мащення	Перекіс клапана, підвищена витрата оливи
Зношування та прогоряння сідел	Ударні й теплові навантаження	Зменшення компресії
Деформація або прогоряння клапанів	Перегрівання, неповне закривання клапана	Втрата герметичності циліндра
Негерметичність сорочки охолодження	Тріщини, корозія, кавітація	Витікання охолоджувальної рідини
Корозійні та кавітаційні пошкодження	Неякісна рідина, несвоєчасне обслуговування	Руйнування стінок каналів
Пошкодження поверхонь під форсунки	Прорив газів, неправильний монтаж форсунки	Негерметичність місця встановлення
Порушення газового стику	Деформація поверхні, пошкодження прокладки	Прорив газів, перегрівання двигуна

Наведені дефекти взаємопов'язані та часто розвиваються одночасно. Тому під час ремонту головку блока циліндрів необхідно перевіряти комплексно,

поєднуючи зовнішній огляд, вимірювання геометричних параметрів, контроль тріщин і випробування сорочки охолодження на герметичність.

1.5 Аналіз наявних способів ремонту головок блока циліндрів

Спосіб ремонту головки блока циліндрів вибирають за результатами очищення, дефектації та вимірювання її основних поверхонь. При цьому враховують характер пошкодження, матеріал деталі, допустимі ремонтні розміри та можливість відновлення без зниження міцності й герметичності вузла.

Деталі, які мають критичне спрацювання, прогорання, тріщини або залишкову деформацію, замінюють новими. До них належать клапани, пружини, сухарі, ущільнення стрижнів, напрямні втулки та клапанні сідла. Заміна таких елементів є доцільнішою за їх відновлення, оскільки забезпечує стабільну роботу клапанного механізму та необхідну герметичність камер згоряння.

Деформацію привалкової поверхні усувають фрезеруванням або плоским шліфуванням. Перед обробкою визначають величину неплощинності та перевіряють залишкову висоту головки. Матеріал знімають мінімальним шаром, достатнім для отримання суцільної рівної поверхні. Після обробки контролюють площинність, шорсткість і паралельність базових поверхонь.

Зношені напрямні втулки відновлюють розгортанням під ремонтний розмір або замінюють. Стару втулку випресовують, посадковий отвір очищають і перевіряють, після чого встановлюють нову деталь із заданим натягом. Остаточне розгортання виконують після запресовування, забезпечуючи нормативний зазор між стрижнем клапана та втулкою.

Клапанні сідла з незначним зношуванням обробляють спеціальними різцями або шліфувальними головками. Під час ремонту відновлюють форму, ширину та розташування робочої фаски відносно напрямної втулки. Сідла з глибокими раковинами, прогоранням або послабленням посадки видаляють і замінюють новими кільцями. Після встановлення виконують чистову обробку та перевіряють герметичність з'єднання клапана із сідлом.

Пошкоджені різьбові отвори відновлюють нарізуванням різьби збільшеного ремонтного розміру або встановленням різьбових вставок [4, 5].

Перед ремонтом отвір очищають, розсвердлюють і калібрують. Застосування вставок дає змогу зберегти початковий розмір кріпильної деталі та забезпечити необхідну міцність з'єднання.

Спосіб усунення тріщин залежить від їх розміщення, довжини та глибини. Допустимі поверхневі пошкодження чавунного корпусу усувають методом холодного зшивання або спеціалізованого зварювання з контрольованим нагріванням і повільним охолодженням. Тріщини, які проходять через перемички між клапанними сідлами, отвір форсунки або стінки сорочки охолодження, потребують особливої оцінки. Якщо ремонт не гарантує міцності й герметичності, головку вибраковуюють.

Після виконання відновлювальних операцій головку випробовують на герметичність. Канали сорочки охолодження закривають заглушками, заповнюють рідиною та створюють контрольний тиск. Відсутність його зниження, крапель і бульбашок підтверджує придатність корпусу до подальшого складання.

Фінішне складання передбачає очищення деталей, установлення напрямних втулок, сідел, клапанів, ущільнень, пружин, тарілок і сухарів. Після складання перевіряють легкість переміщення клапанів, висоту їх розташування, стан пружин і герметичність робочих фасок. Заключний контроль також охоплює площинність привалкової поверхні, стан різьбових отворів і чистоту внутрішніх каналів. Основні способи ремонту наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Способи усунення дефектів головки блока циліндрів.

Дефект	Спосіб ремонту
Деформація привалкової поверхні	Фрезерування або плоске шліфування
Зношування напрямних втулок	Розгортання або заміна втулок
Зношування сідел клапанів	Механічна обробка робочих фасок
Прогорання або послаблення сідел	Заміна сідел з подальшою обробкою
Пошкодження різьбових отворів	Нарізування ремонтної різьби або встановлення вставки

Допустимі тріщини корпусу	Холодне зшивання або спеціалізоване зварювання
Негерметичність сорочки охолодження	Усунення пошкодження та повторне випробування
Критичне пошкодження деталі	Заміна головки або окремого елемента

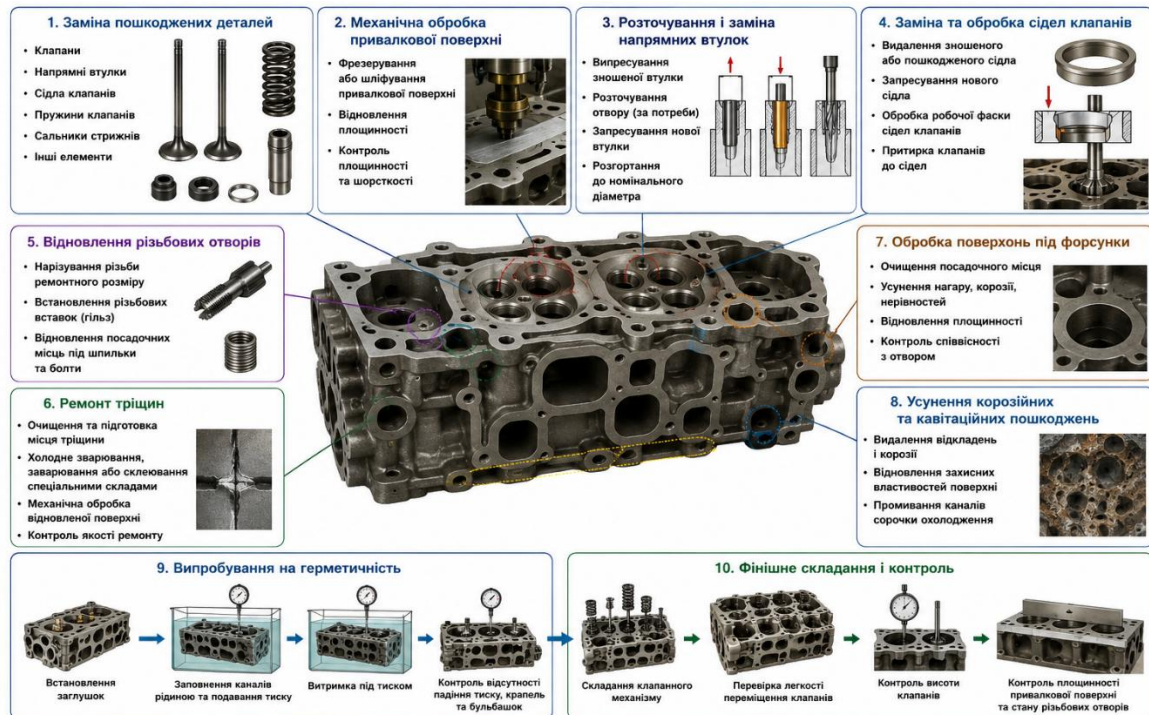


Рисунок 1.4 – Основні напрями ремонту головки блока циліндрів.

Аналіз наявних способів ремонту показує, що якість відновлення головки блока циліндрів залежить не тільки від обраного методу, а й від правильної послідовності операцій, точності обладнання та повноти контролю [1, 5, 8]. Тому доцільним є розроблення вдосконаленого технологічного процесу, який поєднує попередню дефектацію, обґрунтований вибір ремонтних операцій, застосування сучасного обладнання та обов'язковий контроль герметичності після завершення ремонту.

1.6 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

На підставі виконаного аналізу метою кваліфікаційної роботи є розроблення раціонального технологічного процесу ремонту головки блока

циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000, який забезпечуватиме відновлення її геометричних параметрів, герметичності та працездатності клапанного механізму за мінімальної трудомісткості й економічно обґрунтованих витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Розробити маршрутний технологічний процес ремонту головки блока циліндрів, який охоплюватиме приймання, розбирання, миття, очищення, дефектацію, механічну обробку, складання та заключний контроль.

2. Визначити зміст основних технологічних операцій і переходів, установити режими обробки, технічні вимоги, норми часу та необхідну кваліфікацію виконавців.

3. Обґрунтувати вибір обладнання для миття головки, очищення деталей, контролю тріщин, випробування сорочки охолодження, обробки поверхні прилягання, заміни напрямних втулок, відновлення сідел, шліфування клапанів і складання клапанного механізму.

4. Розробити систему заключного контролю, що передбачатиме перевірку площинності та висоти головки, герметичності каналів охолодження і клапанів, положення тарілок клапанів, стану різьбових отворів, чистоти каналів та правильності складання.

5. Визначити трудомісткість технологічного процесу та виконати економічний розрахунок ремонту з порівнянням витрат на відновлення і заміну головки блока циліндрів.

6. Проаналізувати відомі пристосування для ремонту головок блока циліндрів і розробити універсальний поворотний стенд, який забезпечуватиме закріплення деталі, її повертання, фіксацію та безпечне стискання клапанних пружин.

7. Виконати розрахунок важільного механізму, поворотних осей, затискних елементів, стопорного пристрою, опорних стійок і зварних з'єднань запропонованого стенда.

8. Розробити заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності під час виконання мийних, пресових, шліфувальних, випробувальних і розбирально-складальних операцій.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів

Перед початком ремонтних робіт доцільно перевірити компресію в кожному циліндрі двигуна [2, 5]. Такий контроль дає змогу попередньо оцінити технічний стан циліндро-поршневої групи без демонтажу основних вузлів. Вимірювання виконують на прогрітому двигуні під час його прокручування стартером після зняття форсунок.

Необхідно враховувати, що одна головка блока циліндрів обслуговує два циліндри.

Зняття:

злити охолоджувальну рідину в підготовлену ємність;

від'єднати трубопроводи високого тиску, що з'єднують форсунки з паливним насосом;

зняти підвідні та відвідні трубки.

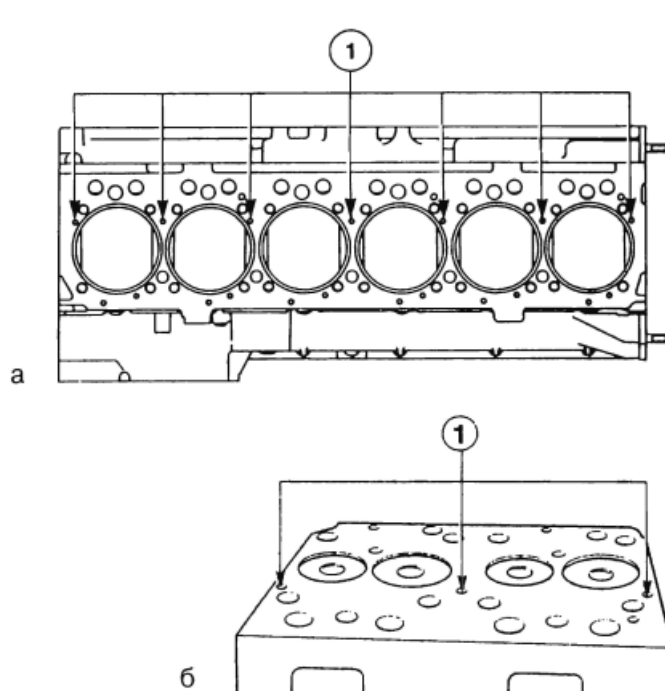


Рисунок 2.1 – Отвори в блоці циліндрів, призначені для герметизації або вже закриті заглушками:

1 – отвори.

демонтувати колектори системи охолодження, а також впускний і випускний колектори;

відкрутити кріпильні болти та зняти вісь у зборі з коромислами;

вийняти штанги приводу клапанного механізму;

на холодному двигуні послідовно послабити болти кріплення головки блока циліндрів у порядку, зворотному до їх затягування;

зняти головку блока циліндрів разом із прокладкою.

Якщо форсунки залишаються встановленими, головку блока циліндрів не допускається укладати привалковою поверхнею на верстак або іншу опору, оскільки при цьому можливе пошкодження розпилювачів форсунок.

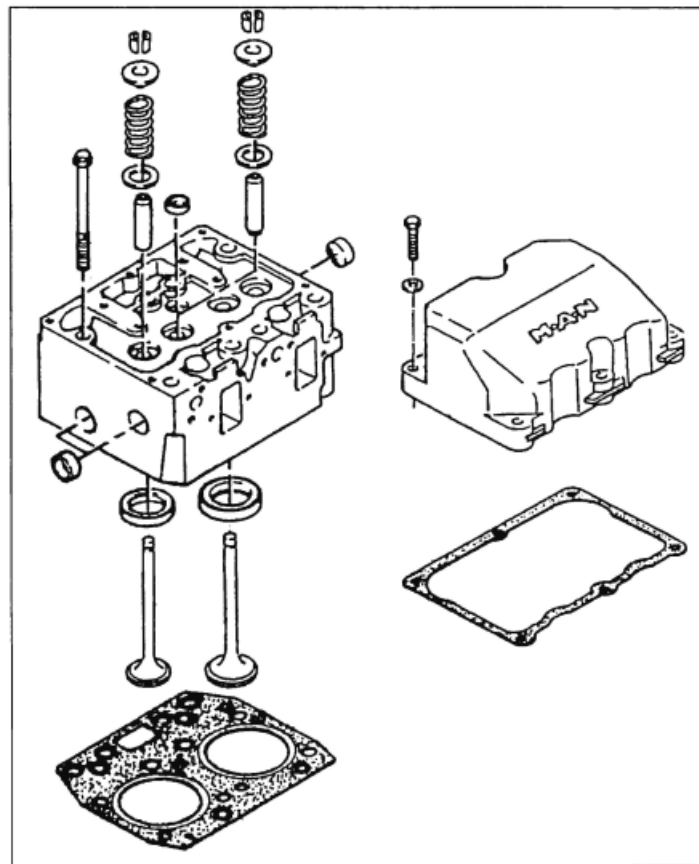


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд головки блока циліндрів.

Роботи з головкою блока циліндрів. Якщо форсунки не були демонтовані раніше, необхідно відкрутити гайку, установити перехідник у корпус форсунки та за допомогою спеціального знімача вийняти її разом з ущільнювальною прокладкою.

Привалкову поверхню головки блока циліндрів слід очистити від залишків прокладки та забруднень, після чого перевірити її площинність. З тарілок

клапанів видаляють нагар і вимірюють величину їх заглиблення відносно площини головки.

За результатами контролю клапани демонтують із використанням пристосування для стискання пружин. Після стискання пружин знімають сухарі, верхню тарілку, дві клапанні пружини та нижні опорні шайби. Аналогічно розбирають решту клапанів.

Далі перевіряють розміри стрижнів клапанів і визначають зазори між ними та напрямними втулками. Клапани, придатні для повторного використання, маркують і розміщують у спеціальній перфорованій плиті, зберігаючи їх початкове положення.

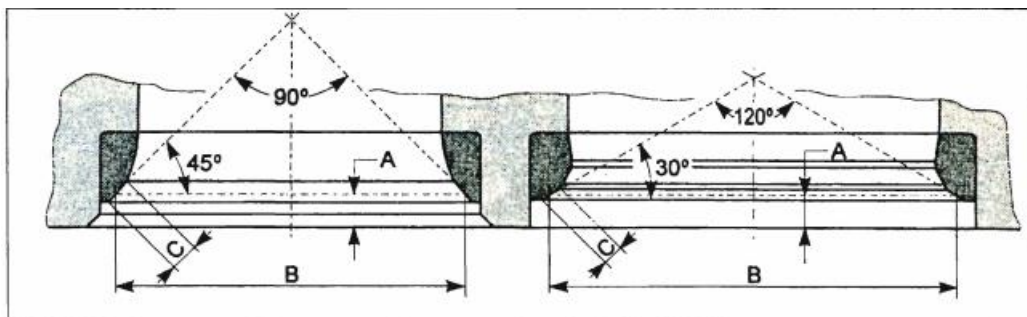


Рисунок 2.3 – Контрольні розміри під час шліфування сідел клапанів.

Впускні клапани: А – 4,3–4,4 мм; В – діаметр 46 мм; С – 3,3–3,8 мм.

Випускні клапани: А – 4,0–4,1 мм; В – діаметр 40 мм; С – 3,3–3,8 мм.

Сідла клапанів. У головці блока циліндрів застосовують змінні вставні сідла. Їх зовнішній діаметр може відповідати стандартному розміру або ремонтному розміру першої групи.

Шліфування сідел допускається за умови, що після механічної обробки заглиблення впускних і випускних клапанів залишається в установлених межах.

Оскільки напрямні втулки визначають положення клапанів відносно сідел, зношені втулки необхідно замінити до початку обробки сідел.

Якщо заглиблення тарілок клапанів перевищує допустиме значення, сідла підлягають заміні.

Для демонтажу сідла використовують спеціальне пристосування, яке розміщують у його внутрішньому отворі та закріплюють через різьбову частину.

У разі виявлення тріщин на поверхні головки блока циліндрів між двома сусідніми сідлами головку необхідно замінити.

Установлення сідел клапанів. Перед монтажем нового сідла вимірюють внутрішній діаметр посадкового отвору в головці блока циліндрів.

Для полегшення запресовування головку рівномірно нагрівають приблизно до 80 °С, а сідло охолоджують до температури близько –200 °С.

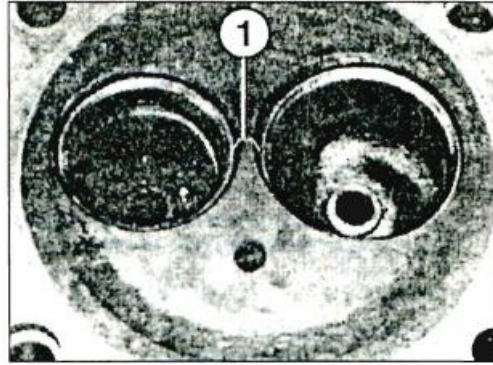


Рисунок 2.4 – Контроль перемички між двома клапанними сідлами на наявність тріщин:

1 – зона без пошкоджень.

установити нове сідло в посадковий отвір за допомогою оправки відповідного діаметра;

виконати шліфування робочої поверхні сідла з дотриманням установлених розмірів;

перевірити заглиблення тарілки клапана відносно поверхні прилягання головки до блока циліндрів.

Якщо напрямні втулки клапанів потребують заміни, обробку сідел необхідно виконувати лише після встановлення нових втулок.

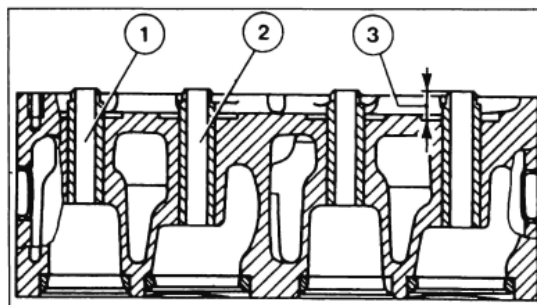


Рисунок 2.5 – Розташування напрямних втулок у головці блока циліндрів:

1 – напрямні втулки випускних клапанів, короткого виконання; 2 – напрямні втулки впускних клапанів, подовженого виконання; 3 – установчий розмір напрямних втулок від 14,1 до 14,5 мм.

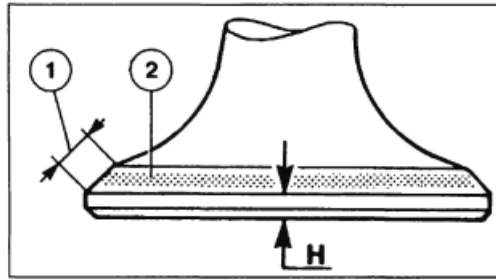


Рисунок 2.6 – Контрольні розміри, яких необхідно дотримуватися під час притирання клапанів:

1 – розмір від 3,3 до 3,8 мм; 2 – ширина притертої робочої поверхні від 2,0 до 2,5 мм; H – висота тарілки клапана: для впускного клапана – 3,0 мм, для випускного – 2,3 мм.

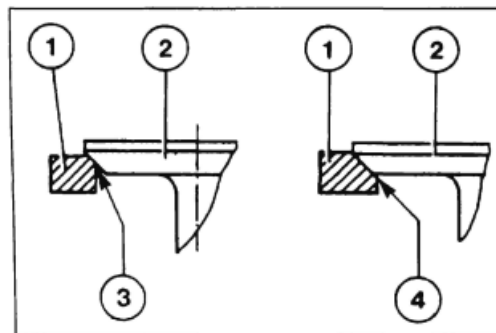


Рисунок 2.7 – Положення клапана відносно сідла:

1 – сідло клапана; 2 – клапан; 3 – правильне прилягання робочих поверхонь; 4 – неправильне прилягання робочих поверхонь.

Напрямні втулки запресовані в корпус головки блока циліндрів. Втулки впускних і випускних клапанів відрізняються довжиною, а їх зовнішній діаметр може відповідати номінальному або ремонтному розміру першої групи.

Демонтаж напрямних втулок виконують на пресі за допомогою оправки відповідного діаметра. Під час складання попередньо змащені втулки запресовують з боку коромисел, дотримуючись устанавленого монтажного розміру, однакового для всіх клапанів.

Після встановлення перевіряють внутрішній діаметр втулки та його відповідність діаметру стрижня клапана. Обробку сідел клапанів виконують після завершення монтажу напрямних втулок.

Демонтаж клапанів виконують після стискання пружин і зняття розрізних конічних сухарів.

Під час складання необхідно дотримуватися встановлених зазорів у з'єднанні стрижня клапана з напрямною втулкою та контрольних розмірів робочих фасок.

Після притирання робоча фаска клапана повинна мати суцільну рівномірну поверхню без рисок, раковин та інших пошкоджень. Надмірна ширина фаски сідла сприяє накопиченню нагару й порушенню герметичності з'єднання. Недостатня ширина контактної смуги погіршує відведення теплоти від тарілки клапана до головки блока циліндрів.

Необхідно контролювати заглиблення тарілок клапанів відносно поверхні прилягання головки до блока циліндрів. Надмірне заглиблення може ускладнювати запуск двигуна та спричиняти підвищену димність відпрацьованих газів. Недостатнє заглиблення створює небезпеку контакту клапана з поршнем.

Кожний клапан утримується в закритому положенні однією пружиною. Для впускних і випускних клапанів застосовують однакові пружини.

Пружини перевіряють за висотою, пружністю та відхиленням від поздовжньої осі. Деталі, параметри яких не відповідають установленим вимогам, замінюють. Пружини з пошкодженим захисним покриттям також не допускають до подальшого використання, оскільки корозія може спричинити їх руйнування.

Складання головки блока циліндрів. Перед складанням головку блока циліндрів і всі деталі, які встановлюють на неї, ретельно очищають. Канали підведення оливи до механізму газорозподілу продувають стисненим повітрям.

Клапани, придатні для повторного використання, встановлюють у ті самі місця, які вони займали до розбирання [1, 4, 5]. Стрижні клапанів змащують моторною оливою та вводять у відповідні напрямні втулки.

Головку встановлюють поверхнею прилягання на рівну опору. В посадкові заглиблення укладають нижні опорні шайби, після чого встановлюють пружини та верхні тарілки. За допомогою спеціального пристосування пружину стискають, монтують конічні сухарі, вирівнюють їх положення та поступово знімають навантаження. Аналогічно складають решту клапанних вузлів.

Після встановлення всіх клапанів головку повертають на бік і легкими ударами через м'яку оправку по торцях стрижнів забезпечують остаточну

посадку сухарів. Далі перевіряють заглиблення тарілок клапанів відносно поверхні прилягання головки до блока циліндрів.

Окремо контролюють виступання розпилювача форсунки над поверхнею головки. Необхідне положення регулюють підбором мідної ущільнювальної шайби відповідної товщини. Одну поверхню шайби змащують консистентним мастилом, встановлюють її на корпус форсунки, після чого форсунку монтують у своє гніздо та затягують установленим моментом.

Після перевірки положення розпилювача форсунку знімають, щоб запобігти її пошкодженню під час монтажу головки на двигун. На корпус форсунки, ущільнювальну шайбу та головку наносять взаємні позначки, які забезпечують правильне розташування деталей під час остаточного складання.

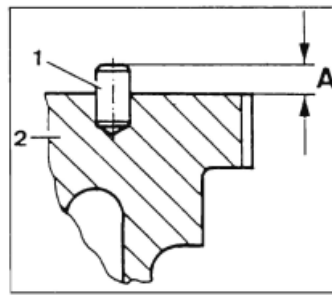


Рисунок 2.8 – Фрагмент верхньої поверхні блока циліндрів із зазначенням розташування центрального штифта:

1 – центрвальний штифт; 2 – блок циліндрів; А – гранична величина виступання 4,5 мм.

Установлення головок блока циліндрів.

перевірити, щоб у різьбових отворах під болти кріплення головок не залишалася охолоджувальної рідини або моторної оливи;

ретельно очистити контактні поверхні блока циліндрів і головок;

установити центрвальні штифти у відповідні отвори блока. Кожна головка блока циліндрів фіксується двома штифтами. Величина їх виступання не повинна перевищувати допустимого значення, наведеного на рисунку 2.8;

проконтролювати положення гільз і поршнів відносно верхньої площини блока циліндрів;

установити на блок суху прокладку та переконатися у збігу отворів каналів охолоджувальної рідини;

аналогічно підготувати місця встановлення решти головок блока циліндрів;

виміряти довжину кріпильних болтів. Для нової деталі розмір А повинен становити 140,0–140,5 мм. Болти, довжина яких перевищує 142 мм, необхідно замінити;

змастити моторною оливою різьбу та опорні поверхні головок болтів. Застосування мастильних матеріалів на основі дисульфиду молібдену або графіту не допускається;

установити головки блока циліндрів і перевірити рівномірність їх прилягання по всій поверхні стику.

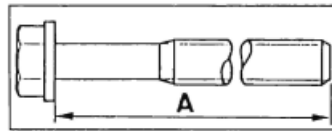


Рисунок 2.9 – Болт кріплення головки блока циліндрів:

А – довжина нового болта 140,0–140,5 мм; максимально допустима довжина – 142 мм.

установити болти кріплення головок блока циліндрів, не виконуючи їх остаточного затягування;

вирівняти положення головок за допомогою контрольної лінійки та притиснути їх до місць встановлення впускного і випускного колекторів.

Затягування болтів кріплення головок блока циліндрів.

наживити болти вручну та виконати перший етап затягування моментом 1 кН·м у послідовності, наведеній на рисунку 2.10;

під час другого етапу затягнути болти моментом 8 кН·м, після чого на третьому етапі збільшити момент до 15 кН·м;

у тій самій послідовності виконати четвертий етап, повернувши кожний болт на 90°;

завершити затягування повторним довертанням усіх болтів ще на 90°.

Після кожних 20 000–30 000 км пробігу кріпильні болти необхідно додатково повернути на 90° без попереднього послаблення. Виняток становлять головки, на яких є відповідна заводська позначка про виконання цієї операції. Підтягування допускається як на холодному, так і на прогрітому двигуні.

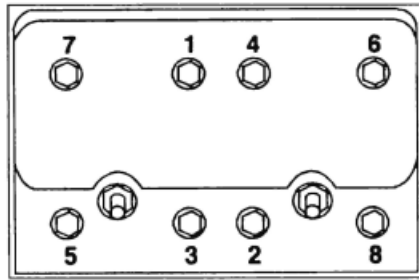


Рисунок 2.10 – Послідовність затягування болтів кріплення головки блока циліндрів.

На кожній головці блока циліндрів встановлено окремий механізм коромисел, вісь якого закріплена двома опорами. Розбирання та складання цього вузла не потребує складних технологічних операцій.

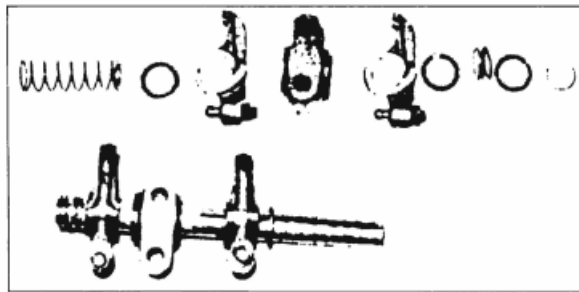


Рисунок 2.11 – Опори та коромисла клапанного механізму.

перевірити технічний стан коромисел і величину їх осьового зазору;
за наявності надмірного спрацювання замінити втулки коромисел. Під час запресовування позначку на втулці необхідно сумістити з отвором для підведення мастила.

Коромисла впускних і випускних клапанів мають однакову конструкцію.
проконтролювати боковий зазор кожного коромисла;
установити штанги приводу коромисел;
змонтувати осі коромисел у зборі на відповідні головки блока циліндрів,
затягнути кріпильні болти встановленим моментом і відрегулювати клапанні зазори.

Аналогічні операції виконують для решти головок блока циліндрів.

Перед установленням корпусу форсунки на його контактні поверхні необхідно нанести протизадирний склад типу Never-Seez, як показано стрілкою на рисунку 2.12.

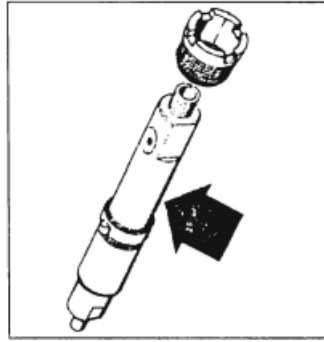


Рисунок 1.14 – Ділянка корпусу форсунки, на яку перед установленням у головку блока циліндрів наносять протизадирний склад NEVER-SEEZ.

установити корпуси форсунок разом із відповідними ущільнювальними прокладками в отвори головки блока циліндрів;

наживити кріпильні гайки без остаточного затягування, після чого приєднати зворотний паливопровід і трубопровід високого тиску.

Регулювання коромисел виконують на холодному двигуні. Нормований зазор є однаковим для впускних і випускних клапанів та становить 0,50 мм.

установити пристосування для провертання колінчастого вала навпроти оглядового отвору маховика, як показано на рисунку 2.13;

обертати колінчастий вал у напрямку його робочого руху за годинниковою стрілкою, доки поршень відповідного циліндра не займе положення верхньої мертвої точки наприкінці такту стискання.

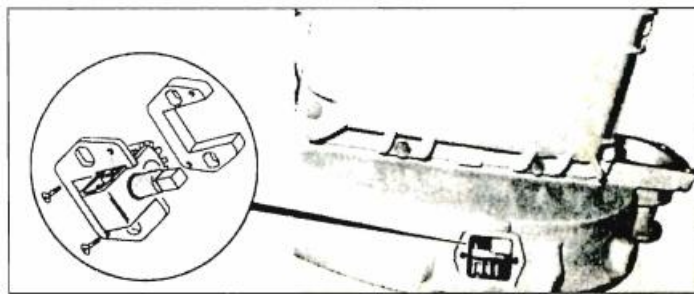


Рисунок 2.13 – Спеціальне пристосування для провертання колінчастого вала двигуна.

відрегулювати клапанні зазори у послідовності, наведеній на рисунках 2.15.

Для встановлення поршня наступного циліндра в положення такту стискання необхідно:

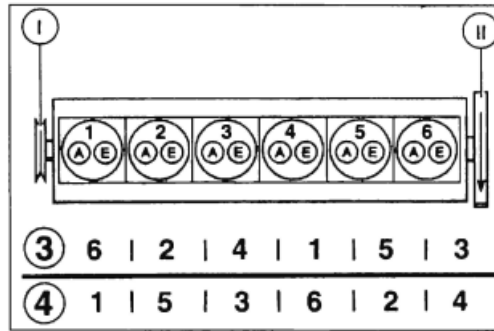


Рисунок 2.15 – Послідовність регулювання клапанних коромисел шестициліндрового двигуна:

1 – циліндр, розташований з боку приводу розподільного вала; 2 – циліндр з боку маховика двигуна; 3 – циліндри, клапани яких перебувають у фазі перекриття; 4 – циліндри, у яких виконують регулювання клапанних зазорів.

у шестициліндровому двигуні повернути колінчастий вал на третину оберту.

Для регулювання клапанних зазорів у всіх циліндрах колінчастий вал необхідно повернути на два повних оберти.

Після завершення регулювання затягнути гайки кріплення корпусів форсунок і встановити кришки головок блока циліндрів.

2.2 Розроблення маршрутного технологічного процесу ремонту

Таблиця 2.1 – послідовність технологічних операцій.

Номер операції	Назва операції	Основний зміст
005	Приймальна	Огляд, перевірка комплектності, маркування
010	Розбиральна	Демонтаж клапанів, пружин, форсунок та інших деталей
015	Мийна	Видалення мастила, нагару та забруднень
020	Очисна	Очищення каналів і камер згоряння
025	Дефектувальна	Виявлення тріщин, деформацій і зношування
030	Контрольно-вимірвальна	Вимірювання геометричних параметрів
035	Випробувальна	Перевірка герметичності сорочки охолодження

040	Механічна	Обробка привалкової поверхні
045	Втулкова	Заміна та обробка напрямних втулок
050	Ремонтна	Заміна або відновлення клапанних сідел
055	Шліфувальна	Обробка клапанів і робочих фасок
060	Слюсарна	Відновлення різьбових отворів
065	Мийна	Фінішне очищення після механічної обробки
070	Комплектувальна	Добір деталей клапанного механізму
075	Складальна	Складання головки блока циліндрів
080	Контрольна	Перевірка герметичності клапанів і якості складання
085	Випробувальна	Повторна перевірка герметичності
090	Заклучна	Консервація, маркування та передавання на складання двигуна

2.3 Розроблення операційного технологічного процесу

Операційний технологічний процес ремонту головки блока циліндрів двигуна MAN D0826 розроблено для послідовного відновлення її геометричних параметрів, герметичності сорочки охолодження та працездатності клапанного механізму. Операції виконують для однієї секційної головки, яка обслуговує два циліндри двигуна.

Операція 005 – Контрольно-вимірвальна

Мета операції: визначення площинності поверхні прилягання головки до блока циліндрів.

Зміст переходів:

1. Очистити контрольовану поверхню від залишків прокладки, нагару та забруднень.

2. Установити перевірну лінійку вздовж, уперек і по діагоналях поверхні.

3. Виміряти найбільший зазор між лінійкою та площиною набором щупів.

4. Порівняти отримане значення з допустимим відхиленням.

5. Позначити ділянки, які потребують механічної обробки.

Обладнання і пристосування: контрольна плита, верстак для головок блока циліндрів.

Вимірювальний інструмент: перевірна лінійка, набір плоских щупів, індикатор годинникового типу.

Технічні вимоги: контрольована поверхня повинна бути чистою; рішення про обробку ухвалюють за найбільшим значенням відхилення; головки з глибокими тріщинами вибраковують.

Норма часу: 12 хв.

Виконавець: слюсар з ремонту колісних транспортних засобів 4-го розряду.

Операція 010 – Випробувальна

Мета операції: перевірка герметичності сорочки охолодження.

Зміст переходів:

1. Закрити технологічними заглушками всі отвори сорочки охолодження.
2. Установити головку на поворотну раму стенда Comes VPT160.
3. Під'єднати магістраль стисненого повітря.
4. Занурити головку в нагріту воду.
5. Створити в сорочці охолодження тиск 0,4 МПа.
6. Повернути головку для огляду всіх поверхонь.
7. Перевірити відсутність бульбашок повітря та зниження тиску.

Обладнання: стенд для гідропневматичних випробувань Comes VPT160.

Пристосування: комплект заглушок, ущільнювальні пластини, поворотна рама стенда.

Режим контролю: температура води 70–80 °С; випробувальний тиск 0,4 МПа; тривалість витримки 5 хв.

Технічні вимоги: поява повітряних бульбашок, крапель або зниження тиску не допускається.

Норма часу: 25 хв.

Виконавець: слюсар з ремонту колісних транспортних засобів 4-го розряду.

Операція 015 – Плоскошліфувальна

Мета операції: відновлення площинності поверхні прилягання головки до блока циліндрів.

Зміст переходів:

1. Установити головку на паралельні опори верстата.
2. Вирівняти деталь відносно напрямку переміщення робочого органа.
3. Закріпити головку притискачами.
4. Підвести шліфувальний круг до поверхні.
5. Виконати попередній і чистовий проходи.
6. Очистити деталь і повторно перевірити площинність.

Обладнання: плоскошліфувальний верстат Comec RP330.

Пристосування: універсальні паралельні опори, комплект притискачів.

Різальний інструмент: сегментний шліфувальний круг для обробки чавуну.

Режим обробки: частота обертання круга 1400 хв^{-1} ; поздовжня подача 145 мм/хв ; глибина чистового проходу $0,05 \text{ мм}$.

Технічні вимоги: метал знімають мінімальним шаром; загальна глибина обробки не повинна перевищувати 1 мм ; на поверхні не допускаються уступи, задири та необроблені ділянки.

Норма часу: 22 хв .

Виконавець: верстатник широкого профілю 5-го розряду.

Операція 020 – Пресова

Мета операції: заміна зношених напрямних втулок клапанів.

Зміст переходів:

1. Установити головку на стіл преса камерою згоряння догори.
2. Випресувати зношені втулки відповідною оправкою.
3. Очистити та проконтролювати посадкові отвори.
4. Змастити зовнішні поверхні нових втулок моторною оливою.
5. Запресувати втулки з боку механізму коромисел.
6. Перевірити глибину встановлення.
7. Розгорнути внутрішні отвори до номінального розміру.

Обладнання: прес для напрямних втулок Comec BGV220.

Пристосування: опорна плита, напрямна оправка, дистанційна втулка.

Інструмент: розгортка, нутромір, штангенглибиномір.

Режим обробки: запресовування виконують плавним статичним зусиллям без ударів; установчий розмір напрямної втулки становить 14,1–14,5 мм.

Технічні вимоги: впускні та випускні втулки встановлюють у відповідні отвори; перекіс і пошкодження поверхонь не допускаються; після заміни втулок обов'язково обробляють клапанні сідла.

Норма часу: 30 хв.

Виконавець: слюсар з ремонту колісних транспортних засобів 4-го розряду.

Операція 025 – Розточувально-фрезерна

Мета операції: відновлення геометрії та співвісності робочих поверхонь клапанних сідел.

Зміст переходів:

1. Установити головку на робочий стіл верстата Comec FSV100.
2. Вибрати пілот за діаметром отвору напрямної втулки.
3. Відцентрувати шпиндель відносно втулки.
4. Установити різальну головку відповідного профілю.
5. Обробити робочу та допоміжні фаски сідел.
6. Перевірити ширину контактної поверхні й положення клапана.
7. Повторити переходи для решти сідел.

Обладнання: верстат для обробки клапанних сідел Comec FSV100.

Пристосування та інструмент: твердосплавний пілот, профільний різець, індикатор співвісності, штангенглибиномір.

Режим обробки: частота обертання шпинделя 200 хв^{-1} ; подача ручна, рівномірна; матеріал знімають мінімальним шаром.

Технічні вимоги: ширина притертої робочої поверхні повинна становити 2,0–2,5 мм; фаска має бути суцільною та концентричною відносно напрямної втулки.

Норма часу: 35 хв.

Виконавець: верстатник широкого профілю 5-го розряду.

Операція 030 – Круглошліфувальна

Мета операції: відновлення робочих фасок клапанів.

Зміст переходів:

1. Очистити клапани від нагару.
2. Перевірити прямолінійність стрижнів і стан тарілок.
3. Закріпити клапан у патроні верстата.
4. Відрегулювати кут шліфування робочої фаски.
5. Виконати шліфування з мінімальним зняттям металу.
6. Перевірити якість фаски та залишкову висоту тарілки.
7. Притерти клапан до відповідного сідла.

Обладнання: верстат для шліфування клапанів Comec RV516.

Інструмент: шліфувальний круг, мікрометр, індикатор, ручне пристосування для притирання.

Режим обробки: подача клапана до круга плавна; охолодження безперервне; іскріння наприкінці проходу мінімальне.

Технічні вимоги: робоча фаска повинна бути рівною й без раковин; мінімальна висота тарілки впускного клапана – 3,0 мм, випускного – 2,3 мм; притирання нових клапанів є обов'язковим.

Норма часу: 28 хв.

Виконавець: верстатник широкого профілю 4-го розряду.

Операція 035 – Складальна

Мета операції: складання клапанного механізму головки блока циліндрів.

Зміст переходів:

1. Промити головку й продути мастильні та охолоджувальні канали.
2. Змастити стрижні клапанів моторною оливою.
3. Установити клапани у відповідні напрямні втулки.
4. Установити опорні шайби, пружини та верхні тарілки.
5. Стиснути пружину і встановити розрізні сухарі.
6. Повільно зняти навантаження з пружини.
7. Перевірити правильність посадки сухарів.
8. Аналогічно скласти решту клапанних вузлів.

Обладнання: стенд для складання головок Comec BST880.

Пристосування: важільний стискач клапанних пружин, установлювальні оправки.

Інструмент: пінцет для сухарів, м'який молоток, вимірювальна лінійка.

Режим складання: максимальне зусилля стискача не повинно спричиняти змикання витків пружини; стрижні клапанів попередньо змащують моторною оливою.

Технічні вимоги: клапани повинні вільно переміщуватися у втулках; сухарі мають повністю входити в канавки стрижнів; перекіс пружин не допускається.

Норма часу: 30 хв.

Виконавець: слюсар з ремонту колісних транспортних засобів 4-го розряду.

Операція 040 – Контрольна

Мета операції: заключна перевірка герметичності клапанів.

Зміст переходів:

1. Установити головку на контрольний стенд.
2. Закрити впускний або випускний канал еластичною насадкою.
3. Створити розрідження в контрольованому каналі.
4. Витримати задане розрідження протягом 10 с.
5. Перевірити стабільність показань вакуумметра.
6. Повторити контроль для кожного клапана.
7. За наявності витoku повторно обробити або притерти відповідну пару.

Обладнання: вакуумний тестер клапанів із діапазоном вимірювання від 0 до –1 бар.

Пристосування: герметична еластична насадка, комплект перехідників.

Режим контролю: розрідження 0,06–0,08 МПа; тривалість витримки 10 с.

Технічні вимоги: помітне зниження розрідження не допускається; контактний поясок клапана має бути суцільним по всьому колу [1, 7, 8].

Норма часу: 12 хв.

Виконавець: контролер слюсарних і верстатних робіт 4-го розряду.

Загальна розрахункова трудомісткість основних операцій ремонту однієї головки блока циліндрів становить 194 хв, або 3,23 год. Наведені норми часу мають розрахунково-орієнтовний характер і підлягають уточненню хронометражем відповідно до оснащення ремонтної дільниці та організації робочих місць.

2.4 Вибір технологічного обладнання

Якість ремонту головки блока циліндрів значною мірою залежить від точності технологічного обладнання, відповідності його робочої зони габаритам деталі та можливості стабільного відтворення заданих режимів. Для виконання розробленого технологічного процесу підібрано спеціалізовані установки, призначені для очищення, дефектації, механічної обробки та складання головок автомобільних двигунів [1, 10].

Для попереднього миття головки блока циліндрів застосовують струминну мийну машину MAGIDO L102. Очищення виконується водним мийним розчином у закритій камері з моторизованим обертанням кошика. Діаметр кошика становить 910 мм, робоча висота – 490 мм, а допустима маса завантаження – 200 кг. Максимальна температура розчину дорівнює 60 °С. Такі параметри забезпечують розміщення головки разом із супутніми деталями та рівномірне видалення мастила, нагару й експлуатаційних забруднень.

Для очищення клапанів, пружин, тарілок, форсуноквих деталей і внутрішніх каналів доцільно використати ультразвукову установку TierraTech MOT-200N Advanced. Об'єм ванни становить 215 л, корисні розміри робочого простору – 730×460×380 мм, допустима маса завантаження – 200 кг. Ультразвукова кавітація забезпечує очищення отворів, каналів і заглиблень, до яких складно отримати доступ механічним способом.

Герметичність сорочки охолодження перевіряють на стенді COMEC VPT160. Установка має ванну місткістю 580 л і допускає розміщення деталей розміром до 1350×410×410 мм. Температура води регулюється в межах від 0 до 90 °С, а поворотна рама обертається на 360°, що дає змогу оглянути всі поверхні головки під час випробування. Застосування нагрітої води підвищує достовірність виявлення тріщин, які можуть розкриватися в умовах теплового навантаження.

Для контролю поверхневих тріщин чавунного корпусу вибрано переносний магнітопорошковий дефектоскоп Magnaflux Y-2. Прилад створює змінне магнітне поле та виявляє дефекти в перемичках між клапанними сідлами, біля отворів форсунок і на поверхнях камер згоряння. Відстань між полюсами

регулюється в межах 64–270 мм, а маса дефектоскопа становить 2,2 кг. Герметичний корпус виконання IP54 дає змогу використовувати прилад у виробничих умовах [1, 10].

Відновлення площинності поверхні прилягання головки до блока циліндрів виконують на верстаті COMEC RP330. Розмір робочого стола становить 670×270 мм, максимальна відстань від стола до шліфувального круга – 330 мм. Круг діаметром 330 мм обертається з частотою 1400 хв⁻¹, а швидкість робочої подачі становить 145 мм/хв. Сегментний круг для чавуну забезпечує рівномірне зняття мінімального шару металу та отримання поверхні необхідної площинності.

Випресовування і встановлення напрямних втулок виконують на гідравлічному пресі COMEC BGV220. Робоче зусилля регулюється від 0 до 5 т, хід штока становить 260 мм, а максимальна довжина головки, яку можна встановити на обладнанні, дорівнює 800 мм. Поворотна опора нахилиється на кут до ±50°, завдяки чому втулку орієнтують співвісно з напрямком прикладання зусилля. Контроль тиску запобігає пошкодженню посадкового отвору під час запресовування.

Механічну обробку клапанних сідел виконують на верстаті COMEC FSV100. Обладнання призначене для головок розміром до 746×228×150 мм і дає змогу обробляти сідла діаметром від 14 до 76 мм. Частота обертання шпинделя плавно регулюється в межах 0–500 хв⁻¹. Центрування різального інструмента здійснюється за твердосплавним пілотом, установленим у напрямній втулці, що забезпечує співвісність робочої фаски сідла з віссю клапана. Вбудований вакуумметр дозволяє безпосередньо після обробки оцінити герметичність з'єднання.

Робочі фаски клапанів відновлюють на безцентровому шліфувальному верстаті COMEC RV516. Він призначений для клапанів із діаметром стрижня 4–16 мм, довжиною 55–330 мм і діаметром тарілки до 114 мм. Кут фаски встановлюється в межах від 0 до 60°, а частота обертання шліфувального круга становить 2800 хв⁻¹. Безцентрова схема базування забезпечує співвісність тарілки та стрижня з відхиленням не більше 0,01 мм.

Розбирання і складання клапанного механізму виконують на пневматичному стенді COMEC BST880. Розмір його поворотного стола становить 875×350 мм, робоча поверхня – 850 мм, а зусилля стискання пружини – 220 даН. Стіл обертається на 360°, тому головку можна встановити у зручному для оператора положенні. Керування пневматичним циліндром ногою педаллю звільняє руки для встановлення або зняття сухарів клапанів.

Основні характеристики вибраного обладнання наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологічне обладнання для ремонту головки блока циліндрів

Технологічна операція	Модель обладнання	Основні характеристики	Обґрунтування вибору
Миття головки	MAGIDO L102	Кошик Ø910 мм; висота 490 мм; навантаження 200 кг; температура 60 °С	Автоматичне рівномірне струминне очищення всієї головки
Очищення деталей	TierraTech MOT-200N Advanced	Ванна 215 л; робоча зона 730×460×380 мм; завантаження 200 кг	Очищення складних каналів і дрібних деталей ультразвуком
Контроль герметичності	COMEC VPT160	Деталь до 1350×410×410 мм; вода до 90 °С; поворот 360°	Виявлення витоків сорочки охолодження під тиском
Контроль тріщин	Magnaflux Y-2	Полюсний крок 64–270 мм; маса 2,2 кг; IP54	Виявлення поверхневих тріщин чавунного корпусу
Обробка поверхні прилягання	COMEC RP330	Стіл 670×270 мм; круг Ø330 мм; 1400 хв ⁻¹	Точне відновлення площинності чавунної головки
Заміна напрямних втулок	COMEC BGV220	Зусилля до 5 т; хід 260 мм; головка до 800 мм	Контрольоване випресовування та запресовування втулок

Обробка сідел	COMEC FSV100	Сідла $\text{Ø}14\text{--}76$ мм; шпindelь $0\text{--}500$ хв ⁻¹	Точне центрування відносно напрямної втулки
Шліфування клапанів	COMEC RV516	Стрижень $\text{Ø}4\text{--}16$ мм; довжина до 330 мм; точність $0,01$ мм	Відновлення фаски зі збереженням співвісності
Складання клапанного механізму	COMEC BST880	Стіл 875×350 мм; зусилля 220 даН; поворот 360°	Безпечне стискання пружин і встановлення сухарів

За робочими параметрами вибраний комплект обладнання відповідає операціям ремонту секційної головки блока циліндрів двигуна MAN D0826. Його застосування забезпечує механізацію трудомістких переходів, необхідну точність обробки та проведення проміжного контролю на основних етапах технологічного процесу.

2.5 Контроль якості відремонтованої головки блока циліндрів

Заключний контроль виконують після завершення механічної обробки, очищення та складання головки блока циліндрів. Його метою є підтвердження відповідності геометричних параметрів, герметичності та якості складання вимогам технічної документації двигуна MAN D0826. Перевірки проводять у визначеній послідовності, щоб своєчасно виявити дефекти, які можуть спричинити втрату компресії, витікання охолоджувальної рідини або порушення роботи клапанного механізму.

Площинність поверхні прилягання головки до блока циліндрів перевіряють після остаточного очищення. На контрольовану площину встановлюють перевірну лінійку в поздовжньому, поперечному та діагональному напрямках, а величину зазору визначають набором плоских щупів. На поверхні не допускаються уступи, задири, хвилястість та окремі необроблені ділянки.

Висоту головки вимірюють від поверхні прилягання до верхньої базової площини за допомогою висотоміра або штангенциркуля на контрольній плиті. Отримане значення порівнюють із мінімально допустимим розміром, установленим виробником. Зменшення висоти нижче допустимої межі може змінити ступінь стискання, положення клапанів і умови герметизації газового стику.

Герметичність сорочки охолодження контролюють на стенді COMES VPT160. Отвори каналів закривають технологічними заглушками, після чого в порожнині створюють тиск 0,4 МПа. Головку занурюють у воду, нагріту до 70–80 °С, і витримують протягом 5 хв. Поява бульбашок, крапель або зниження тиску свідчить про наявність тріщини чи нещільності.

Герметичність клапанів перевіряють вакуумним тестером. До впускного або випускного каналу приєднують герметичну насадку та створюють розрідження 0,06–0,08 МПа. Протягом 10 с показання вакуумметра повинні залишатися стабільними. У разі зниження розрідження клапан і сідло повторно притирають або обробляють.

Положення тарілок клапанів контролюють відносно поверхні прилягання головки. Вимірювання виконують штангенглибиноміром або індикаторним пристроєм. Заглиблення кожного клапана має відповідати встановленому розміру та бути однаковим для клапанів одного типу. Надмірне заглиблення погіршує наповнення циліндра, а недостатнє створює небезпеку контакту клапана з поршнем.

Стан різьбових отворів перевіряють зовнішнім оглядом і контрольним загвинчуванням відповідної кріпильної деталі або калібру-пробки. Різьба повинна бути чистою, без зірваних витків, задирів і деформацій. Установлені ремонтні вставки не повинні зміщуватися під час загвинчування болтів.

Після механічної обробки особливу увагу приділяють чистоті мастильних каналів і порожнин сорочки охолодження. Головку промивають, а канали продувають сухим стисненим повітрям. Наявність абразивних частинок, металевої стружки, нагару або залишків мийної рідини не допускається.

Якість складання клапанного механізму оцінюють за правильністю встановлення клапанів, пружин, опорних шайб, тарілок і сухарів. Клапани

повинні переміщуватися в напрямних втулках без заклинювання, а сухарі — повністю входити в канавки стрижнів. Пружини встановлюють без перекосу, пошкоджень і контакту витків між собою.

Зовнішній огляд є завершальним етапом контролю. На корпусі головки не допускаються тріщини, механічні пошкодження, сліди корозії, залишки нагару або пошкодження поверхонь під форсунки. Після підтвердження відповідності всіх параметрів головку маркують і передають для встановлення на двигун.

Основні методи заключного контролю наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Контроль якості відремонтованої головки блока циліндрів.

Контрольований параметр	Засіб контролю	Основна вимога
Площинність поверхні прилягання	Перевірна лінійка, набір щупів	Відхилення не повинно перевищувати допустимого значення
Висота головки	Контрольна плита, висотомір	Розмір не менший від встановленого виробником
Герметичність сорочки охолодження	Стенд COMEC VPT160	Відсутність бульбашок і падіння тиску
Герметичність клапанів	Вакуумний тестер	Стабільне розрідження протягом 10 с
Заглиблення клапанів	Штангенглибиномір, індикатор	Відповідність установленим контрольним розмірам
Різьбові отвори	Калібр-пробка, контрольний болт	Відсутність пошкоджених витків і заклинювання
Чистота каналів	Огляд, продування повітрям	Відсутність стружки, нагару й абразивних частинок
Якість складання	Візуальний і функціональний контроль	Правильне встановлення та вільне переміщення деталей
Зовнішній стан	Візуальний огляд	Відсутність тріщин, корозії та механічних пошкоджень

Головку блока циліндрів визнають придатною до експлуатації лише за умови позитивного результату всіх передбачених перевірок [1, 5, 9]. Виявлені відхилення усувають повторним виконанням відповідної ремонтної операції, а деталь із невідновлюваними пошкодженнями вибраковують.

2.6 Економічний розрахунок ремонту головки блока циліндрів

Економічний розрахунок виконано для ремонту однієї секційної головки блока циліндрів двигуна MAN D0826 автомобіля MAN M2000. До складу витрат включено оплату праці, нарахування на заробітну плату, вартість запасних частин і ремонтних матеріалів, витрати на електроенергію, використання обладнання та загальновиробничі витрати [12].

Згідно з розробленим операційним технологічним процесом загальна трудомісткість основних ремонтних операцій становить 194 хв, або:

$$T_{ш} = 194 / 60 = 3,23 \text{ год.}$$

Для навчального розрахунку прийнято такі вихідні дані:

погодинна тарифна ставка ремонтника — 250 грн/год;

додаткова заробітна плата — 10 % від основної;

єдиний соціальний внесок — 22 %;

розрахункова вартість електроенергії — 8,50 грн/(кВт·год);

сумарне споживання електроенергії обладнанням — 17,06 кВт·год;

вартість запасних частин і матеріалів — 5800 грн;

витрати на використання обладнання — 1650 грн;

загальновиробничі витрати — 60 % від основної заробітної плати;

адміністративні витрати — 5 % від виробничої собівартості;

нормативна рентабельність — 10 %.

Розрахунок витрат на оплату праці

Основну заробітну плату визначаємо за формулою:

$$C_{зп} = T_{ш} \cdot C_{год},$$

де $T_{ш}$ — трудомісткість ремонту, год;

$C_{год}$ — погодинна тарифна ставка, грн/год.

$$C_{зп} = 3,23 \cdot 250 = 807,50 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить:

$$C_{\text{дод}} = 0,10 \cdot C_{\text{зп}};$$

$$C_{\text{дод}} = 0,10 \cdot 807,50 = 80,75 \text{ грн.}$$

Нарахування єдиного соціального внеску:

$$C_{\text{есв}} = 0,22 \cdot (C_{\text{зп}} + C_{\text{дод}});$$

$$C_{\text{есв}} = 0,22 \cdot (807,50 + 80,75) = 195,42 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці з нарахуваннями дорівнюють:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{дод}} + C_{\text{есв}};$$

$$C_{\text{п}} = 807,50 + 80,75 + 195,42 = 1083,67 \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості матеріалів і запасних частин

До матеріальних витрат включено:

Найменування витрат	Вартість, грн
Комплект ущільнювальних прокладок	2500
Напрямні втулки та ущільнення клапанів	1800
Мийний розчин і засоби очищення	350
Абразивні матеріали та паста для притирання	550
Допоміжні матеріали й технічні рідини	600
Разом	5800

Матеріальні витрати становлять:

$$C_{\text{м}} = 5800 \text{ грн.}$$

Фактична сума залежить від кількості деталей, які за результатами дефектації необхідно замінити.

Розрахунок витрат на електроенергію

Вартість спожитої електроенергії визначаємо за формулою [12]:

$$C_{\text{е}} = W \cdot C_{\text{е}},$$

де W — сумарне споживання електроенергії, кВт·год;

$C_{\text{е}}$ — вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.

$$C_{\text{е}} = 17,06 \cdot 8,50 = 145,01 \text{ грн.}$$

Приймаємо:

$$C_{\text{е}} = 145 \text{ грн.}$$

Витрати на використання технологічного обладнання

До цієї статті віднесено витрати, пов'язані з амортизацією, технічним обслуговуванням та експлуатацією мийної установки, стенда випробування на герметичність, шліфувального верстата, преса для напрямних втулок і верстатів для обробки клапанів та сідел [12].

Для однієї головки блока циліндрів приймаємо:

$$C_{об} = 1650 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати визначаємо у розмірі 60 % від основної заробітної плати:

$$C_{зв} = 0,60 \cdot C_{зп};$$

$$C_{зв} = 0,60 \cdot 807,50 = 484,50 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість ремонту

Виробничу собівартість визначаємо як суму всіх основних витрат:

$$C_{вир} = C_{зп} + C_{дод} + C_{есв} + C_{м} + C_{е} + C_{об} + C_{зв};$$

$$C_{вир} = 807,50 + 80,75 + 195,42 + 5800 + 145 + 1650 + 484,50 = 9163,17 \text{ грн.}$$

Повна собівартість ремонту

Адміністративні витрати становлять 5 % від виробничої собівартості:

$$C_{адм} = 0,05 \cdot C_{вир};$$

$$C_{адм} = 0,05 \cdot 9163,17 = 458,16 \text{ грн.}$$

Повна собівартість ремонту:

$$C_{пов} = C_{вир} + C_{адм};$$

$$C_{пов} = 9163,17 + 458,16 = 9621,33 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість ремонтної послуги

Прибуток ремонтного підприємства визначаємо за нормативом рентабельності 10 %:

$$П = 0,10 \cdot C_{пов};$$

$$П = 0,10 \cdot 9621,33 = 962,13 \text{ грн.}$$

Розрахункова вартість ремонту однієї головки блока циліндрів без урахування податку на додану вартість становить:

$$Ц_{рем} = C_{пов} + П;$$

$$Ц_{рем} = 9621,33 + 962,13 = 10\,583,46 \text{ грн.}$$

Приймаємо розрахункову вартість ремонту:

$$C_{\text{рем}} = 10\,580 \text{ грн.}$$

Основні результати економічного розрахунку наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Структура витрат на ремонт головки блока циліндрів

Стаття витрат	Сума, грн
Основна заробітна плата	807,50
Додаткова заробітна плата	80,75
Єдиний соціальний внесок	195,42
Матеріали та запасні частини	5800,00
Електроенергія	145,00
Використання обладнання	1650,00
Загальновиробничі витрати	484,50
Адміністративні витрати	458,16
Повна собівартість	9621,33
Прибуток підприємства	962,13
Розрахункова вартість ремонту	10 583,46

Визначення економічного ефекту

Для порівняння прийнято, що придбання іншої головки блока циліндрів у зборі, комплекту прокладок та їх доставка коштуватимуть приблизно 28 850 грн.

Економічний ефект від відновлення головки визначаємо за формулою:

$$E = C_{\text{зам}} - C_{\text{рем}},$$

де $C_{\text{зам}}$ — розрахункова вартість заміни головки;

$C_{\text{рем}}$ — вартість її ремонту.

$$E = 28\,850 - 10\,583,46 = 18\,266,54 \text{ грн.}$$

Відносна економія коштів становить:

$$K_e = E / C_{\text{зам}} \cdot 100 \%;$$

$$K_e = 18\,266,54 / 28\,850 \cdot 100 \% = 63,32 \%.$$

Вартість ремонту становить приблизно 36,7 % від витрат на придбання і встановлення іншої головки блока циліндрів. Економія для однієї секційної головки дорівнює близько 18,27 тис. грн.

За умови однакового обсягу ремонту всіх трьох головок шестициліндрового двигуна розрахункова вартість робіт становитиме близько

31,75 тис. грн, тоді як їх заміна потребуватиме приблизно 86,55 тис. грн.

Загальна економія може досягати 54,80 тис. грн.

Проведений розрахунок підтверджує економічну доцільність відновлення головки блока циліндрів за умови, що її корпус не має критичних тріщин, значного корозійного руйнування або деформацій, які неможливо усунути механічною обробкою.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування необхідності застосування спеціального пристосування

Розбирання та складання головки блока циліндрів двигуна MAN D0826 передбачає багаторазове повертання деталі, демонтаж клапанів, стискання пружин і контроль робочих поверхонь. Виконання цих операцій без спеціального оснащення збільшує трудомісткість ремонту, ускладнює доступ до окремих елементів і створює небезпеку пошкодження оброблених поверхонь головки.

Особливо відповідальною операцією є стискання клапанних пружин. Пружина перебуває під значним попереднім навантаженням, тому неконтрольоване зняття сухарів може спричинити різке вивільнення її енергії та травмування працівника. Використання ручних струбцин або випадкових опор не забезпечує співвідношення прикладеного зусилля та може призвести до деформації тарілки, стрижня клапана або напямної втулки [10, 11].

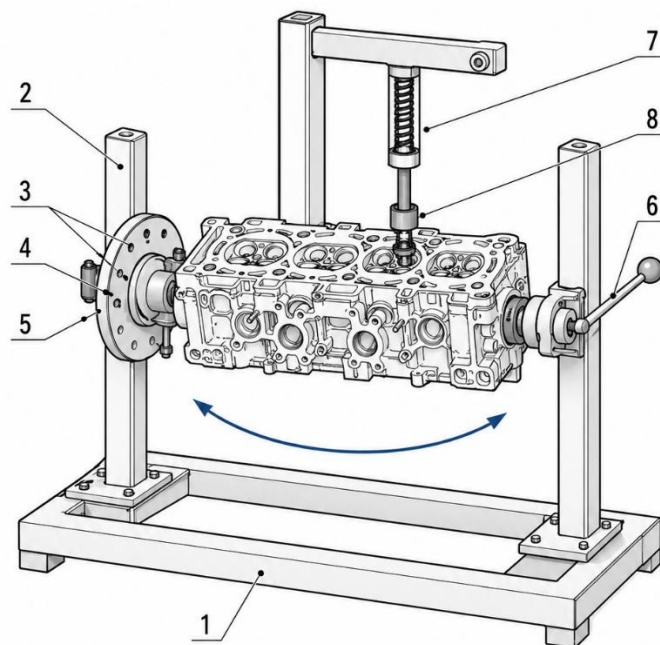


Рисунок 3.1 – Схема універсального поворотного станда для ремонту головки блока циліндрів:

1 – основа станда; 2 – вертикальні стійки; 3 – поворотні опори; 4 – затискні елементи; 5 – диск фіксації положення; 6 – важіль повороту; 7 – механізм стискання клапанної пружини; 8 – змінна оправка для тарілки клапана.

Для виконання ремонтних операцій розробляється універсальний поворотний стенд із важільним механізмом стискання клапанних пружин. Головку блока циліндрів закріплюють між двома поворотними опорами, після чого встановлюють у необхідне положення та фіксують стопорним механізмом. Така конструкція забезпечує вільний доступ до клапанного механізму, камер згоряння, каналів і поверхні прилягання головки до блока циліндрів.

Важільний механізм стенда передає зусилля через змінну оправку безпосередньо на тарілку пружини. Це забезпечує рівномірне стискання пружини та дає змогу безпечно встановлювати або знімати клапанні сухарі. Положення робочого органа регулюється відповідно до розташування клапана.

Застосування поворотного стенда усуває необхідність ручного утримування головки, скорочує кількість її перестановлень і зменшує ризик пошкодження поверхонь. Фіксація деталі у зручному положенні також поліпшує умови контролю напрямних втулок, сідел і клапанів.

Використання універсального стенда підвищує безпеку праці, зменшує трудомісткість розбирально-складальних операцій та забезпечує стабільне положення головки блока циліндрів під час ремонту. Поєднання поворотного механізму із пристроєм для стискання пружин дозволяє виконувати кілька технологічних переходів на одному робочому місці [10, 11].

Запропоноване пристосування являє собою універсальний поворотний стенд із важільним механізмом стискання клапанних пружин. Його застосовують для надійного закріплення головки блока циліндрів, повертання деталі в зручне робоче положення, демонтажу та встановлення клапанів.

Основою пристосування є зварна рама, яка сприймає масу головки блока циліндрів і зусилля, що виникають під час стискання клапанних пружин. Нижня частина рами має опорні пластини для стійкого встановлення стенда на робочій поверхні. За потреби основу закріплюють анкерними болтами.

На основі встановлені дві вертикальні стійки. Вони утворюють несучу частину стенда та підтримують поворотний вузол. Стійки з'єднані з основою ребрами жорсткості, що запобігають їх деформації під дією робочого навантаження.

Опорні елементи виконані у вигляді двох поворотних цапф із

кронштейнами. До кронштейнів головку блока циліндрів прикріплюють через штатні отвори або за допомогою змінних перехідних пластин. Така конструкція дає змогу використовувати стенд для головок різних типорозмірів.

Затискний механізм складається з болтів, притискних планок і регульованих упорів. Він забезпечує нерухоме положення деталі відносно поворотних опор і не допускає її зміщення під час роботи. Місця контакту притискачів із головкою обладнують захисними накладками, які запобігають пошкодженню оброблених поверхонь.

Поворотний вузол містить цапфи, підшипникові опори та ручний важіль. Після послаблення фіксатора оператор повертає головку навколо горизонтальної осі та встановлює її поверхнею клапанного механізму або камер згоряння догори. Підшипникові опори зменшують опір обертанню та забезпечують плавне переміщення деталі.

Фіксація головки в необхідному положенні здійснюється за допомогою диска з отворами та стопорного пальця. Диск закріплений на осі поворотного вузла. Після суміщення потрібного отвору зі стопором палець вводять у диск, унаслідок чого обертання головки блокується.

Робочим органом пристосування є важільний механізм зі змінною натискною оправкою. Під час переміщення важеля оправка діє на верхню тарілку клапанної пружини та стискає її. Після звільнення сухарів пружину поступово розвантажують, а клапан демонтують. Під час складання операції виконують у зворотній послідовності.

Основними органами керування є важіль повороту головки, стопорний палець фіксатора та рукоятка механізму стискання пружин. Ручне керування спрощує конструкцію стенда, не потребує підведення електричної енергії або стисненого повітря та дає змогу контролювати величину прикладеного зусилля.

Принцип роботи пристосування полягає в тому, що головку блока циліндрів установлюють між поворотними опорами, вирівнюють і надійно закріплюють притискачами. Після цього стопорний палець виймають, деталь повертають у необхідне положення та повторно фіксують. Робочий орган розміщують над відповідним клапаном, важелем стискають пружину, після чого знімають або встановлюють сухарі, тарілку, пружину та клапан [10, 11].

Перед початком роботи перевіряють надійність кріплення стенда, справність затискних елементів і повноту входження стопорного пальця. Повертати головку дозволяється лише після звільнення робочого органа від навантаження. Під час стискання пружини руки працівника не повинні перебувати в зоні можливого переміщення тарілки та сухарів. Експлуатація пристосування з пошкодженими опорами, важелем або фіксатором не допускається.

Конструкція пристосування забезпечує поєднання операцій закріплення, повертання та розбирання клапанного механізму на одному робочому місці, що зменшує кількість перестановлень головки блока циліндрів і підвищує безпеку ремонтних робіт.

3.2 Аналіз існуючих конструкцій пристосувань

Під час ремонту головки блока циліндрів застосовують різні пристосування для закріплення деталі, стискання клапанних пружин і встановлення елементів клапанного механізму. Їх конструкція визначає продуктивність робіт, точність прикладання зусилля та безпеку працівника.

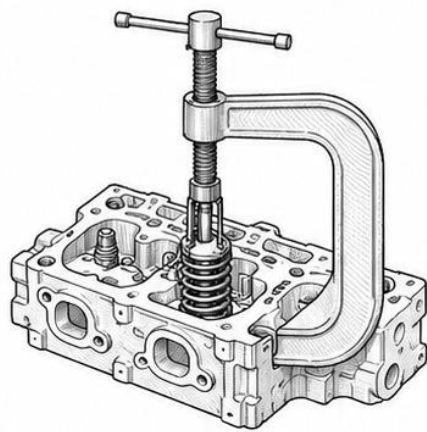
Ручні пристосування переважно виконують у вигляді струбцин або переносних знімачів. Вони мають просту конструкцію, невелику масу та не потребують додаткового приводу. Основними недоліками є значне фізичне навантаження на працівника, невисока продуктивність і необхідність багаторазового переставляння пристрою для кожного клапана.

Важільні механізми забезпечують стискання пружини завдяки передаванню зусилля через систему важелів. Порівняно з ручними струбцинами вони скорочують тривалість операції та спрощують установаження сухарів. Водночас величина прикладеного зусилля залежить від дій оператора, а недостатня фіксація головки може спричинити зміщення пристосування.

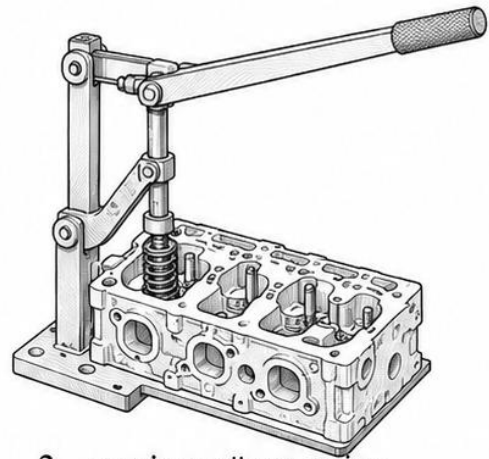
Гвинтові притискачі створюють зусилля обертанням силового гвинта. Їх перевагою є плавне та контрольоване стискання пружини, що зменшує ймовірність пошкодження тарілки клапана. До недоліків належать низька швидкість роботи, необхідність ручного обертання гвинта та обмежений доступ

до окремих клапанів [10, 11].

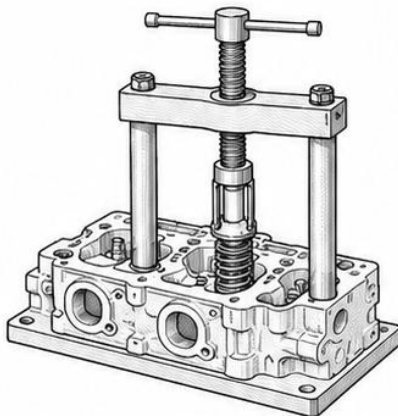
Пневматичні пристрої використовують стиснене повітря для переміщення робочого органа. Вони забезпечують стабільне зусилля, високу продуктивність і мінімальне фізичне навантаження на працівника. Недоліками є складніша конструкція, потреба в компресорній мережі та необхідність контролю справності пневматичних елементів.



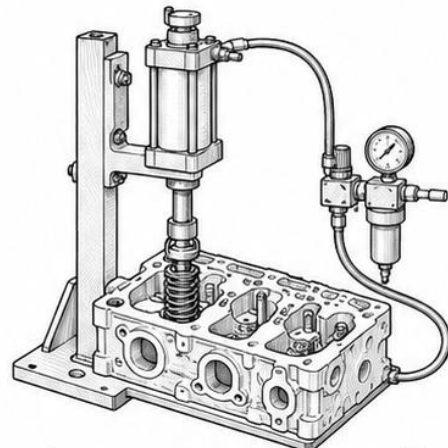
1 – ручне пристосування



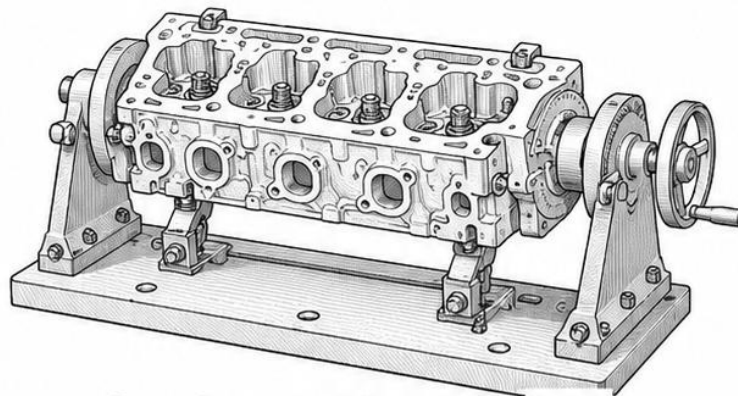
2 – важільний механізм



3 – гвинтовий притискач



4 – пневматичний пристрій



5 – універсальний ремонтний стенд

Рисунок 3.2 – Основні конструкції пристосувань для ремонту головки блока циліндрів.

Універсальні ремонтні стенди поєднують функції закріплення, повертання

та фіксації головки блока циліндрів. Наявність поворотних опор дозволяє встановлювати деталь у положення, зручне для демонтажу клапанів, контролю сидел і очищення каналів. Такі стенди мають найбільшу функціональність, однак потребують більшої площі робочого місця та мають складнішу конструкцію [10, 11].

Порівняння відомих конструкцій наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика пристосувань для ремонту головки блока циліндрів.

Тип пристосування	Переваги	Недоліки
Ручне	Простота, мала вартість, мобільність	Значне фізичне навантаження, низька продуктивність
Важільне	Швидке стискання пружини, проста конструкція	Зусилля залежить від оператора, потрібна надійна фіксація
Гвинтове	Плавне та точне прикладання зусилля	Повільна робота, багато ручних дій
Пневматичне	Висока продуктивність, стабільне зусилля	Потреба у стисненому повітрі, складніше обслуговування
Універсальний стенд	Закріплення, поворот і фіксація головки	Більші габарити та складність виготовлення

За результатами аналізу для подальшого розроблення обрано універсальний поворотний стенд із важільним механізмом стискання клапанних пружин. Така конструкція поєднує надійне закріплення головки, можливість її повертання та безпечне виконання розбирально-складальних операцій.

3.4 Розрахунок основних елементів пристосування

Розрахунок виконано для універсального поворотного стенда з ручним важільним механізмом стискання клапанних пружин. Основною метою є перевірка міцності важеля, затискних гвинтів, осей, опорних елементів і зварних з'єднань, а також оцінювання стійкості конструкції [10, 11].

Для розрахунку приймаємо:

максимальне зусилля клапанної пружини $F_{\max} = 825 \text{ Н}$;

коефіцієнт запасу навантаження $k_d = 1,25$;

коротке плече важеля $a = 80 \text{ мм}$;

довге плече важеля $b = 520 \text{ мм}$;

коефіцієнт корисної дії механізму $\eta = 0,85$;

розрахункова маса головки $m_r = 20 \text{ кг}$;

маса стенда $m_c = 65 \text{ кг}$;

ширина основи в напрямку можливого перекидання $B = 700 \text{ мм}$.

Розрахункове зусилля визначаємо з урахуванням запасу:

$$F_d = k_d \cdot F_{\max};$$

$$F_d = 1,25 \cdot 825 = 1031 \text{ Н.}$$

Робочий механізм пристосування повинен створювати зусилля не менше 1,03 кН.

Зусилля, яке необхідно прикласти до рукоятки важеля, визначаємо з умови рівноваги моментів:

$$P = F_d \cdot a / (b \cdot \eta);$$

$$P = 1031 \cdot 80 / (520 \cdot 0,85) = 186,7 \text{ Н.}$$

Приймаємо зусилля на рукоятці:

$$P = 187 \text{ Н.}$$

Отримане значення забезпечує можливість ручного керування механізмом без застосування пневматичного або гідравлічного приводу.

Важіль виготовляємо зі сталі S355 у вигляді прямокутної смуги перерізом $35 \times 12 \text{ мм}$.

Максимальний згинальний момент:

$$M_{зг} = F_d \cdot a;$$

$$M_{зг} = 1031 \cdot 80 = 82\,480 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Момент опору прямокутного перерізу:

$$W = b_b \cdot h^2 / 6;$$

$$W = 35 \cdot 12^2 / 6 = 840 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину:

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / W;$$

$$\sigma_{зг} = 82\,480 / 840 = 98,2 \text{ МПа.}$$

За допустимого напруження $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ умова міцності виконується:

$$\sigma_{зг} = 98,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу:

$$n = 160 / 98,2 = 1,63.$$

Для закріплення головки передбачено чотири гвинти М12 класу міцності 8.8. Необхідне сумарне зусилля притискання визначаємо з умови запобігання зміщенню деталі:

$$N_{\Sigma} = k_3 \cdot F_d / \mu,$$

де $k_3 = 1,5$ — коефіцієнт запасу;

$\mu = 0,15$ — коефіцієнт тертя в затиску.

$$N_{\Sigma} = 1,5 \cdot 1031 / 0,15 = 10\,310 \text{ Н.}$$

Зусилля, яке припадає на один гвинт:

$$N_{г} = N_{\Sigma} / 4;$$

$$N_{г} = 10\,310 / 4 = 2578 \text{ Н.}$$

Площа розрахункового перерізу різьби М12:

$$A_p = 84,3 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу гвинта:

$$\sigma_{г} = N_{г} / A_p;$$

$$\sigma_{г} = 2578 / 84,3 = 30,6 \text{ МПа.}$$

За допустимого напруження $[\sigma_{г}] = 200 \text{ МПа}$:

$$\sigma_{г} = 30,6 \text{ МПа} < [\sigma_{г}] = 200 \text{ МПа.}$$

Гвинти М12 забезпечують надійне закріплення головки блока циліндрів [10, 11].

Осі поворотного вузла виготовляємо зі сталі 45 діаметром $d = 20 \text{ мм}$.

Розрахункове навантаження на одну вісь:

$$R = (F_d + G) / 2,$$

де G — сила тяжіння головки:

$$G = m_{г} \cdot g;$$

$$G = 20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ Н.}$$

$$R = (1031 + 196,2) / 2 = 613,6 \text{ Н.}$$

За довжини консольної ділянки $l = 60 \text{ мм}$ згинальний момент становить:

$$M_o = R \cdot l;$$

$$M_o = 613,6 \cdot 60 = 36\,816 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Момент опору круглого перерізу:

$$W_o = \pi \cdot d^3 / 32;$$

$$W_o = 3,14 \cdot 20^3 / 32 = 785 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину осі:

$$\sigma_o = M_o / W_o;$$

$$\sigma_o = 36\,816 / 785 = 46,9 \text{ МПа}.$$

Крутний момент від зміщення центра мас головки відносно осі на $e = 80$ мм:

$$T = G \cdot e;$$

$$T = 196,2 \cdot 80 = 15\,696 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Дотичне напруження кручення:

$$\tau_o = 16 \cdot T / (\pi \cdot d^3);$$

$$\tau_o = 16 \cdot 15\,696 / (3,14 \cdot 20^3) = 10,0 \text{ МПа}.$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_o^2)};$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{(46,9^2 + 3 \cdot 10,0^2)} = 50,0 \text{ МПа}.$$

За допустимого напруження $[\sigma_{\text{екв}}] = 140$ МПа міцність осі забезпечена.

Максимальний момент, який сприймає фіксатор положення:

$$M_\phi = G \cdot e + F_d \cdot e_F,$$

де $e_F = 150$ мм — відстань від осі повороту до точки прикладання робочого зусилля.

$$M_\phi = 196,2 \cdot 80 + 1031 \cdot 150 = 170\,346 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

За радіуса стопорного диска $r = 80$ мм зусилля на пальці:

$$F_\pi = M_\phi / r;$$

$$F_\pi = 170\,346 / 80 = 2129 \text{ Н}.$$

Для пальця діаметром $d_\pi = 12$ мм, який працює на подвійний зріз:

$$\tau_\pi = 2 \cdot F_\pi / (\pi \cdot d_\pi^2);$$

$$\tau_\pi = 2 \cdot 2129 / (3,14 \cdot 12^2) = 9,4 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зрізу становить 80 МПа, тому міцність пальця забезпечена.

Перекидальний момент від зусилля оператора, прикладеного на висоті $h = 1,0$ м:

$$M_{\Pi} = P \cdot h;$$

$$M_{\Pi} = 186,7 \cdot 1,0 = 186,7 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Утримувальний момент від маси стенда та головки:

$$M_y = (m_c + m_r) \cdot g \cdot B / 2;$$

$$M_y = (65 + 20) \cdot 9,81 \cdot 0,7 / 2 = 291,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Коефіцієнт стійкості:

$$k_{\text{ст}} = M_y / M_{\Pi};$$

$$k_{\text{ст}} = 291,8 / 186,7 = 1,56.$$

Оскільки $k_{\text{ст}} = 1,56 > 1,5$, стенд має достатню стійкість. Для додаткової безпеки основу доцільно закріпити до підлоги або робочої платформи анкерними болтами.

Стійки з'єднують з основою двома кутовими швами завдовжки по 120 мм. Катет шва $k = 6$ мм.

Розрахункова площа швів:

$$A_{\text{ш}} = 2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l_{\text{ш}};$$

$$A_{\text{ш}} = 2 \cdot 0,7 \cdot 6 \cdot 120 = 1008 \text{ мм}^2.$$

Додаткове зусилля від перекидального моменту за відстані між швами $h_{\text{ш}} = 60$ мм:

$$F_M = M_{\Pi} / h_{\text{ш}};$$

$$F_M = 186\,700 / 60 = 3112 \text{ Н}.$$

Сумарне розрахункове зусилля:

$$Q = F_d + F_M;$$

$$Q = 1031 + 3112 = 4143 \text{ Н}.$$

Дотичне напруження у швах:

$$\tau_{\text{ш}} = Q / A_{\text{ш}};$$

$$\tau_{\text{ш}} = 4143 / 1008 = 4,1 \text{ МПа}.$$

За допустимого напруження $[\tau_{\text{ш}}] = 80$ МПа міцність зварних з'єднань забезпечена.

Стійки виготовляємо з квадратної труби $50 \times 50 \times 4$ мм. Момент опору такого перерізу становить:

$$W_c = 10\,461 \text{ мм}^3.$$

За висоти прикладання навантаження $l_c = 700 \text{ мм}$ згинальний момент:

$$M_c = P \cdot l_c;$$

$$M_c = 186,7 \cdot 700 = 130\,690 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Напруження згину:

$$\sigma_c = M_c / W_c;$$

$$\sigma_c = 130\,690 / 10\,461 = 12,5 \text{ МПа}.$$

Оскільки $\sigma_c = 12,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$, міцність опорних стійок є достатньою.

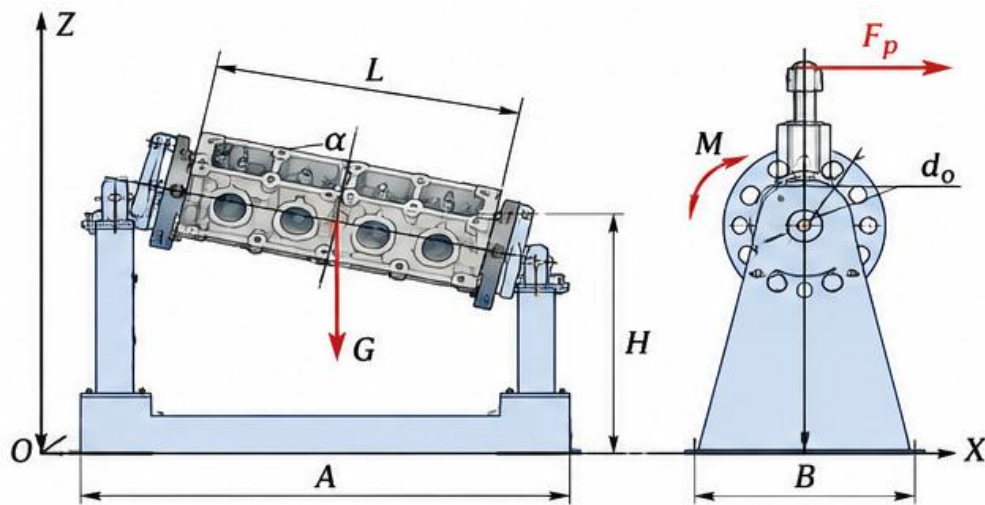


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема універсального поворотного стенда

Розрахункове зусилля на рукоятці становить 187 Н, тому застосування пневматичного або гідравлічного приводу не є необхідним. Для пристосування обрано ручний важільний привод, який має просту конструкцію, не потребує зовнішнього джерела енергії та дозволяє плавно контролювати стискання клапанної пружини [10, 11].

Результати розрахунку наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні параметри елементів пристосування.

Розрахунковий елемент	Прийнятий параметр	Результат перевірки
Робоче зусилля	1,03 кН	Забезпечено
Зусилля на рукоятці	187 Н	Допустиме
Важіль	35×12 мм	$\sigma = 98,2 \text{ МПа}$
Затискні гвинти	M12, 4 шт.	$\sigma = 30,6 \text{ МПа}$
Осі поворотного вузла	Ø20 мм	$\sigma_{\text{скв}} = 50,0 \text{ МПа}$

Стопорний палець	Ø12 мм	$\tau = 9,4$ МПа
Вертикальні стійки	Труба 50×50×4 мм	$\sigma = 12,5$ МПа
Зварні шви	Катет 6 мм	$\tau = 4,1$ МПа
Коефіцієнт стійкості	1,56	Умова виконується

Проведені розрахунки підтверджують, що прийняті розміри важеля, осей, затискних гвинтів, стійок і зварних з'єднань забезпечують необхідну міцність та стійкість універсального стенда під час демонтажу і встановлення клапанів головки блока циліндрів.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів та організація робочого місця

Ремонт головки блока циліндрів двигуна автомобіля MAN M2000 передбачає виконання мийних, розбиральних, контрольних, пресових, шліфувальних і складальних операцій. Під час їх проведення працівник зазнає впливу механічних, хімічних, фізичних та ергономічних виробничих факторів. Тому безпечне виконання технологічного процесу потребує правильної організації робочого місця, справного обладнання та дотримання встановленої послідовності робіт.

До основних механічних небезпек належить можливість травмування рухомими частинами верстатів, пресів і пристосувань [13–15]. Особливу небезпеку створюють шліфувальні круги, затискні механізми, поворотні опори стендів та клапанні пружини, які перебувають у стисненому стані. У разі неправильного встановлення головки або недостатнього закріплення деталей може змститися чи впасти з робочої поверхні.

Під час миття та очищення головки блока циліндрів можливий контакт працівника з мийними розчинами, залишками моторної оливи, охолоджувальної рідини, нагаром і паливними відкладеннями. Пари та дрібнодисперсні частинки цих речовин можуть подразнювати органи дихання, шкіру та слизові оболонки. Застосування стисненого повітря для продування каналів супроводжується розлітанням забруднень і створює небезпеку пошкодження очей.

Під час механічної обробки поверхні прилягання головки, клапанних сідел і фасок клапанів утворюються металева та абразивна стружка, пил і шум. Контакт з обертовим інструментом може спричинити травмування рук, тому оброблювану деталь необхідно закріплювати штатними притискачами. Утримування головки або клапана руками під час роботи верстата не допускається.

Окрему небезпеку становить випробування сорочки охолодження під тиском. Руйнування заглушки, шланга або з'єднання може супроводжуватися

раптовим викидом нагрітої води чи стисненого повітря. Перед створенням тиску перевіряють справність станда, надійність кріплення заглушок і стан ущільнень. Перебувати перед заглушеними отворами під час випробування заборонено.

Робоче місце слід організувати так, щоб проходи до обладнання залишалися вільними, а інструмент і деталі розташовувалися в межах зручної досяжності. Головку блока циліндрів установлюють на міцну підставку або спеціальний поворотний стенд. Не допускається розміщення деталі на нестійких опорах чи безпосередньо на краю верстака.

Для переміщення головки застосовують візок, підймальний пристрій або інші засоби малої механізації. Піднімати деталь потрібно за надійні конструктивні елементи, не використовуючи клапани, форсунки, трубопроводи чи інші виступні частини. Під час транспортування головку фіксують від зміщення.

До роботи допускають працівників, які пройшли навчання, інструктаж і ознайомлені з будовою обладнання. Перед початком зміни перевіряють стан огорожень, захисного заземлення, пускових пристроїв, аварійного вимкнення, шлангів, кабелів та інструменту. Несправне обладнання позначають і виводять з експлуатації до усунення дефекту.

4.2 Вимоги безпеки під час виконання технологічного процесу ремонту головки блока циліндрів

Перед розбиранням головку очищають від зовнішніх забруднень і встановлюють на стенд. Її положення фіксують затискними елементами, після чого перевіряють надійність закріплення. Повертати головку дозволяється лише після зняття навантаження з робочого органа та виведення стопорного пальця з фіксувального диска. Після повороту фіксатор повинен повністю увійти у відповідний отвір.

Демонтаж клапанів виконують спеціальним пристосуванням для стискання пружин. Робоча оправка має бути встановлена співвісно з тарілкою пружини. Стискання здійснюють поступово, без перекосів і різких рухів. Сухарі

знімають пінцетом або магнітним захватом, не розміщуючи пальці в зоні можливого переміщення пружини. Розвантажувати механізм дозволяється лише після переконання в тому, що сухарі повністю видалені або правильно встановлені.

Миття головки виконують у закритій мийній установці. Завантаження проводять після зупинки обертального механізму, а кришку камери блокують до початку циклу. Ручне очищення здійснюють у захисних окулярах і хімічно стійких рукавицях. Заборонено використовувати легкозаймисті рідини, не передбачені технологічною документацією мийної установки.

Під час продування каналів наконечник пневматичного пістолета спрямовують від себе та інших працівників. Тиск стисненого повітря повинен відповідати вимогам застосованого інструменту. Заборонено очищати повітрям одяг, руки або інші частини тіла. Дрібні деталі перед продуванням розміщують у захисному контейнері або утримують спеціальним пристосуванням.

Перед випробуванням сорочки охолодження всі отвори закривають штатними заглушками та перевіряють герметичність з'єднань [14, 15]. Тиск підвищують поступово, контролюючи його за манометром. Знімати заглушки, підтягувати кріплення або усувати витікання під тиском заборонено. Після завершення перевірки тиск повністю знижують і лише тоді від'єднують шланги.

Під час магнітопорошкового контролю поверхню головки очищають і висушують. Кабелі дефектоскопа не повинні мати пошкодженої ізоляції. Магнітний порошок або суспензію наносять так, щоб запобігти їх потраплянню в очі та органи дихання. Після завершення контролю деталь розмагнічують і очищають від залишків контрольного матеріалу.

Обробку поверхні прилягання виконують тільки після надійного закріплення головки на столі верстата. Перед увімкненням перевіряють відсутність ключів та інших предметів у робочій зоні. Вимірювання, очищення та видалення стружки проводять після повної зупинки шліфувального круга. Для очищення використовують щітку або спеціальний гачок.

Під час випресовування та встановлення напрямних втулок головку розміщують на опорах, які забезпечують передавання зусилля без перекосу. Оправка повинна відповідати діаметру втулки. Працівнику заборонено

утримувати деталь руками між рухомими частинами преса. Тиск у гідросистемі збільшують поступово, а у разі різкого зростання опору процес припиняють і перевіряють співвісність деталей.

Обробку клапанних сідел виконують після центрування інструмента за напрямною втулкою. Різець і пілот мають бути справними та надійно закріпленими. Торкатися робочого інструмента під час його обертання не допускається. Після обробки стружку видаляють щіткою, а не руками.

Шліфування клапанів проводять із використанням захисного екрана та справної системи охолодження. Перед установленням клапана перевіряють стан його стрижня і надійність затискання. Шліфувальний круг не повинен мати тріщин або відколів. Подавання клапана до круга здійснюють плавно, не перевищуючи встановленого навантаження.

Під час складання перевіряють правильність встановлення клапанів, пружин, тарілок і сухарів. Після розвантаження пристосування контролюють повноту входження сухарів у канавку стрижня. Перед зняттям головки зі станда всі інструменти та незакріплені деталі прибирають із її поверхні.

Працівник повинен користуватися спеціальним одягом, захисним взуттям, рукавицями та окулярами. Під час шліфування і продування додатково застосовують захисний щиток, а під час роботи з мийними речовинами — хімічно стійкі рукавиці. Вільні частини одягу застібають, довге волосся прибирають під головний убір.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес ремонту головки блока циліндрів двигуна MAN D0826 автомобіля MAN M2000, спрямований на відновлення її геометричних параметрів, герметичності сорочки охолодження та працездатності клапанного механізму.

1. Проаналізовано призначення, будову й умови роботи головки блока циліндрів. Установлено, що секційна головка двигуна MAN D0826 обслуговує два циліндри та під час експлуатації одночасно зазнає впливу високої температури, тиску газів, циклічних механічних навантажень, ударної дії клапанного механізму і корозійного впливу охолоджувальної рідини.

2. Розглянуто матеріали корпусу головки, клапанів, сідел і напрямних втулок. Визначено, що застосування високолегованого сірого чавуну для корпусу, жаростійких сталей для клапанів та зносостійких матеріалів для сідел і втулок забезпечує необхідну міцність деталей, однак потребує врахування особливостей їх механічної обробки та відновлення.

3. Виявлено основні несправності головки блока циліндрів: деформацію поверхні прилягання до блока, тріщини між клапанними сідлами та отворами форсунок, зношування напрямних втулок, сідел і клапанів, пошкодження різьбових отворів, корозію каналів охолодження та порушення герметичності газового стику. Обґрунтовано необхідність комплексної дефектації, яка поєднує зовнішній огляд, вимірювання геометричних параметрів, контроль тріщин і випробування сорочки охолодження під тиском.

4. Розроблено послідовність технологічного процесу ремонту, що охоплює демонтаж головки, розбирання клапанного механізму, миття й очищення, дефектацію, перевірку герметичності, відновлення поверхні прилягання, заміну напрямних втулок і сідел, шліфування клапанів, складання та заключний контроль. Установлена послідовність забезпечує виконання операцій із дотриманням технологічних баз і виключає обробку сідел до завершення заміни напрямних втулок.

5. Для реалізації технологічного процесу підібрано спеціалізоване обладнання: мийну машину MAGIDO L102, ультразвукову установку TierraTech

MOT-200N Advanced, стенд випробування COMEC VPT160, магнітопорошковий дефектоскоп Magnaflux Y-2, верстат COMEC RP330 для обробки поверхні головки, прес COMEC BGV220, верстати COMEC FSV100 і RV516, а також складальний стенд COMEC BST880. Робочі параметри вибраного обладнання відповідають розмірам секційної головки та забезпечують необхідну точність ремонтних операцій.

6. Розроблено операційні карти для основних переходів ремонту. Загальна трудомісткість відновлення однієї секційної головки становить 194 хв, або 3,23 год. Заключний контроль передбачає перевірку площинності та висоти головки, герметичності каналів охолодження і клапанів, положення тарілок клапанів, стану різьбових отворів, чистоти каналів і правильності складання клапанного механізму.

7. У конструкторському розділі запропоновано універсальний поворотний стенд, який забезпечує закріплення головки блока циліндрів, її повертання та фіксацію в зручному положенні, а також стискання клапанних пружин під час розбирання і складання. Поєднання декількох функцій в одному пристосуванні зменшує кількість перестановлень деталі, полегшує доступ до клапанного механізму та підвищує безпеку виконання робіт.

8. Виконано розрахунок основних елементів стенда. Необхідне зусилля стискання клапанної пружини з урахуванням запасу становить 1,03 кН, а зусилля на рукоятці важеля — 187 Н. Для конструкції обрано важіль перерізом 35×12 мм, затискні гвинти М12, осі поворотного вузла діаметром 20 мм, стопорний палець діаметром 12 мм і стійки з профільної труби 50×50×4 мм. Розрахункові напруження в усіх елементах не перевищують допустимих, а коефіцієнт стійкості стенда дорівнює 1,56.

9. Економічним розрахунком визначено, що повна собівартість ремонту однієї секційної головки становить 9621,33 грн, а розрахункова вартість ремонтної послуги — 10 583,46 грн. Порівняно з придбанням і встановленням іншої головки економія становить 18 266,54 грн, або 63,32 %. Отримані показники підтверджують доцільність відновлення деталі за відсутності критичних тріщин, значної корозії та невиправної деформації корпусу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навчальний посібник / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук, М. Г. Левкович, В. З. Гудь, М. Я. Сташків, М. Д. Сіправська. Тернопіль : Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
2. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко І. І. Автомобільні двигуни : підручник. Київ : Арістей, 2005. 476 с.
3. Захарчук В. І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів : навчальний посібник для студентів закладів вищої освіти. Київ : Каравела, 2022. 232 с.
4. Левкович М. Г., Гупка А. Б., Сіправська М. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. 136 с.
5. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ : Знання-Прес, 2003. 511 с.
6. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1: Теоретичні основи. Технологія : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 342 с.
7. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 198 с.
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
9. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ : Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.
10. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту : навчальний посібник. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2007. 252 с.

11. Кіркач Н. Ф. Розрахунок і проєктування деталей машин. Харків, 1991. 274 с.
12. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Луциків І. В., Плекан У. М., Клендій В. М. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : підручник. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 264 с.
13. Закон України «Про охорону праці».
14. Войналович О. В., Марчиниша Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт) : навчальний посібник. Харків : ХНАДУ, 2020. 695 с.
15. Практикум з охорони праці : навчальний посібник / за редакцією В. Ц. Жидецького. Львів : Афіша, 2000. 352 с.
16. Ляшук О. Л., Пиндус Ю. І., Левкович М. Г., Гупка А. Б., Хорошун Р. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за галуззю знань 27 «Транспорт», спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2022. 61 с.