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 двигуна ЯМЗ-236

Виконав: студент 4 курсу, групи МАс-41
спеціальності 274
«Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

Анатолій СЛАВСЬКИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Іван ГЕВКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Роман ХОРОШУН
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

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

Кафедра Кафедра автотомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«21» січня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студента Славського Анатолія Богдановича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236

Керівник роботи Гевко Іван Богданович д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-41

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту двигуна ЯМЗ-236

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)
Технологічний процес розбирання двигуна – А1;
Технологічний процес збирання двигуна – 4А1;
Схема балансуючої машини з електромагнітними компенсаторами – 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	27.01.2026	
2	Технологічний розділ	10.02.2026	
3	Конструкторський розділ	02.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент _____ Славський Анатолій Богданович
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Гевко Іван Богданович
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236 ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Гевко Іван Богданович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 78 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова діагностування двигуна; дефектування деталей; контроль технічного стану; відновлення зношених поверхонь; ремонтні розміри.

ЗМІСТ

Вступ…… 6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ…… 8
1.1 Аналіз конструкції основних систем двигуна…… 8
1.2 Основні несправності двигуна ЯМЗ-236 та причини їх виникнення…… 12
1.3 Аналіз існуючих способів ремонту двигунів типу ЯМЗ-236…… 15
1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра…. 17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ…… 20
2.1 Технологічний процес розбирання двигуна…… 20
2.2 Дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236…… 24
2.3 Розроблення маршрутної технології ремонту двигуна…… 29
2.4 Відновлення основних деталей двигуна…… 34
2.5 Технологічний процес складання двигуна ЯМЗ-236…… 39
2.6 Регулювальні роботи після складання двигуна…… 45
2.7 Вибір обладнання, та інструменту для ремонту двигуна ЯМЗ-236…… 50
2.8 Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт…… 55
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ…… 59
3.1 Аналіз технологічних можливостей інструменту та обладнання, придатних для викручування шпильок…… 59
3.2 Основні недоліки відомого обладнання та інструменту…… 63
3.3 Обґрунтування необхідності спеціального технологічного обладнання та формування технічного завдання на його розробку…… 64
3.4 Будова та принцип роботи пристрою…… 65
3.5 Конструктивно-технологічний розрахунок…… 66
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ…… 69
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту … 69
4.2 Заходи з охорони праці, пожежної безпеки та організації безпечних умов ремонту двигуна ЯМЗ-236 71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ…… 77
ДОДАТКИ

ВСТУП

Двигун ЯМЗ-236 належить до поширених дизельних двигунів, які тривалий час використовуються на вантажних автомобілях, тракторах, автобусах, дорожньо-будівельних, спеціальних і сільськогосподарських машинах. Його конструкція характеризується достатньою надійністю, ремонтопридатністю та здатністю працювати в складних експлуатаційних умовах. Разом із тим значний термін експлуатації таких двигунів зумовлює потребу в якісному ремонті, оскільки повна заміна агрегата новим не завжди є економічно доцільною. У багатьох випадках базові деталі двигуна можуть бути повторно використані після дефектування, відновлення посадкових поверхонь, заміни зношених елементів і виконання необхідних регулювальних робіт.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності розроблення раціонального технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236, який забезпечує впорядковане виконання основних ремонтних операцій. Без чітко визначеної послідовності розбирання, миття, дефектування, відновлення, комплектування, складання, регулювання та випробування якість ремонту може бути нестабільною. Це, у свою чергу, призводить до повторних відмов, підвищеної витрати палива й оливи, зниження потужності та скорочення міжремонтного ресурсу двигуна.

Під час експлуатації найбільшому спрацюванню піддаються деталі циліндро-поршневої групи, колінчастий вал, шатунні та корінні підшипники, клапанний механізм, головки циліндрів, а також елементи систем мащення, охолодження і паливної апаратури. Тому технологія ремонту повинна передбачати не лише заміну явно непридатних деталей, а й обґрунтоване дефектування, контроль розмірів, оцінку геометричної точності, перевірку герметичності та вибір доцільного способу відновлення окремих вузлів. Такий підхід дає можливість продовжити ресурс двигуна, зменшити витрати на експлуатацію техніки та скоротити час її простою.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236, який забезпечує послідовне виконання ремонтних

операцій, відновлення працездатності основних деталей і систем двигуна, підвищення якості ремонту та підготовку агрегата до подальшої експлуатації.

Об’єктом роботи є процес ремонту дизельного двигуна ЯМЗ-236.

Предметом роботи є технологічна послідовність розбирання, дефектування, відновлення, складання, регулювання та випробування двигуна ЯМЗ-236, а також обладнання, пристрої й інструмент, необхідні для виконання ремонтних операцій.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати конструкцію основних механізмів і систем двигуна ЯМЗ-236; визначити характерні несправності та причини їх виникнення; розглянути існуючі способи ремонту двигунів цього типу; розробити послідовність розбирання та дефектування основних деталей; обґрунтувати способи відновлення зношених елементів; сформувати маршрутну технологію ремонту; підібрати необхідне ремонтне обладнання, пристрої та вимірювальний інструмент; виконати розрахунок трудомісткості ремонтних робіт; розглянути питання безпеки життєдіяльності й охорони праці під час ремонту двигуна. Згідно із завданням, робота охоплює загально-технічний, технологічний, конструкторський розділи та розділ з безпеки життєдіяльності й основ охорони праці.

Практичне значення роботи полягає у формуванні впорядкованого технологічного підходу до ремонту двигуна ЯМЗ-236 в умовах ремонтної дільниці або автотранспортного підприємства. Запропонована послідовність операцій дає змогу підвищити контрольованість ремонтного процесу, забезпечити раціональне використання обладнання, зменшити ймовірність помилок під час складання та створити передумови для стабільної роботи двигуна після ремонту. Розроблений технологічний процес спрямований на підвищення ресурсу двигуна після відновлення, поліпшення якості ремонтних робіт і скорочення простою техніки.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз конструкції основних систем двигуна

Двигун ЯМЗ-236 належить до дизельних поршневих двигунів внутрішнього згоряння з V-подібним розміщенням шести циліндрів [4, 5]. Його конструкція розрахована на роботу в умовах тривалих змінних навантажень, тому основні механізми та системи двигуна мають підвищену жорсткість, ремонтопридатність і достатній запас міцності. До основних систем, які визначають працездатність двигуна, належать кривошипно-шатунний механізм, газорозподільний механізм, системи мащення, охолодження, живлення та пуску.

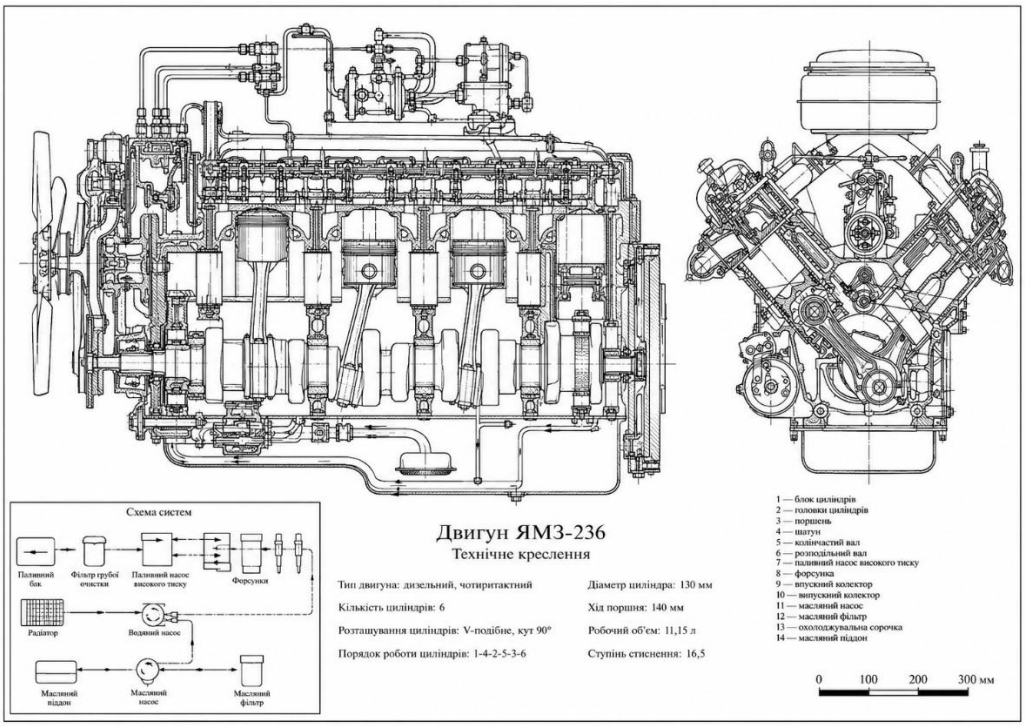

Рисунок 1.1 – Двигун ЯМЗ-236.

Кривошипно-шатунний механізм є базовим вузлом двигуна, оскільки забезпечує перетворення зворотно-поступального руху поршнів в обертальний рух колінчастого вала. До його складу входять поршні з кільцями, поршневі пальці, шатуни, колінчастий вал, корінні та шатунні підшипники, маховик і блок циліндрів із гільзами. Під час роботи двигуна деталі цього механізму сприймають значні газові та інерційні навантаження, тому їх технічний стан безпосередньо впливає на компресію, потужність, витрату оливи та загальний ресурс двигуна.

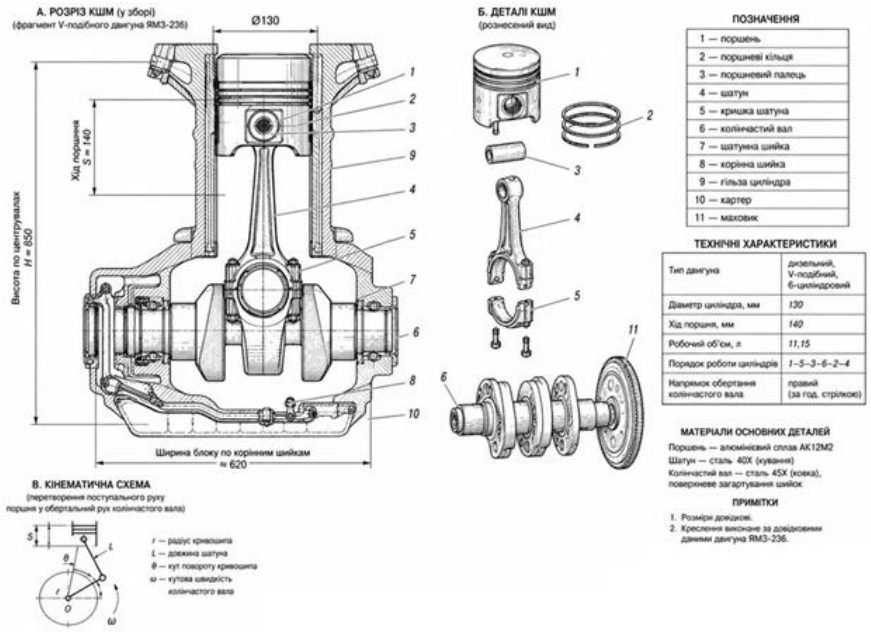

Рисунок 1.2 – Кривошипно-шатунний механізм.

Газорозподільний механізм призначений для своєчасного впуску повітря в циліндри та випуску відпрацьованих газів. У двигуні ЯМЗ-236 він містить розподільний вал, штовхачі, штанги, коромисла, клапани, пружини клапанів і привідні елементи. Правильна робота цього механізму залежить від точності фаз газорозподілу, стану клапанів і сідел, а також від величини теплових зазорів. Порушення регулювання або спрацювання деталей газорозподільного механізму призводить до зниження наповнення циліндрів, погіршення пускових властивостей і збільшення витрати палива.

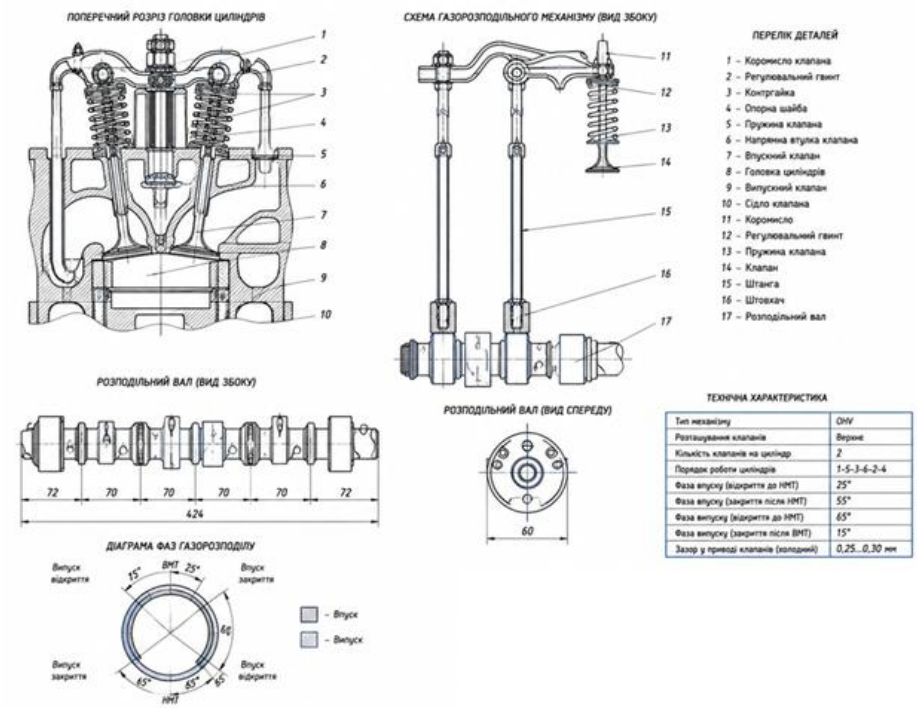

Рисунок 1.3 – Газорозподільний механізм.

Система мащення забезпечує подачу моторної оливи до поверхонь тертя, зменшує зношування деталей, відводить частину тепла та видаляє продукти спрацювання. Основними її елементами є масляний насос, фільтри, канали в блоці та колінчастому валу, піддон картера, редукційні клапани і масляний радіатор. Недостатній тиск оливи або її забруднення можуть спричинити інтенсивне спрацювання підшипників, шийок колінчастого вала, поршневої групи та деталей газорозподільного механізму.

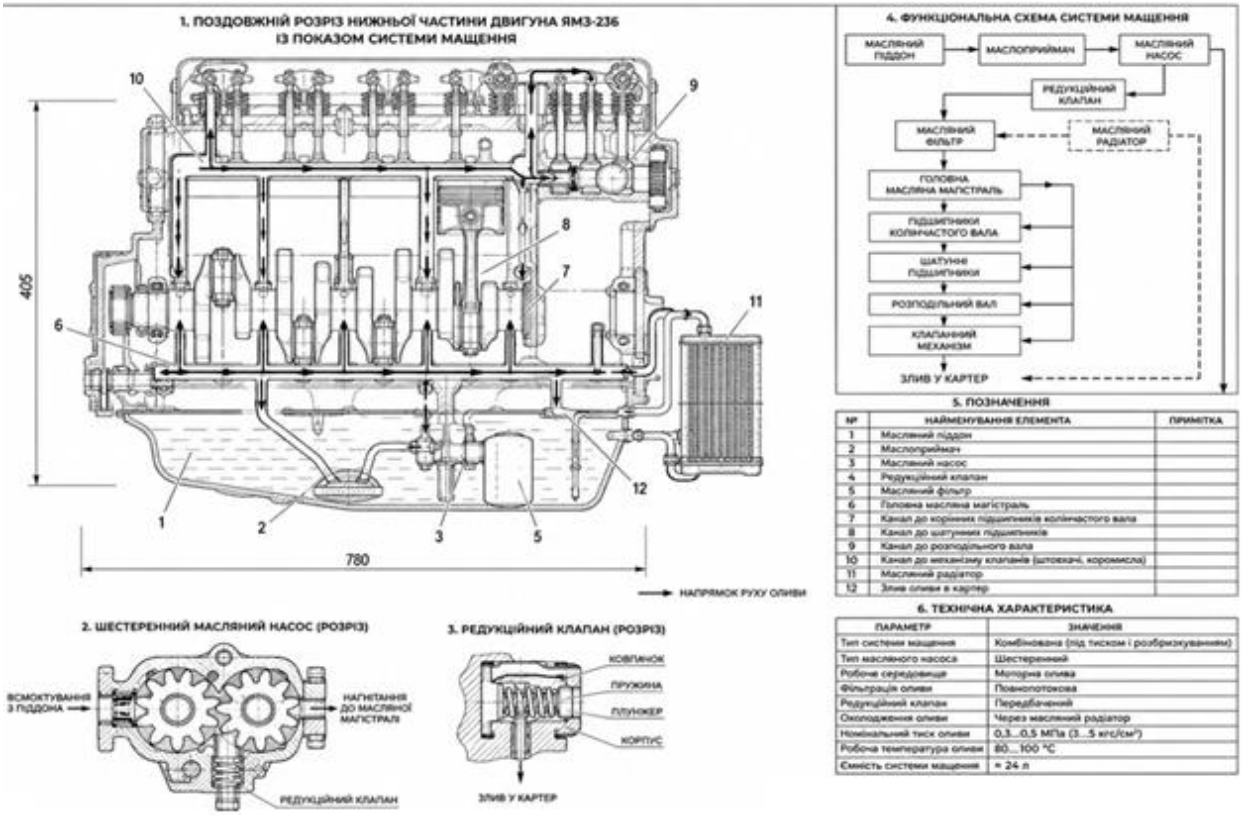

Рисунок 1.4 – Система мащення.

Система охолодження призначена для підтримання оптимального теплового режиму двигуна. Вона відводить надлишкове тепло від циліндрів, головок блока та інших нагрітих деталей. До її складу входять водяний насос, радіатор, термостати, сорочка охолодження блока і головок циліндрів, вентилятор та з’єднувальні патрубки. Стабільність теплового режиму має важливе значення, оскільки перегрівання двигуна може призвести до деформації деталей, втрати герметичності прокладок, зниження в’язкості оливи та прискореного зношування циліндро-поршневої групи.

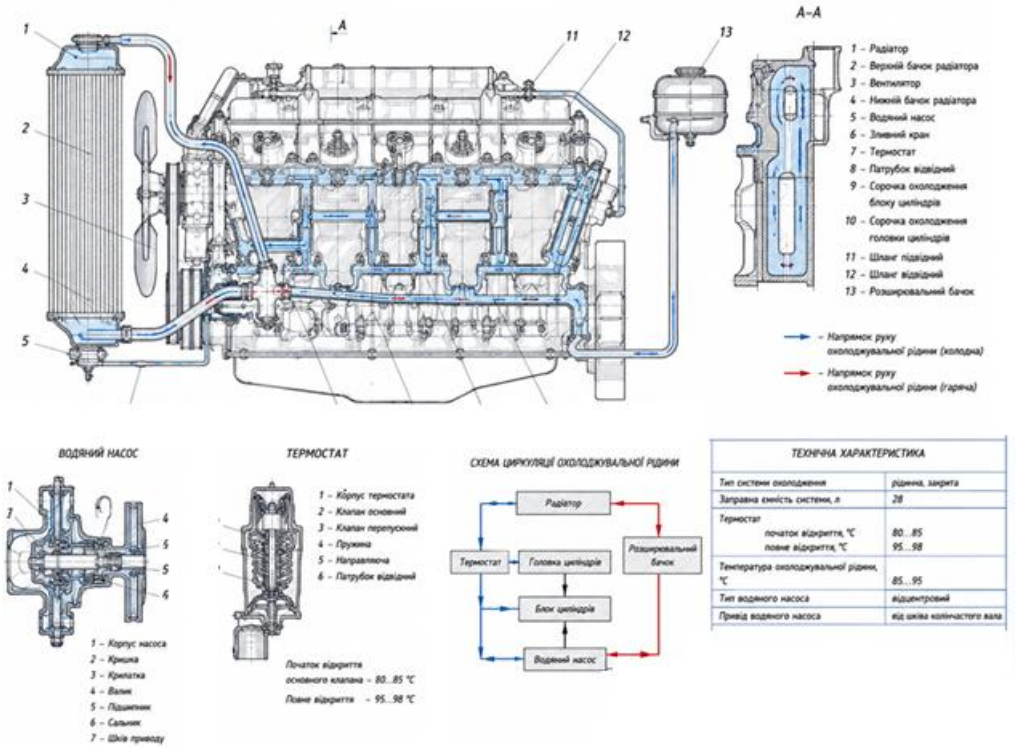

Рисунок 1.5 – Система охолодження.

Система живлення дизельного двигуна ЯМЗ-236 забезпечує очищення, дозування і подачу палива в циліндри під високим тиском. Вона включає паливний бак, фільтри грубого та тонкого очищення, паливопідкачувальний насос, паливний насос високого тиску, форсунки та паливопроводи. Від технічного стану цієї системи залежить якість сумішоутворення, рівномірність роботи циліндрів, димність відпрацьованих газів, економічність і потужність двигуна.

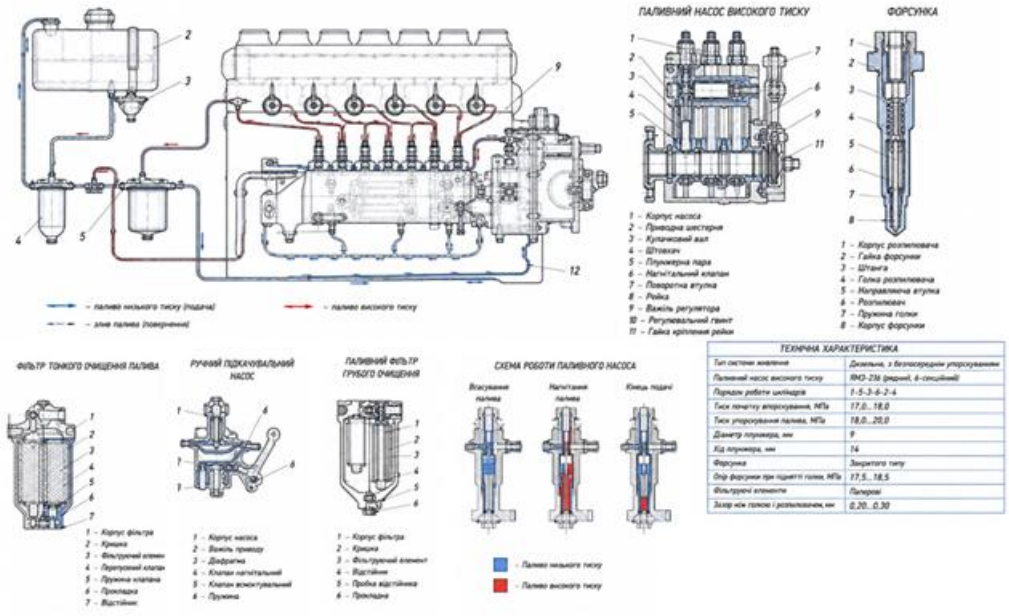

Рисунок 1.6 – Система живлення дизельного двигуна ЯМЗ-236.

Система пуску призначена для забезпечення початкового обертання колінчастого вала до моменту самостійної роботи двигуна. Вона складається зі стартера, акумуляторних батарей, електричних проводів, реле та допоміжних елементів керування. Для дизельного двигуна справність системи пуску має особливе значення, оскільки для займання паливоповітряної суміші необхідно створити достатню частоту обертання колінчастого вала і відповідний тиск стиснення в циліндрах.

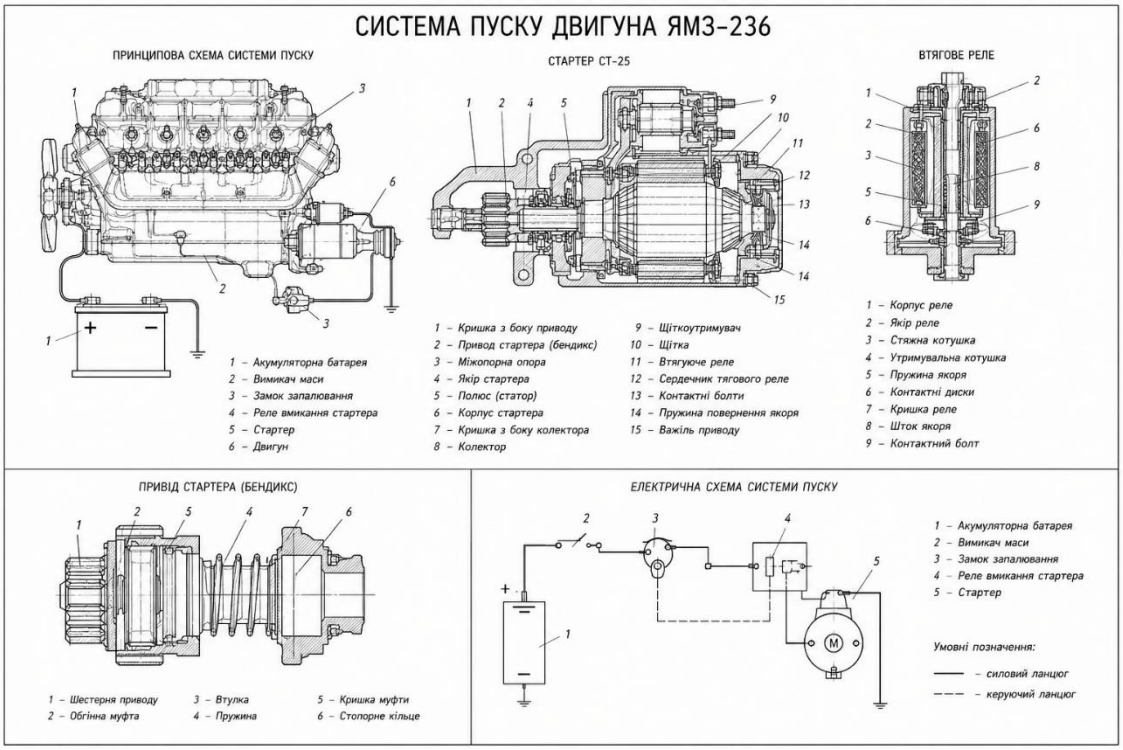

Рисунок 1.7 – Система пуску.

Таким чином, двигун ЯМЗ-236 є складним агрегатом, у якому всі механізми та системи працюють взаємопов’язано. Порушення роботи однієї системи негативно впливає на технічний стан усього двигуна, тому під час ремонту необхідно проводити комплексне діагностування, дефектування та відновлення основних вузлів.

1.2 Основні несправності двигуна ЯМЗ-236 та причини їх виникнення

У процесі експлуатації дизельний двигун ЯМЗ-236 працює в умовах значних механічних, теплових і динамічних навантажень. Його технічний стан поступово погіршується внаслідок природного спрацювання деталей, порушення регламенту технічного обслуговування, використання неякісних

паливно-мастильних матеріалів, а також роботи в запиленому середовищі або при підвищених навантаженнях. Найчастіше несправності проявляються у зниженні потужності, погіршенні пуску, підвищеній димності, збільшеній витраті палива й оливи, перегріванні та появі сторонніх шумів [2, 13].

Однією з характерних несправностей двигуна є зниження компресії в циліндрах. Основними причинами такого явища є спрацювання або залягання поршневих кілець, зношування гільз циліндрів, пошкодження поршнів, нещільне прилягання клапанів до сідел, а також порушення герметичності прокладки головки блока. Зменшення компресії призводить до ускладненого пуску двигуна, нерівномірної роботи циліндрів, зниження потужності та збільшення витрати палива.

Підвищена витрата оливи найчастіше пов’язана зі зношуванням деталей циліндро-поршневої групи, втратою пружності поршневих кілець, збільшенням зазору між стрижнями клапанів і напрямними втулками, а також пошкодженням ущільнень. У такому разі олива потрапляє в камеру згоряння, що супроводжується появою синюватого диму у відпрацьованих газах, утворенням нагару на деталях камери згоряння та погіршенням тепловідведення.

Перегрівання двигуна виникає за несправності системи охолодження або при порушенні теплового режиму роботи. До основних причин належать недостатній рівень охолоджувальної рідини, засмічення радіатора, несправність водяного насоса, заклинювання термостата, ослаблення приводу вентилятора або забруднення сорочки охолодження. Тривала робота двигуна з підвищеною температурою може спричинити деформацію головок циліндрів, пошкодження прокладок, зниження в’язкості оливи та прискорене спрацювання деталей тертя.

Поява стуку в механізмах двигуна свідчить про збільшення зазорів або порушення нормальної взаємодії деталей. Стукіт може виникати в шатунних і корінних підшипниках, поршневій групі, клапанному механізмі або приводі газорозподілу. Основними причинами є спрацювання шийок колінчастого вала, вкладишів, поршневих пальців, втулок шатунів, а також неправильне регулювання теплових зазорів клапанів. Ігнорування таких ознак може призвести до аварійного пошкодження двигуна.

Падіння тиску оливи є небезпечною несправністю, оскільки воно безпосередньо впливає на умови мащення навантажених поверхонь. Причинами можуть бути спрацювання масляного насоса, збільшення зазорів у корінних і шатунних підшипниках, засмічення масляного фільтра, зниження рівня оливи в картері, її розрідження або втрата в'язкісних властивостей. Недостатній тиск у системі мащення призводить до інтенсивного нагрівання та зношування деталей, а в окремих випадках — до заклинювання підшипників.

Окрему групу становлять несправності паливної апаратури. Вони проявляються у нестійкій роботі двигуна, утрудненому пуску, димності, втраті потужності, нерівномірній роботі циліндрів і підвищеній витраті палива. Основними причинами є порушення регулювання паливного насоса високого тиску, зношування плунжерних пар, засмічення паливних фільтрів, підтікання палива в з'єднаннях, несправність форсунок або неправильний кут випередження впорскування. Якість роботи паливної системи має вирішальне значення для економічності, потужності та екологічних показників двигуна.

Рисунок 1.8 – Схема характерних несправностей двигуна ЯМЗ-236 та причин їх виникнення.

Основні несправності двигуна ЯМЗ-236 мають як механічне, так і теплове або паливно-гідравлічне походження. Для їх своєчасного виявлення необхідно проводити комплексне діагностування, яке включає перевірку компресії, тиску оливи, температурного режиму, герметичності систем, роботи паливної апаратури та наявності сторонніх шумів. Отримані результати є основою для

подальшого дефектування деталей і розроблення технологічного процесу ремонту.

1.3 Аналіз існуючих способів ремонту двигунів типу ЯМЗ-236

Ремонт двигунів типу ЯМЗ-236 передбачає комплекс робіт, спрямованих на відновлення працездатності основних деталей, механізмів і систем. Вибір конкретного способу ремонту залежить від характеру дефекту, ступеня спрацювання, наявності тріщин, деформацій, пошкодження посадкових поверхонь та можливості подальшого використання деталі після відновлення. У ремонтній практиці застосовують заміну непридатних елементів, механічну обробку під ремонтні розміри, відновлення посадкових місць, регулювання, притирання, шліфування та контроль герметичності [3, 15].

Одним із найбільш відповідальних елементів двигуна є блок циліндрів. Під час ремонту його перевіряють на наявність тріщин, пошкодження різьбових отворів, спрацювання посадкових місць під гільзи та порушення площинності привалочних поверхонь. За незначних дефектів виконують відновлення різьбових отворів, очищення каналів систем мащення та охолодження, а також контроль геометрії посадкових поверхонь. У разі значного спрацювання або пошкодження гільз циліндрів їх замінюють новими або відновленими деталями з подальшим контролем виступання та герметичності посадки.

Колінчастий вал у процесі ремонту підлягає ретельному контролю, оскільки він сприймає основні динамічні навантаження двигуна. Його перевіряють на биття, наявність тріщин, спрацювання корінних і шатунних шийок, а також стан масляних каналів. Найпоширенішим способом ремонту є шліфування шийок під ремонтний розмір із подальшим поліруванням. Після цього підбирають відповідні ремонтні вкладиші, перевіряють зазори в підшипниках і забезпечують чистоту масляних каналів.

Ремонт шатунно-поршневої групи включає контроль стану поршнів, поршневих кілець, пальців, шатунів і втулок верхніх головок шатунів. Поршні перевіряють на тріщини, задири, спрацювання канавок під кільця та відповідність розмірній групі. Поршневі кільця, як правило, замінюють, оскільки

їх спрацювання суттєво впливає на компресію та витрату оливи. Шатуни перевіряють на вигин, скручування і стан отворів у головках. За потреби виконують заміну втулок, розточування або хонінгування отворів з дотриманням необхідних зазорів.

Під час ремонту головок циліндрів основну увагу приділяють стану привалочної площини, сідел клапанів, напрямних втулок, різьбових отворів і каналів охолодження. Головку перевіряють на герметичність та можливі тріщини. За наявності незначної деформації привалочну поверхню обробляють, а зношені напрямні втулки та сідла клапанів замінюють або відновлюють. Після ремонту обов’язково перевіряють щільність прилягання клапанів і якість ущільнення камери згоряння.

Клапанний механізм ремонтують шляхом очищення деталей від нагару, перевірки стрижнів клапанів, тарілок, пружин, коромисел, штанг і штовхачів. Клапани з незначним спрацюванням робочої фаски можуть підлягати шліфуванню та притиранню до сідел. Якщо спостерігаються прогар, тріщини, значне спрацювання стрижня або деформація тарілки, клапан замінюють. Після складання механізму виконують регулювання теплових зазорів, оскільки від них залежить своєчасність відкриття і закриття клапанів.

Окреме місце в ремонті двигуна ЯМЗ-236 займає паливна апаратура. Її технічний стан безпосередньо впливає на потужність, економічність, димність і рівномірність роботи двигуна. Паливний насос високого тиску перевіряють на спеціальному стенді, де оцінюють рівномірність подачі палива секціями, герметичність плунжерних пар і правильність регулювання. Форсунки очищають, перевіряють тиск початку впорскування, якість розпилювання та герметичність запірного конуса. Несправні розпилювачі, плунжерні пари, ущільнення і фільтрувальні елементи замінюють.

Існуючі способи ремонту двигунів типу ЯМЗ-236 ґрунтуються на поєднанні дефектування, механічного відновлення, заміни зношених деталей, регулювання та контрольних випробувань. Найбільш доцільним є комплексний підхід, за якого ремонт окремих вузлів виконується не ізольовано, а з урахуванням їх взаємного впливу на роботу всього двигуна. Це дає змогу

забезпечити необхідний ресурс, стабільність роботи та відповідність відремонтованого двигуна технічним вимогам.

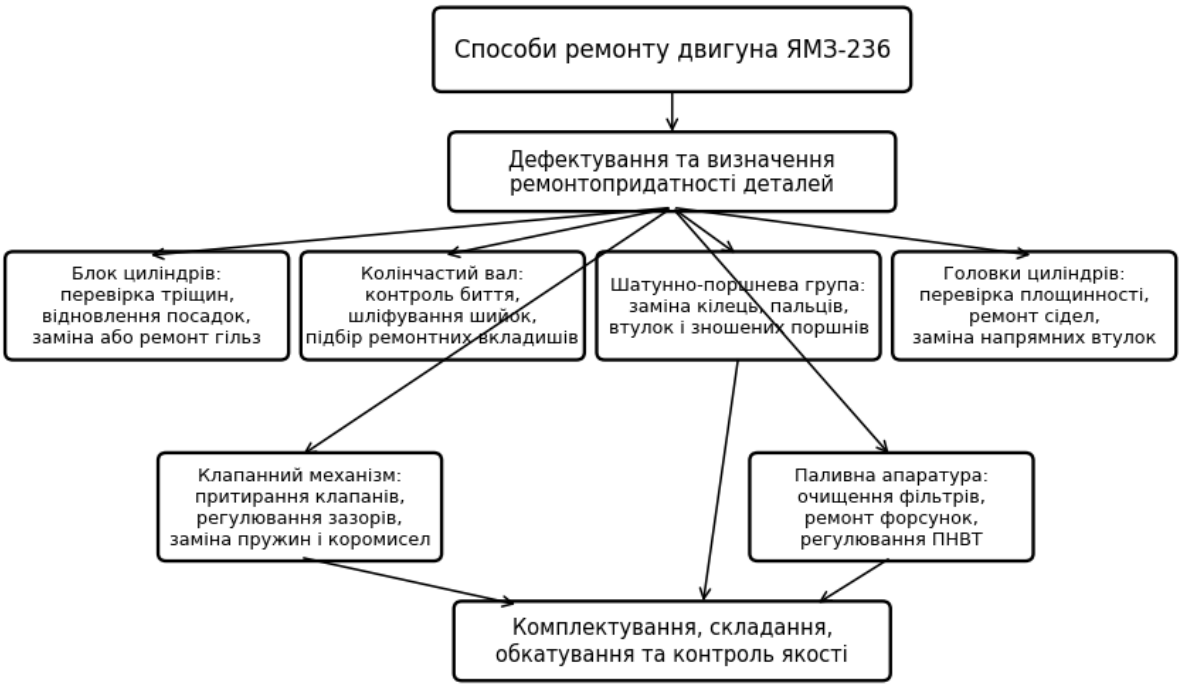

Рисунок 1.9 – Узагальнена схема способів ремонту основних вузлів двигуна ЯМЗ-236.

1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Двигун ЯМЗ-236 тривалий час використовується на вантажних автомобілях, тракторах, дорожньо-будівельних машинах, автобусах, спеціальній та сільськогосподарській техніці. Його поширення пояснюється простою конструкцією, достатньою потужністю, ремонтопридатністю та здатністю працювати в умовах значних навантажень. Разом з тим під час експлуатації двигун поступово втрачає початкові технічні характеристики, що зумовлює потребу в якісному ремонті та відновленні його працездатності.

Актуальність розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236 пов’язана з тим, що значна кількість таких двигунів продовжує використовуватися в господарствах, автотранспортних підприємствах і ремонтних організаціях. Повна заміна двигуна новим агрегатом часто є економічно невигідною, особливо якщо основні базові деталі можуть бути відновлені або використані повторно після дефектування. Тому раціонально

організований ремонт дає змогу продовжити ресурс двигуна та зменшити витрати на підтримання техніки в працездатному стані.

У процесі експлуатації найбільшому спрацюванню піддаються деталі циліндро-поршневої групи, колінчастий вал, шатунні та корінні підшипники, клапанний механізм, головки циліндрів, елементи систем мащення, охолодження і паливної апаратури. Без чітко визначеної послідовності ремонтних операцій якість відновлення двигуна може бути нестабільною. Це призводить до повторних відмов, підвищеної витрати палива й оливи, зниження потужності та скорочення міжремонтного ресурсу.

Розроблення технологічного процесу ремонту передбачає встановлення раціональної послідовності робіт: приймання двигуна в ремонт, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектування, відновлення або заміну зношених елементів, комплектування, складання, регулювання, обкатування та контроль якості. Такий підхід дозволяє уникнути випадковості під час виконання ремонтних операцій і забезпечує більш високу повторюваність результатів [15].

Доцільність відновлення двигуна ЯМЗ-236 також визначається можливістю використання ремонтних розмірів, заміни окремих деталей, відновлення посадкових поверхонь і регулювання основних систем. У багатьох випадках після якісного ремонту двигун може забезпечувати необхідні експлуатаційні показники без потреби повної заміни агрегату. Це особливо важливо для підприємств, де простої техніки призводять до втрат робочого часу та додаткових фінансових витрат.

Отже, розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236 є обґрунтованим і практично доцільним. Воно спрямоване на підвищення ресурсу двигуна після ремонту, зниження витрат на експлуатацію, поліпшення якості ремонтних робіт і скорочення простою техніки. Запропонований технологічний підхід створює основу для організованого, контрольованого та економічно ефективного відновлення двигуна.

Рисунок 1.10 – Схема обґрунтування необхідності розроблення технологічного процесу ремонту двигуна ЯМЗ-236

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологічний процес розбирання двигуна

Технологічний процес розбирання двигуна є одним із початкових і найбільш відповідальних етапів його ремонту, оскільки від правильності виконання демонтажних операцій залежить якість подальшого дефектування, відновлення та складання агрегата. Розбирання двигуна виконують у певній технологічній послідовності, яка дає змогу уникнути пошкодження деталей, зберегти взаємне розташування спряжених елементів і забезпечити зручність проведення контролю їх технічного стану.

Перед початком робіт двигун очищають від зовнішніх забруднень, залишків мастила, пилу та технічних рідин. Після цього агрегат установлюють на спеціальний поворотний стенд, який забезпечує надійну фіксацію двигуна та можливість його повертання у зручне положення під час демонтажу окремих вузлів. Такий підхід підвищує безпеку робіт і зменшує трудомісткість операцій.

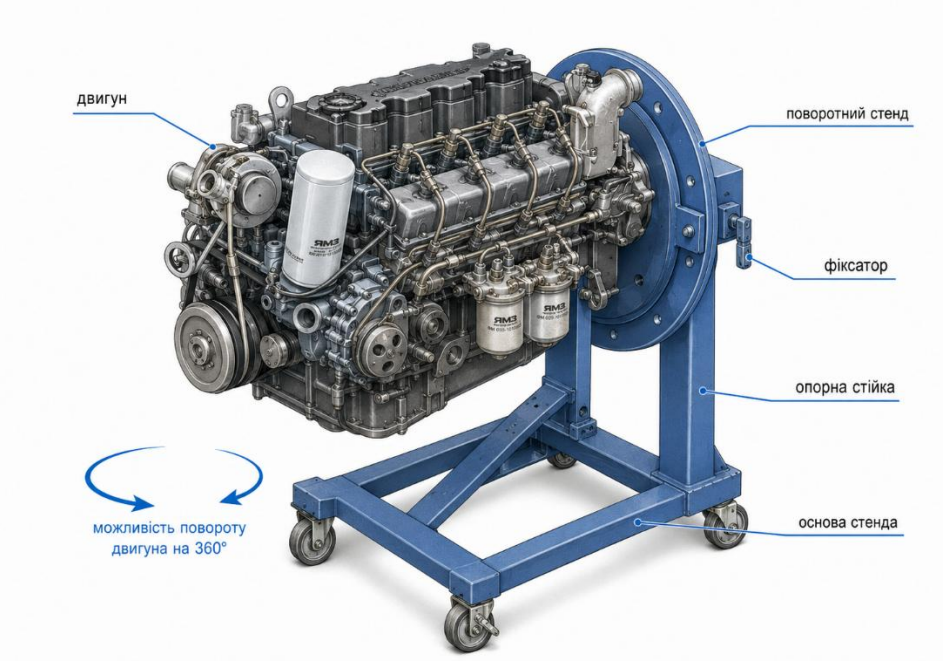

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд двигуна, встановленого на поворотному стенді для розбирання.

На першому етапі з двигуна демонтують навісне обладнання. До нього належать генератор, стартер, компресор, насос гідропідсилювача, паливний насос, форсунки, турбокомпресор, впускний і випускний колектори, фільтри,

патрубки та інші допоміжні елементи. Зняття навісних агрегатів виконують обережно, із попереднім маркуванням трубопроводів, електричних роз'ємів і місць кріплення. Це дає можливість уникнути помилок під час подальшого складання двигуна.

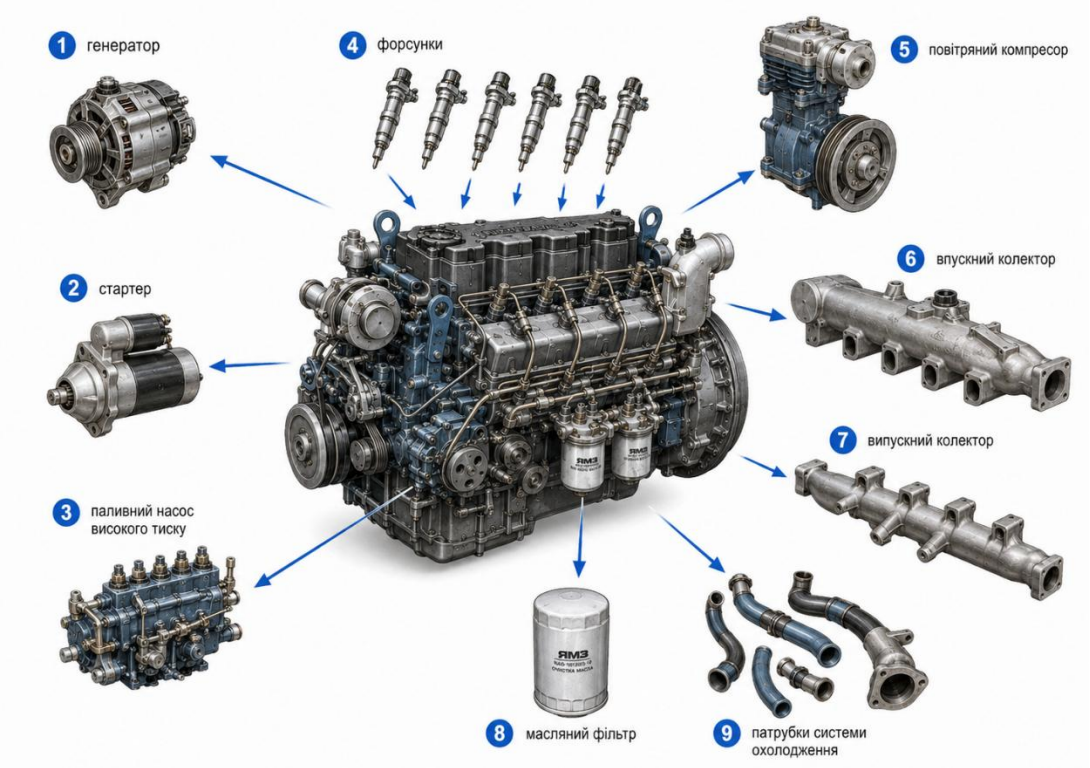

Рисунок 2.2 – Послідовність демонтажу навісного обладнання двигуна.

Після зняття зовнішніх агрегатів переходять до розбирання систем двигуна. Насамперед демонтують елементи системи охолодження: водяний насос, термостат, патрубки та корпуси кріплення. Далі розбирають систему мащення, знімаючи масляний фільтр, піддон картера, маслоприймач і масляний насос. Окрему увагу приділяють паливній системі, оскільки її деталі мають підвищену точність виготовлення та чутливі до забруднення. Тому форсунки, паливні трубки і насос високого тиску після демонтажу необхідно закривати технологічними заглушками.

Наступним етапом є розбирання газорозподільного механізму. Для цього знімають кришку клапанного механізму, демонтують привід розподільного вала, шестерні або ланцюгову передачу, коромисла, штанги, розподільний вал та інші елементи. Перед зняттям деталей газорозподільного механізму доцільно нанести мітки взаємного розташування, що полегшує аналіз зношування та правильність подальшого складання.

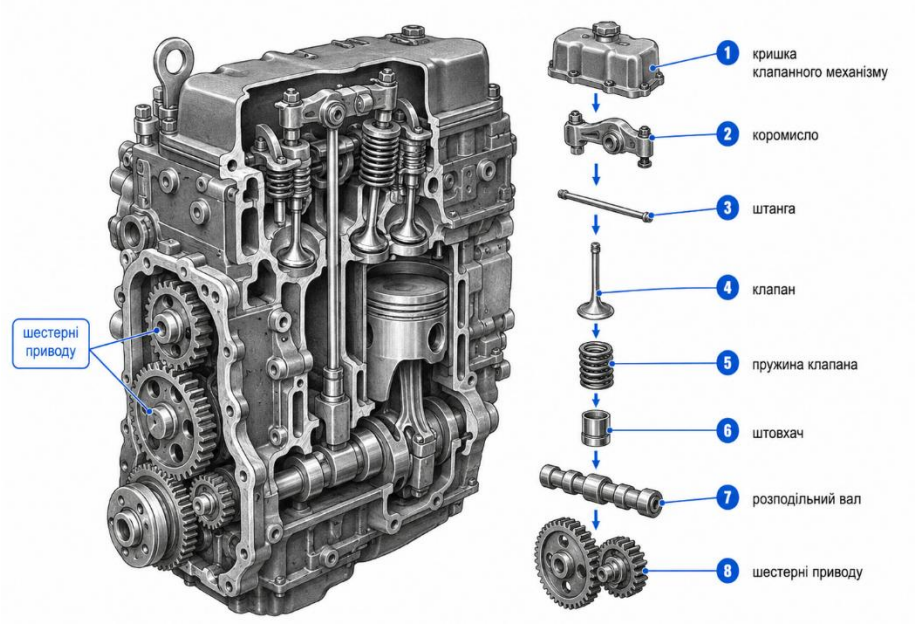

Рисунок 2.3 – Схема розбирання газорозподільного механізму двигуна

Після цього виконують демонтаж головки циліндрів. Болти кріплення головки відкручують у послідовності, протилежній затягуванню, поступово послаблюючи зусилля. Це необхідно для запобігання деформації площини головки та блока циліндрів. Після зняття головки циліндрів проводять попередній огляд камери згоряння, клапанів, сідел, прокладки та поверхні блока. За характером нагару, слідів підтікання охолоджувальної рідини або прогару прокладки можна попередньо оцінити технічний стан двигуна.

Далі розбирають кривошипно-шатунний механізм. Спочатку знімають піддон картера, після чого відкручують кришки шатунів і виймають поршні з шатунами через верхню частину блока циліндрів. Під час демонтажу поршневої групи кожен поршень, шатун і кришку шатуна необхідно маркувати відповідно до номера циліндра. Це важливо, оскільки деталі в процесі роботи припрацьовуються одна до одної, а їх випадкова перестановка може спричинити прискорене зношування після ремонту.

На завершальному етапі розбирання демонтують колінчастий вал. Для цього знімають маховик, передню кришку, сальники, кришки корінних підшипників і обережно виймають вал із блока циліндрів. Вкладиші корінних і шатунних підшипників також маркують та розміщують окремо, оскільки їх стан дає важливу інформацію про умови роботи двигуна, якість мащення та можливі перевантаження.

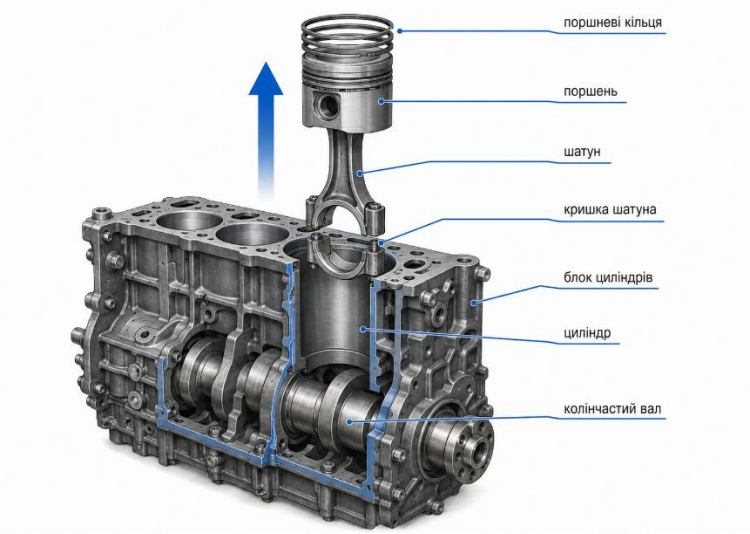

Рисунок 2.4 – Демонтаж поршнево-шатунної групи з блока циліндрів.

Після повного розбирання всі деталі очищають, промивають і передають на дефектування. На цьому етапі визначають ступінь зношування циліндрів, поршнів, кілець, шийок колінчастого вала, підшипників, клапанного механізму та інших деталей. Результати дефектування є основою для прийняття рішення щодо подальшого ремонту, заміни або відновлення окремих елементів двигуна.

Рисунок 2.5 – Узагальнена схема технологічної послідовності розбирання двигуна.

Розбирання двигуна повинно виконуватися за чітко встановленою послідовністю: підготовка агрегата, демонтаж навісного обладнання, розбирання

систем охолодження, мащення та живлення, зняття газорозподільного механізму, демонтаж головки циліндрів, поршнево-шатунної групи та колінчастого вала. Дотримання цієї послідовності забезпечує збереження деталей, підвищує точність дефектування і створює необхідні умови для якісного виконання ремонтних робіт.

2.2 Дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236

Дефектування деталей двигуна ЯМЗ-236 виконують після його повного розбирання, очищення та промивання. Метою цієї операції є визначення технічного стану основних деталей, виявлення зношування, тріщин, деформацій, корозійних пошкоджень, задирів, порушення геометрії та інших дефектів, які можуть впливати на надійність подальшої роботи двигуна. Для двигуна ЯМЗ-236 особливу увагу приділяють блоку циліндрів, гільзам, деталям кривошипно-шатунного механізму, головкам циліндрів і елементам газорозподільного механізму, оскільки саме ці вузли працюють в умовах високих температурних, механічних і динамічних навантажень.

Рис. 2.6 – Загальна схема дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236

Рисунок 2.6 – Загальна схема дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236.

Наявність ремонтної та каталожної документації для сімейства ЯМЗ-236 дає змогу виконувати дефектування з урахуванням конструктивних особливостей конкретної модифікації двигуна.

Першим етапом контролю є зовнішній огляд деталей. Під час огляду визначають наявність тріщин, сколів, слідів перегріву, корозії, пошкодження різьбових отворів, посадкових поверхонь і ущільнювальних площин. Такий контроль є обов'язковим, оскільки дає змогу швидко відокремити явно непридатні деталі від тих, які потребують подальшого вимірювання або неруйнівного контролю.

Блок циліндрів перевіряють на відсутність тріщин у зоні посадки гільз, корінних опор колінчастого вала, каналів системи охолодження та мащення. Особливу увагу звертають на стан площин прилягання головок циліндрів, різьбових отворів під шпильки та посадкових поясів гільз. Оскільки в конструкції ЯМЗ-236 застосовуються «мокрі» гільзи, їх правильне положення в блоці та стан посадкових поверхонь мають важливе значення для герметичності камери охолодження і циліндро-поршневої групи.

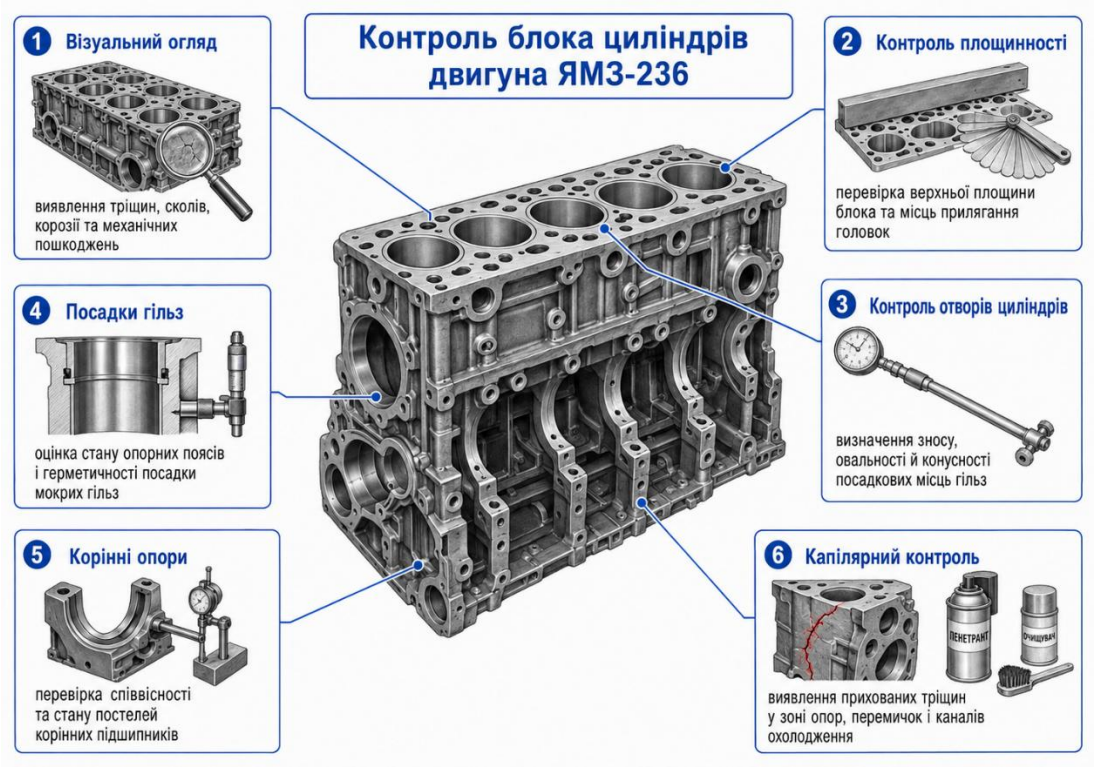

Рисунок 2.7 – Контроль блока циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Гільзи циліндрів дефектують за станом робочої поверхні, величиною зношування, овальністю і конусністю. Контроль виконують нутроміром у

декількох поясах по висоті гільзи та у двох взаємно перпендикулярних напрямках. На робочій поверхні не допускаються глибокі риски, задири, тріщини, раковини та сліди інтенсивного абразивного зношування. У разі перевищення допустимого зносу гільзу замінюють або відновлюють відповідно до ремонтних вимог.

Поршні перевіряють за станом днища, канавок під поршневі кільця, отворів під поршневий палець і бокової поверхні спідниці. Наявність прогару, тріщин, задирів, значного зношування канавок або порушення геометрії є підставою для вибракування. Поршневі кільця контролюють за зазором у замку, пружністю та станом робочої поверхні. Зношені або втратили пружність кільця не забезпечують належної компресії та спричиняють підвищену витрату оливи.

Рисунок 2.8 – Вимірювання зношування гільзи та поршня двигуна ЯМЗ-236.

Шатуни дефектують за станом верхньої та нижньої головок, різьбових з’єднань, площин роз’єму і втулки верхньої головки. Обов’язково перевіряють відсутність згину та скручування шатуна, оскільки навіть незначне порушення його геометрії може спричинити перекіс поршня в циліндрі, нерівномірне зношування гільзи та підвищене навантаження на шатунні шийки колінчастого вала.

Колінчастий вал контролюють візуально та вимірювальними методами. Перевіряють стан корінних і шатунних шийок, наявність рисок, задирів, тріщин, слідів перегріву та овальності. Діаметри шийок вимірюють мікрометром у

кількох перерізах. Також визначають биття вала, стан масляних каналів, шпонкових пазів і різьбових ділянок. Для виявлення прихованих тріщин доцільно застосовувати магнітопорошковий або капілярний контроль.

Рисунок 2.9 – Контроль колінчастого вала двигуна ЯМЗ-236.

Розподільний вал перевіряють за станом кулачків, опорних шийок і шестерні приводу. Основними дефектами є зношування профілю кулачків, задири на шийках, тріщини, викришування робочих поверхонь і порушення прямолінійності вала. Зношування кулачків змінює фази газорозподілу та погіршує наповнення циліндрів, тому така деталь потребує ретельного вимірювання.

Головки циліндрів дефектують за станом площини прилягання до блока, камер згоряння, сідел клапанів, напрямних втулок і різьбових отворів. Особливо небезпечними є тріщини між сідлами клапанів, у зоні форсунок і каналів охолодження. Площинність головки перевіряють контрольною лінійкою та щупом, а герметичність — випробуванням або візуальним контролем після очищення. Клапани перевіряють за станом тарілки, фаски, стрижня та торця. Зношені, прогорілі або деформовані клапани не можуть забезпечити щільне закриття камери згоряння.

Підшипники ковзання, зокрема корінні та шатунні вкладиші, оглядають на наявність задирів, відшарування антифрикційного шару, слідів перегріву, нерівномірного зношування та механічних пошкоджень. За характером

пошкоджень вкладишів можна встановити причини несправності двигуна: недостатнє мащення, потрапляння абразиву, перевантаження або порушення співвісності опор.

Рисунок 2.10 – Дефектування головки циліндрів, клапанів і підшипників двигуна ЯМЗ-236.

Таблиця 2.1 - дефектування деталей двигуна ЯМЗ-236.

Деталь двигуна	Основні можливі дефекти	Метод контролю
Блок циліндрів	тріщини, деформація площин, пошкодження посадок гільз, знос отворів	огляд, вимірювання, перевірка площинності, капілярний контроль
Гільзи циліндрів	знос, овальність, конусність, задири, тріщини	нутромір, мікрометр, візуальний контроль
Поршні	знос канавок, тріщини, прогар, задири	огляд, мікрометричні вимірювання
Шатуни	згин, скручування, знос втулок, пошкодження різьби	спеціальна призма, індикатор, мікрометр
Колінчастий вал	знос шийок, биття, тріщини, задири	мікрометр, індикатор, магнітопорошковий контроль

Розподільний вал	знос кулачків і шийок, тріщини, викришування	мікрометр, індикатор, візуальний контроль
Головки циліндрів	тріщини, короблення, знос сідел і напрямних	лінійка, щуп, капілярний контроль, вимірювання
Клапани	прогар, знос фаски, викривлення стрижня	огляд, мікрометр, перевірка биття
Підшипники	задири, відшарування, перегрів, нерівномірне зношування	огляд, вимірювання зазору, аналіз слідів зношування

Отже, дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236 повинно виконуватися комплексно: спочатку проводять очищення та візуальний огляд, після цього — точні вимірювання, а для відповідальних деталей застосовують неруйнівні методи контролю. Такий підхід дає змогу об’єктивно оцінити технічний стан деталей, визначити можливість їх подальшого використання, ремонту або заміни, а також попередити повторне виникнення несправностей після складання двигуна.

2.3 Розроблення маршрутної технології ремонту двигуна

Маршрутна технологія ремонту двигуна ЯМЗ-236 визначає загальну послідовність виконання основних операцій від моменту надходження двигуна в ремонтну дільницю до його складання, регулювання та випробування. Такий підхід дає змогу впорядкувати ремонтний процес, раціонально розмістити операції за робочими постами, забезпечити контроль якості на кожному етапі та зменшити ймовірність повторного виникнення несправностей після ремонту.

Початковим етапом є приймання двигуна в ремонт. На цьому етапі виконують зовнішній огляд агрегата, фіксують комплектність, характерні пошкодження, наявність підтікання мастила, охолоджувальної рідини або палива. За можливості аналізують попередні ознаки несправності: зниження компресії, підвищену витрату оливи, сторонні шуми, нестабільну роботу або

перегрівання. Отримані дані використовують для попереднього визначення обсягу ремонтних робіт.

Рисунок 2.11 – Загальна маршрутна схема ремонту двигуна ЯМЗ-236.

Після приймання двигун очищають від зовнішніх забруднень і встановлюють на поворотний стенд. Далі виконують послідовне розбирання: знімають навісне обладнання, елементи систем охолодження, мащення і живлення, головки циліндрів, газорозподільний механізм, поршнево-шатунну групу та колінчастий вал. Розбирання проводять з обов’язковим маркуванням деталей, які мають припрацьовані спряження, зокрема шатунів, кришок, вкладишів, поршнів і клапанів.

Після розбирання всі деталі надходять на миття та очищення. З їхніх поверхонь видаляють залишки мастила, нагар, продукти корозії, паливні відкладення та інші забруднення. Для цього можуть використовуватися мийні ванни, струминні установки, щіткове очищення, продування каналів стисненим повітрям. Особливу увагу приділяють масляним каналам колінчастого вала, блока циліндрів і головок, оскільки їх забруднення може спричинити порушення мащення після складання двигуна.

Наступною операцією є дефектування деталей. На цьому етапі визначають технічний стан блока циліндрів, гільз, поршнів, шатунів, колінчастого та розподільного валів, головок циліндрів, клапанів, підшипників і деталей навісного обладнання. Деталі поділяють на три групи: придатні до подальшого використання, такі, що підлягають відновленню, і непридатні, які необхідно замінити. Результати дефектування є основою для формування ремонтного маршруту кожної деталі.

Рис. 2.12 – Схема розподілу деталей двигуна після дефектування

Рисунок 2.12 – Схема розподілу деталей двигуна після дефектування.

Відновлення деталей виконують залежно від характеру виявлених дефектів. Гільзи циліндрів за значного зношування замінюють або обробляють до ремонтного розміру, якщо це передбачено технологією. Колінчастий вал може підлягати шліфуванню шийок під ремонтний розмір з подальшим поліруванням. Головки циліндрів ремонтують шляхом відновлення площинності, заміни напрямних втулок, обробки сідел клапанів і перевірки герметичності. Клапани за незначного зношування притирають або шліфують, а за наявності прогару чи деформації замінюють.

Після відновлення проводять комплектування деталей. На цьому етапі підбирають поршні, гільзи, поршневі кільця, пальці, шатуни, вкладиші та інші елементи відповідно до розмірних груп і ремонтних розмірів. Комплектування

має важливе значення для забезпечення необхідних зазорів у спряженнях, рівномірності роботи циліндро-поршневої групи та надійності кривошипно-шатунного механізму.

Складання двигуна виконують у послідовності, зворотній до розбирання, але з обов'язковим дотриманням технічних вимог до чистоти, моментів затягування, положення деталей і контрольних зазорів. Спочатку монтують колінчастий вал, встановлюють вкладиші, перевіряють легкість обертання та осьовий зазор. Далі встановлюють гільзи, поршнево-шатунну групу, розподільний вал, головки циліндрів, клапанний механізм і навісне обладнання.

Після складання двигун підлягає регулюванню. Виконують регулювання теплових зазорів у клапанному механізмі, перевіряють правильність встановлення паливного насоса високого тиску, герметичність систем мащення, охолодження та живлення. Також контролюють легкість прокручування колінчастого вала, відсутність заклинювання, підтікання рідин і сторонніх шумів.

Рисунок 2.13 – Послідовність складання, регулювання та випробування двигуна ЯМЗ-236.

Завершальним етапом маршрутної технології є випробування двигуна. Воно проводиться для перевірки працездатності після ремонту, оцінки тиску мастила, рівномірності роботи циліндрів, герметичності з’єднань, температурного режиму та стабільності роботи на різних режимах. За результатами випробування двигун або допускають до експлуатації, або повертають на усунення виявлених недоліків.

Таблиця 2.2 - Узагальнену маршрутну технологію ремонту двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Назва операції	Зміст робіт
1	Приймання двигуна в ремонт	зовнішній огляд, перевірка комплектності, попередня оцінка несправностей
2	Зовнішнє очищення	видалення бруду, мастила, пилу та залишків технічних рідин
3	Розбирання двигуна	демонтаж навісного обладнання, систем, головок, поршневої групи і валів
4	Миття деталей	очищення деталей, каналів мащення та охолодження
5	Дефектування	контроль зношування, тріщин, деформацій і технічного стану деталей
6	Сортування деталей	поділ на придатні, ремонтопридатні та непридатні
7	Відновлення або заміна	шліфування, притирка, заміна втулок, кілець, вкладишів та інших деталей
8	Комплектування	підбір деталей за розмірними групами та ремонтними розмірами
9	Складання двигуна	установлення основних вузлів із контролем зазорів і моментів затягування
10	Регулювання	налаштування клапанного механізму, паливної апаратури і перевірка систем
11	Випробування	перевірка роботи двигуна на стенді та усунення виявлених недоліків

2.4 Відновлення основних деталей двигуна

Відновлення основних деталей двигуна ЯМЗ-236 виконують після завершення дефектування та сортування деталей. На цьому етапі визначають, які елементи можуть бути використані повторно після ремонту, а які потребують повної заміни. Основною метою відновлювальних робіт є повернення деталям необхідної геометричної точності, чистоти робочих поверхонь, герметичності та міцності спряжень. Особливу увагу приділяють колінчастому валу, гільзам циліндрів, головкам блока, клапанам і посадковим місцям, оскільки ці деталі безпосередньо впливають на компресію, тиск мастила, тепловий режим і ресурс двигуна після ремонту.

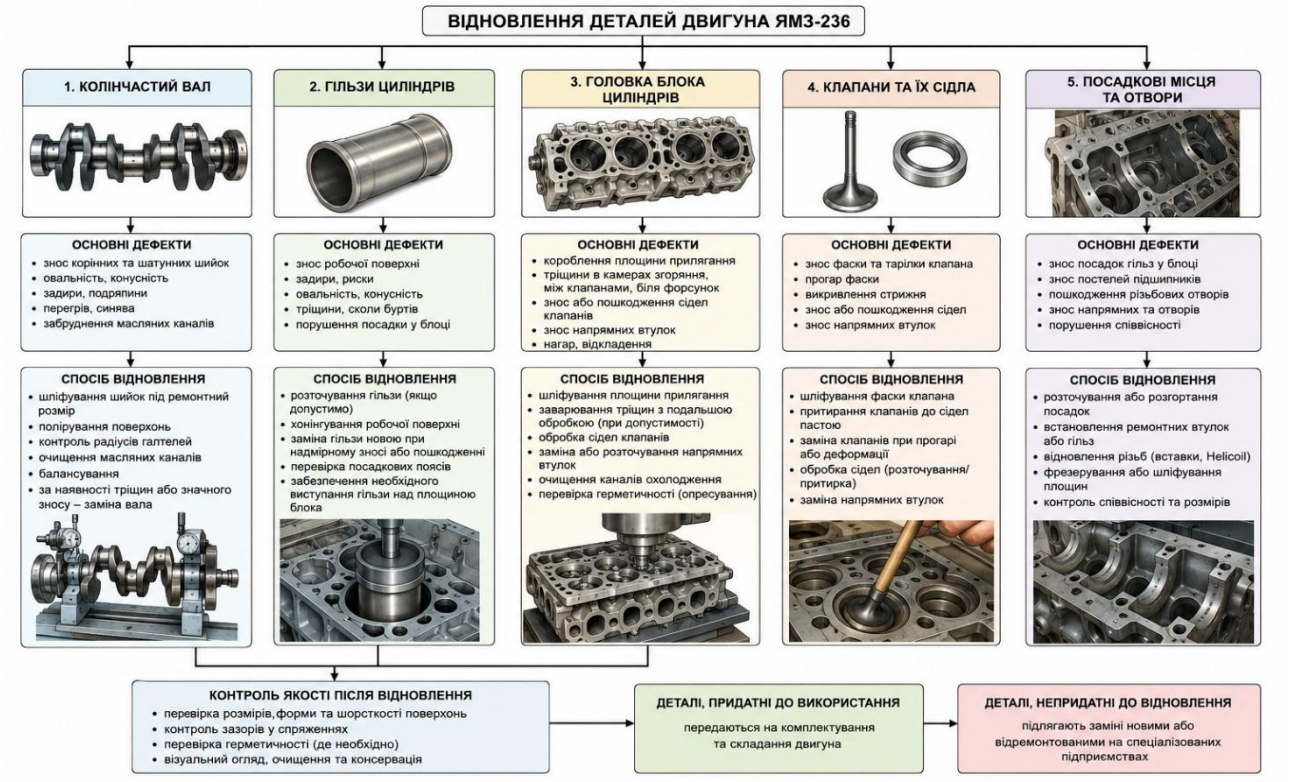

Рисунок 2.14 – Загальна схема відновлення основних деталей двигуна ЯМЗ-236.

Однією з найбільш відповідальних операцій є відновлення колінчастого вала. Після дефектування шийки вала перевіряють на зношування, овальність, конусність, задири та сліди перегріву. Якщо знос не перевищує допустимих меж для ремонтної обробки, корінні та шатунні шийки шліфують під ремонтний розмір. Шліфування виконують з дотриманням співвісності шийок, правильного радіуса галтелей і необхідної шорсткості поверхні. Після механічної обробки шийки полірують, очищають масляні канали та повторно контролюють діаметри

мікрометром. У разі виявлення тріщин, значного перегріву або надмірного зношування колінчастий вал підлягає заміні.

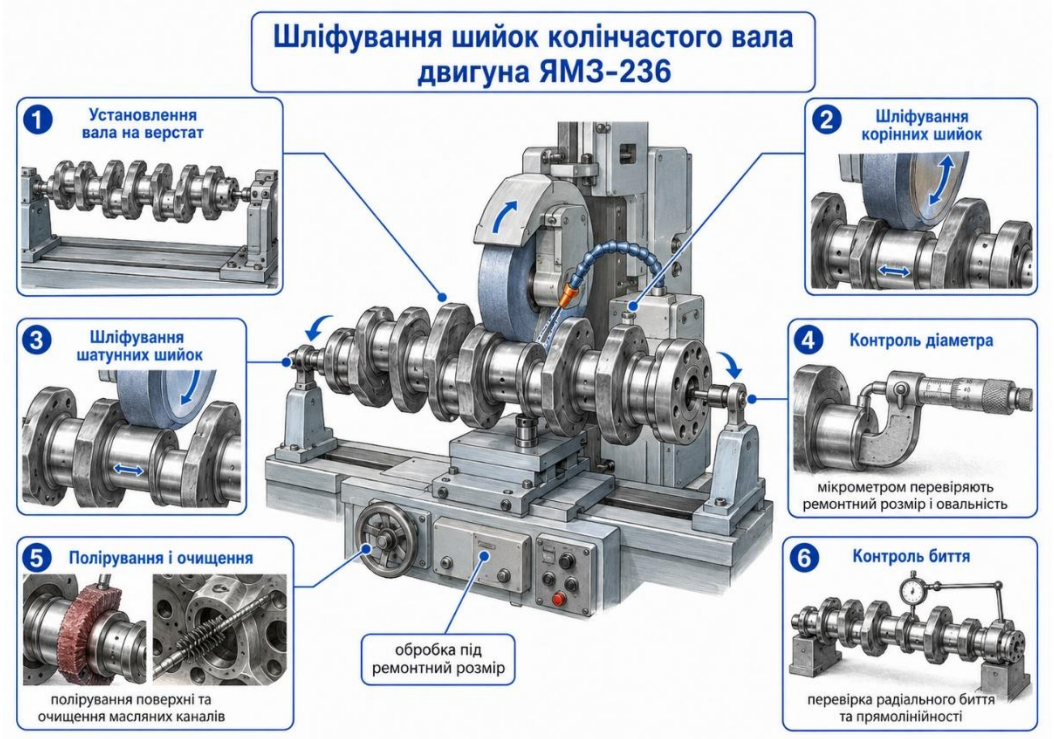

Рисунок 2.15 – Шліфування шийок колінчастого вала двигуна ЯМЗ-236.

Гільзи циліндрів відновлюють або замінюють залежно від величини зношування робочої поверхні. Якщо на гільзі виявлено глибокі задири, тріщини, раковини, значну овальність або конусність, її доцільно замінити новою. Перед установленням нової гільзи перевіряють стан посадкових поясів у блоці циліндрів, ущільнювальні поверхні та канавки під ущільнювальні кільця. Монтаж гільзи виконують обережно, без перекосу, із забезпеченням щільної посадки та необхідного виступання над площиною блока. Після встановлення контролюють герметичність з’єднання, оскільки порушення посадки мокрої гільзи може спричинити потрапляння охолоджувальної рідини в картер двигуна.

Ремонт головки блока циліндрів передбачає очищення від нагару, перевірку площинності, огляд камер згоряння, каналів охолодження, сідел клапанів і напрямних втулок. При незначному короблені площину прилягання головки обробляють на плоскошліфувальному або фрезерному верстаті з мінімальним зняттям металу. Тріщини в зоні сідел клапанів, форсунок або каналів охолодження є небезпечними дефектами, тому така головка потребує додаткового контролю і, за потреби, заміни. Зношені напрямні втулки клапанів

замінюють або розточують під ремонтний розмір, після чого перевіряють співвісність напрямної та сідла клапана.

Рис. 2.16 – Заміна гільзи циліндра двигуна ЯМЗ-236.

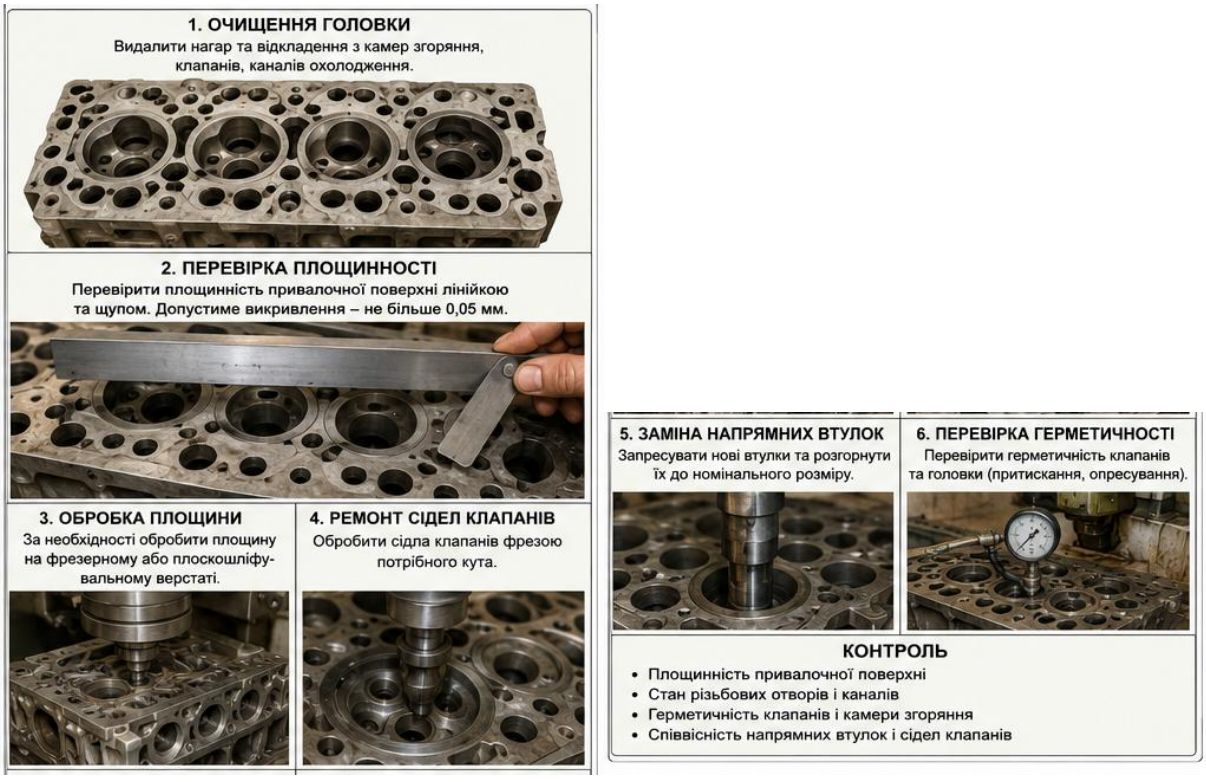

Рисунок 2.17 – Ремонт головки блока циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Відновлення клапанного механізму включає контроль і ремонт клапанів, сідел та напрямних втулок. Клапани перевіряють за станом фаски, тарілки, стрижня і торця. За незначного зношування робочу фаску клапана шліфують, після чого виконують притирання до сідла із застосуванням притиральної пасти. Притирання забезпечує щільне прилягання клапана до сідла і відновлює герметичність камери згоряння. Після виконання цієї операції залишки пасти ретельно видаляють, оскільки абразивні частинки можуть спричинити прискорене зношування деталей під час роботи двигуна.

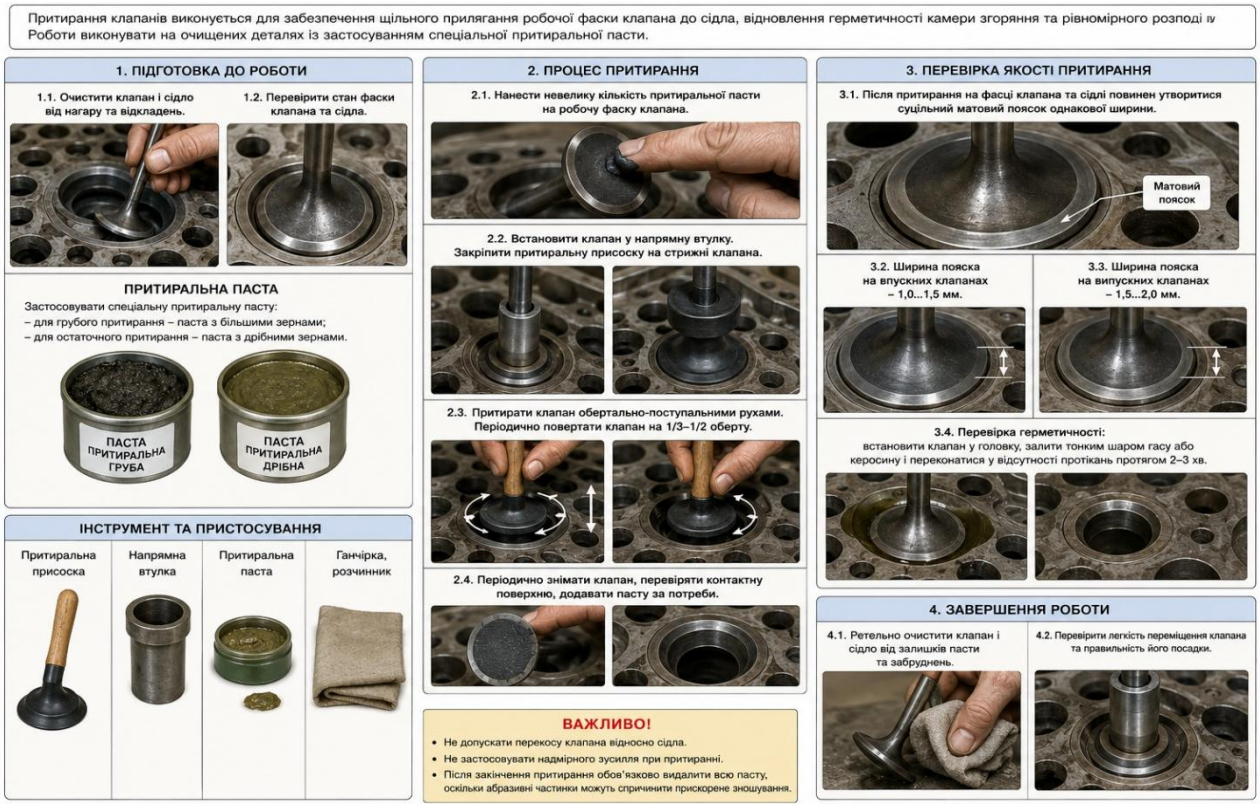

Рисунок 2.18 – Притирання клапанів головки циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Посадкові місця деталей відновлюють у випадку зношування, деформації або пошкодження поверхонь спряження. До таких місць належать посадки гільз у блоці, постелі корінних підшипників, отвори під втулки, сідла клапанів, різьбові отвори та площини прилягання. Залежно від характеру дефекту застосовують розточування, розгортання, фрезерування, шліфування, встановлення ремонтних втулок або різьбових вставок. Після відновлення обов'язково проводять контроль розмірів, співвісності та якості поверхні.

Таблиці 2.3 - основні операції відновлення деталей двигуна ЯМЗ-236.

Деталь або вузол	Основний дефект	Спосіб відновлення або рішення
Колінчастий вал	знос корінних і шатунних шийок, задири, овальність	шліфування під ремонтний розмір, полірування, очищення масляних каналів
Гільзи циліндрів	знос, задири, тріщини, порушення геометрії	заміна гільз, контроль посадкових поясів і герметичності
Блок циліндрів	пошкодження посадок гільз, різьбових отворів, постелей підшипників	відновлення посадкових місць, ремонт різьби, контроль співвісності
Головка блока	короблення площини, знос сідел, тріщини, знос напрямних	шліфування площини, заміна втулок, обробка сідел, перевірка герметичності
Клапани	знос фаски, стрижня, тарілки, нещільне прилягання	шліфування фаски, притирання, заміна при прогарі або деформації
Підшипники ковзання	задири, відшарування, перегрів, зношування	заміна вкладишів з підбором під ремонтний розмір шийок
Посадкові місця	знос, деформація, порушення співвісності	розточування, розгортання, встановлення ремонтних втулок або вставок

Після виконання відновлювальних робіт усі деталі повторно очищають, продувають канали стисненим повітрям і передають на контроль. Повторне дефектування необхідне для підтвердження відповідності деталей ремонтним розмірам, допустимим зазорам і вимогам до якості робочих поверхонь. Лише після цього деталі допускають до комплектування та подальшого складання двигуна.

2.5 Технологічний процес складання двигуна ЯМЗ-236

Технологічний процес складання двигуна ЯМЗ-236 виконують після завершення дефектування, відновлення, очищення та комплектування деталей. Складання є відповідальним етапом ремонту, оскільки від точності встановлення деталей, дотримання зазорів, моментів затягування та чистоти спряжених поверхонь залежить подальша надійність роботи двигуна. Усі операції необхідно проводити у визначеній послідовності, не допускаючи потрапляння абразивних частинок, залишків притиральної пасти, стружки або сторонніх предметів у масляні та охолоджувальні канали.

Рисунок 2.19 – Загальна послідовність складання двигуна ЯМЗ-236.

Першим етапом є підготовка блока циліндрів до складання. Блок очищають, продувають стисненим повітрям масляні канали, перевіряють чистоту посадкових місць під гільзи, корінні підшипники, шпильки та ущільнювальні елементи. Особливу увагу приділяють посадковим поясам гільз, оскільки неправильне встановлення мокрої гільзи може спричинити порушення герметичності системи охолодження та потрапляння рідини в картер двигуна.

Рисунок 2.20 – Підготовка блока циліндрів двигуна ЯМЗ-236 до складання.

Після підготовки блока встановлюють гільзи циліндрів. Перед монтажем перевіряють стан ущільнювальних кілець, змащують їх тонким шаром моторної оливи та обережно встановлюють гільзу в посадкове місце без перекосу. Після запресування або посадки гільзи контролюють її виступання над площиною блока. Цей параметр є важливим для забезпечення рівномірного притискання прокладки головки циліндрів і герметичності камери згоряння.

Наступним етапом є складання кривошипно-шатунного механізму. У постелі блока встановлюють корінні вкладиші, змащують їх чистою моторною оливою та укладають колінчастий вал. Після встановлення кришок корінних підшипників перевіряють правильність їх розташування, затягують кріплення у встановленій послідовності та контролюють легкість обертання вала. Колінчастий вал повинен обертатися плавно, без заїдань і стороннього опору.

Поршнево-шатунну групу складають із попередньо підібраних деталей. На поршні встановлюють поршневі кільця, перевіряють їх рухливість у канавках і правильність розміщення замків. Поршні з шатунами вводять у гільзи за допомогою оправки для стискання кілець. Після з’єднання нижньої головки шатуна з шатунною шийкою колінчастого вала встановлюють кришку шатуна,

вкладиші та затягують кріплення. Після монтажу кожної пари перевіряють легкість провертання колінчастого вала.

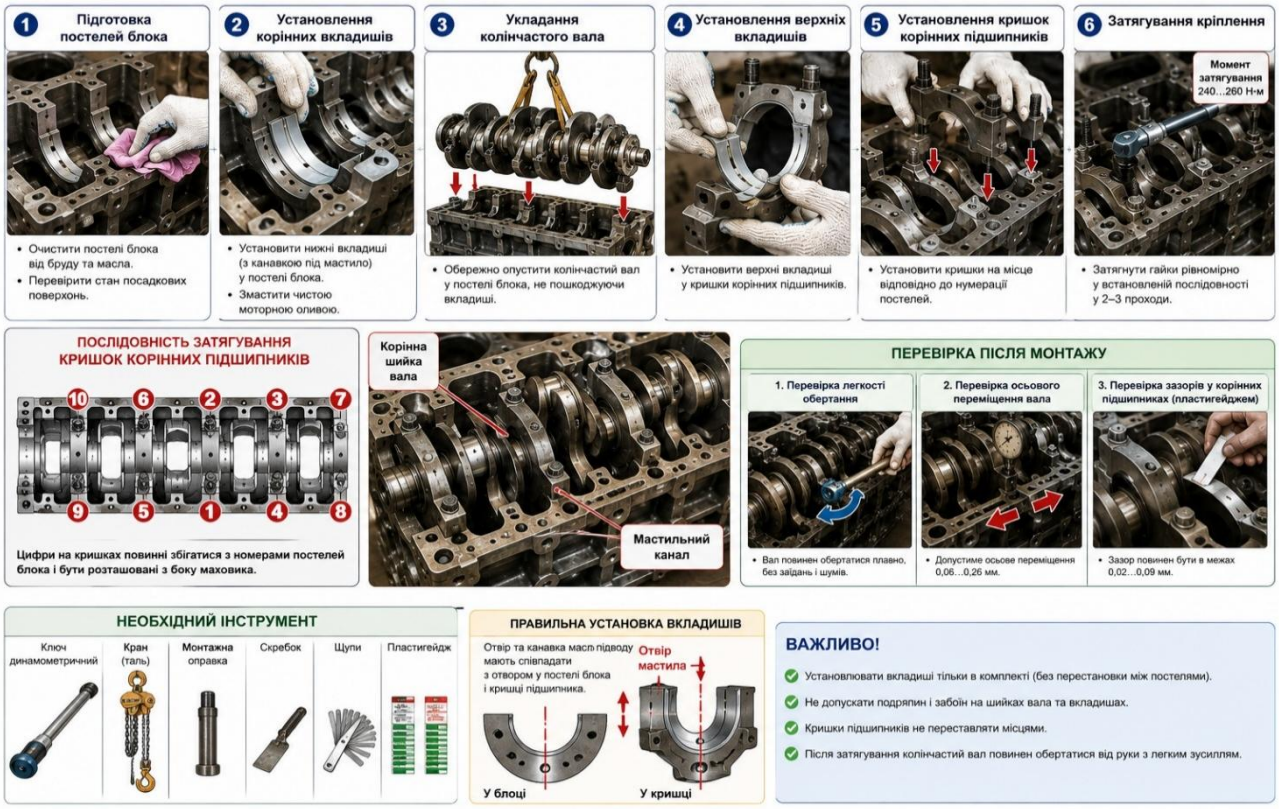

Рисунок 2.21 – Монтаж колінчастого вала в блок циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Рисунок 2.22 – Установлення поршнево-шатунної групи двигуна ЯМЗ-236.

Після складання кривошипно-шатунного механізму переходять до встановлення деталей газорозподільного механізму. У блок монтують

розподільний вал, шестерні приводу, штовхачі, штанги та коромисла. При встановленні шестерень необхідно правильно сумістити мітки газорозподілу, оскільки порушення фаз відкриття і закриття клапанів призводить до нестабільної роботи двигуна, зниження потужності та підвищеної витрати палива.

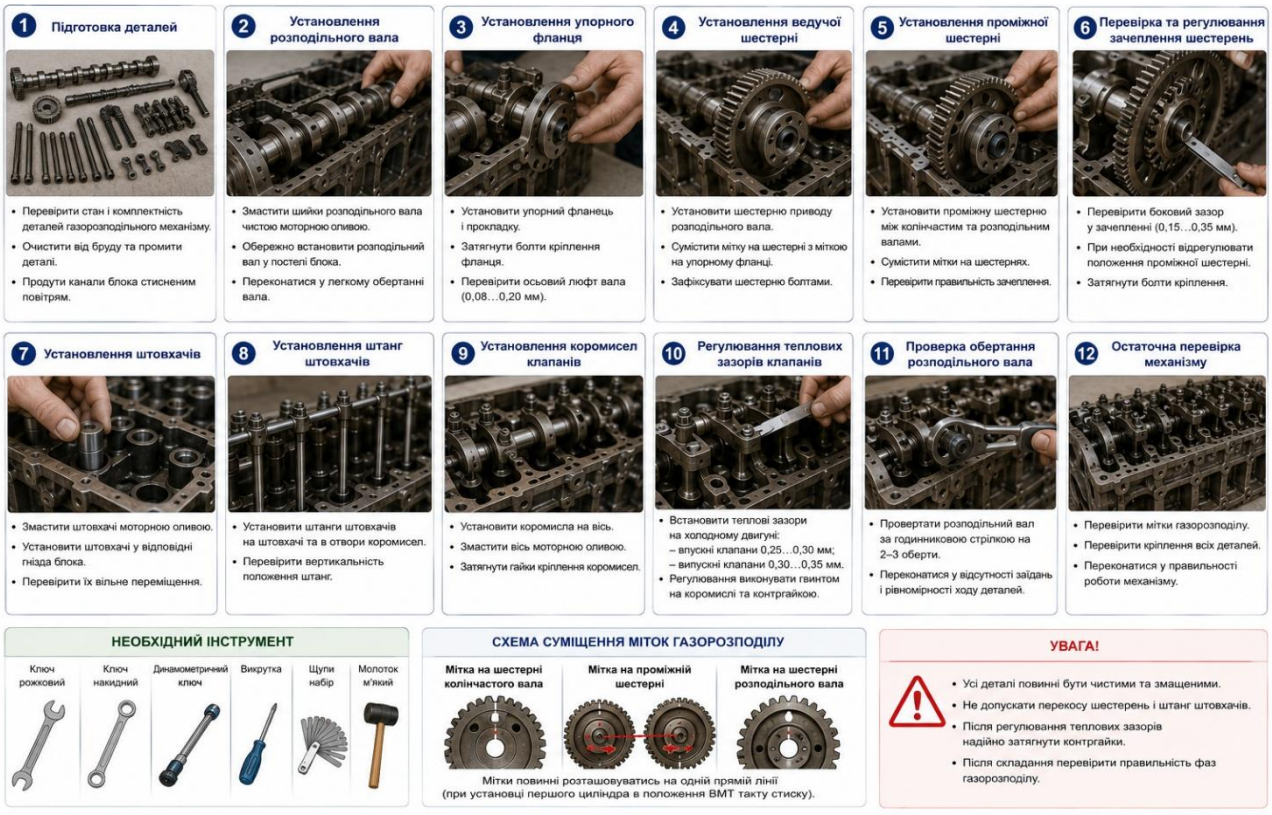

Рисунок 2.23 – Складання газорозподільного механізму двигуна ЯМЗ-236.

Головки циліндрів перед встановленням повинні бути очищені, перевірені на герметичність, укомплектовані клапанами, пружинами, напрямними втулками та іншими деталями. На блок укладають нові прокладки, після чого головки встановлюють на шпильки без зміщення. Кріплення затягують поступово, у визначеній послідовності, щоб уникнути перекосу та деформації площини прилягання. Після встановлення головок монтують клапанний механізм і виконують попереднє регулювання теплових зазорів.

Далі складають систему мащення. Установлюють масляний насос, маслоприймач, фільтрувальні елементи, піддон картера та ущільнювальні прокладки. Перед остаточним закриттям картера необхідно переконатися у відсутності сторонніх предметів усередині блока, а також у правильності кріплення маслоприймача. Після складання перевіряють герметичність з’єднань і готовність системи до заповнення моторною оливою.

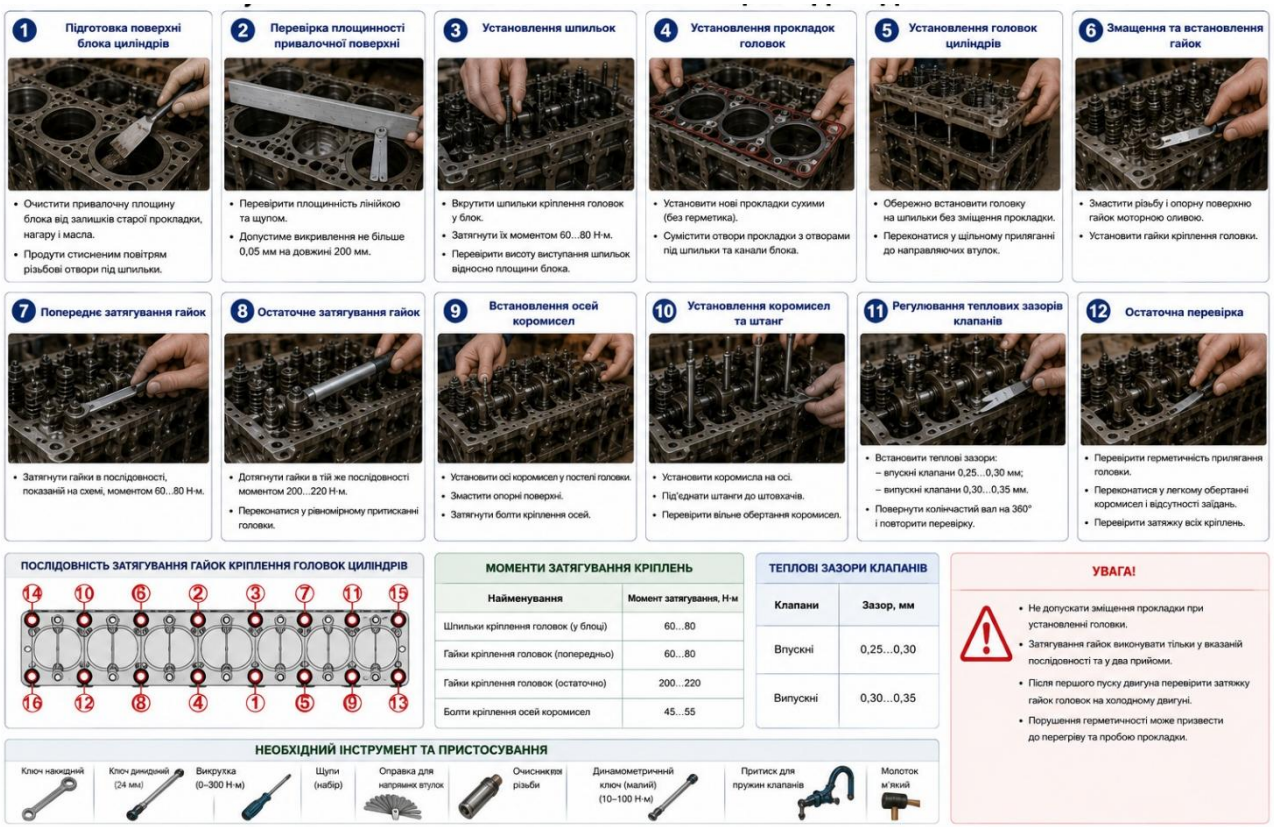

Рисунок 2.24 – Установлення головок циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Система охолодження складається після встановлення основних вузлів двигуна. Монтують водяний насос, патрубки, термостат, ущільнення та інші елементи. Особливу увагу приділяють герметичності з’єднань, стану ущільнювачів гільз і правильності під’єднання патрубків. Порушення герметичності системи охолодження може спричинити перегрівання двигуна або потрапляння охолоджувальної рідини в мастильну систему.

Після цього встановлюють елементи системи живлення: паливний насос високого тиску, форсунки, паливні трубки, фільтри та підвідні магістралі. Паливні трубки високого тиску монтують без перекручування та надмірного натягу. Форсунки встановлюють у відповідні посадкові місця з дотриманням герметичності ущільнення. Після складання паливної системи перевіряють правильність під’єднання магістралей і відсутність підтікання палива.

Завершальним етапом є встановлення навісного обладнання: стартера, генератора, компресора, впускного та випускного колекторів, фільтрів, трубопроводів і привідних елементів. Після завершення складання двигун прокручують вручну або за допомогою стендового приводу, перевіряють плавність обертання колінчастого вала, відсутність заклинювання, сторонніх шумів і підтікання робочих рідин.

Рисунок 2.25 – Монтаж систем мащення, охолодження та живлення двигуна ЯМЗ-236.

Таблиця 2.4 - послідовність складання двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Назва операції	Зміст робіт
1	Підготовка блока циліндрів	очищення, продування каналів, перевірка посадкових місць
2	Установлення гільз	монтаж ущільнювальних кілець, посадка гільз, контроль виступання
3	Монтаж колінчастого вала	установлення вкладишів, вала, кришок корінних підшипників
4	Складання поршнево-шатунної групи	установлення кілець, монтаж поршнів із шатунами в гільзи
5	Складання газорозподільного механізму	монтаж розподільного вала, шестерень, штовхачів, штанг і коромисел

6	Установлення головок циліндрів	монтаж прокладок, головок, затягування кріплення, регулювання клапанів
7	Монтаж системи мащення	установлення масляного насоса, маслоприймача, фільтрів і піддона
8	Монтаж системи охолодження	установлення водяного насоса, термостата, патрубків і ущільнень
9	Монтаж системи живлення	установлення ПНВТ, форсунок, паливних трубок і фільтрів
10	Установлення навісного обладнання	монтаж стартера, генератора, компресора, колекторів і приводів
11	Контроль після складання	перевірка обертання, герметичності, зазорів і готовності до випробування

Технологічний процес складання двигуна ЯМЗ-236 передбачає поетапне встановлення деталей і вузлів із постійним контролем чистоти, точності посадок, зазорів і герметичності. Дотримання встановленої послідовності дає змогу забезпечити правильну взаємодію механізмів двигуна, підготувати агрегат до регулювання та подальшого стендового випробування.

2.6 Регулювальні роботи після складання двигуна

Регулювальні роботи після складання двигуна ЯМЗ-236 виконують для забезпечення правильної взаємодії механізмів і систем двигуна перед його обкатуванням та випробуванням. Навіть за умови якісного складання окремих вузлів двигун не може бути допущений до роботи без перевірки теплових зазорів клапанів, фаз газорозподілу, правильності встановлення паливної апаратури та кута випередження впорскування палива. Ці операції безпосередньо впливають на пускові властивості, рівномірність роботи циліндрів, потужність, витрату палива і димність відпрацьованих газів.

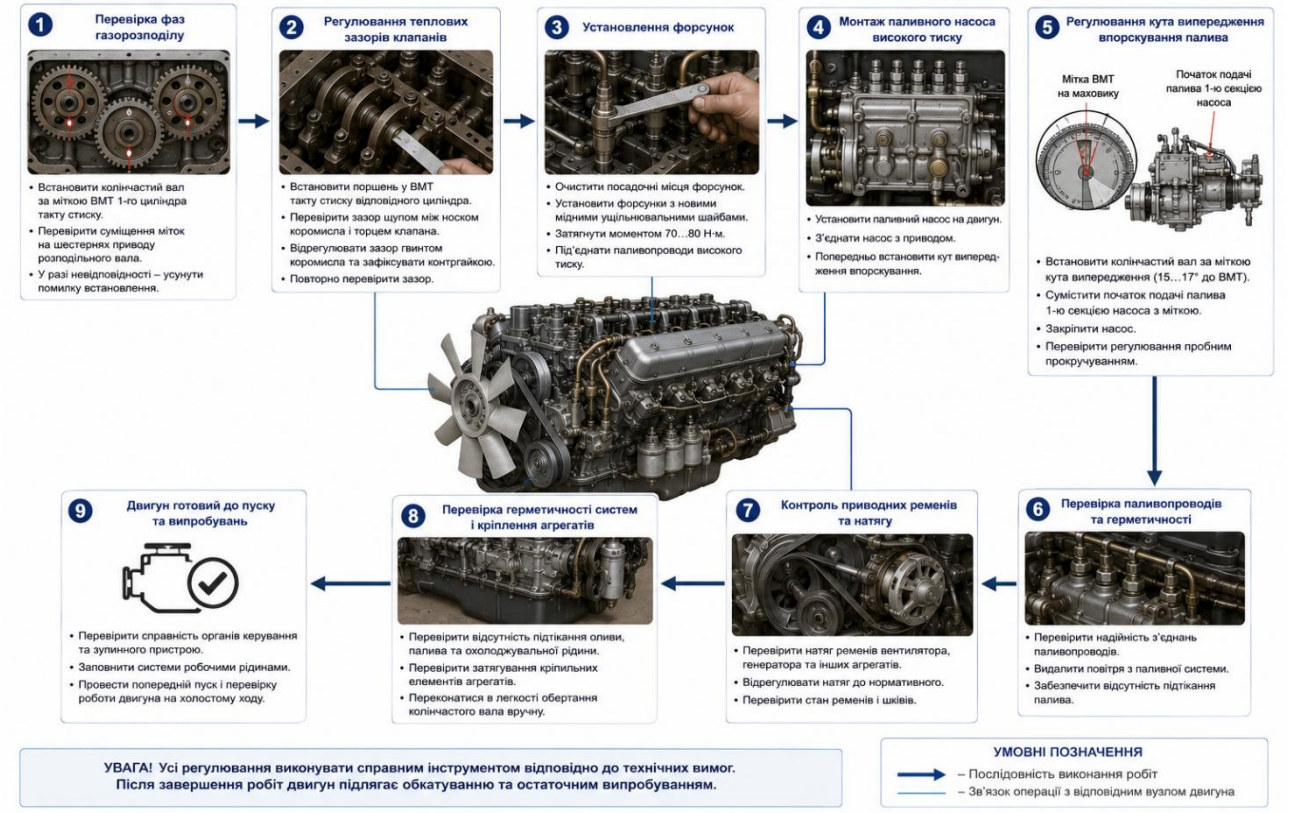

Рисунок 2.26 – Загальна схема регулювальних робіт після складання двигуна ЯМЗ-236.

Першим етапом є перевірка правильності складання газорозподільного механізму. Для цього контролюють суміщення установчих міток на шестернях приводу розподільного вала, проміжної шестерні та колінчастого вала. Правильне положення міток забезпечує відкриття і закриття клапанів у потрібні моменти робочого циклу. Якщо фази газорозподілу порушені, двигун може працювати нестійко, втрачати потужність, перегріватися або взагалі не запускатися.

Після перевірки фаз газорозподілу виконують регулювання теплових зазорів у клапанному механізмі. Ця операція потрібна для компенсації теплового розширення деталей під час роботи двигуна. Зазор перевіряють щупом між носком коромисла і торцем стрижня клапана при положенні поршня відповідного циліндра у верхній мертвій точці такту стиску. Регулювання виконують гвинтом коромисла з подальшим фіксуванням контргайкою. Після затягування контргайки зазор повторно перевіряють, оскільки під час фіксації він може змінитися.

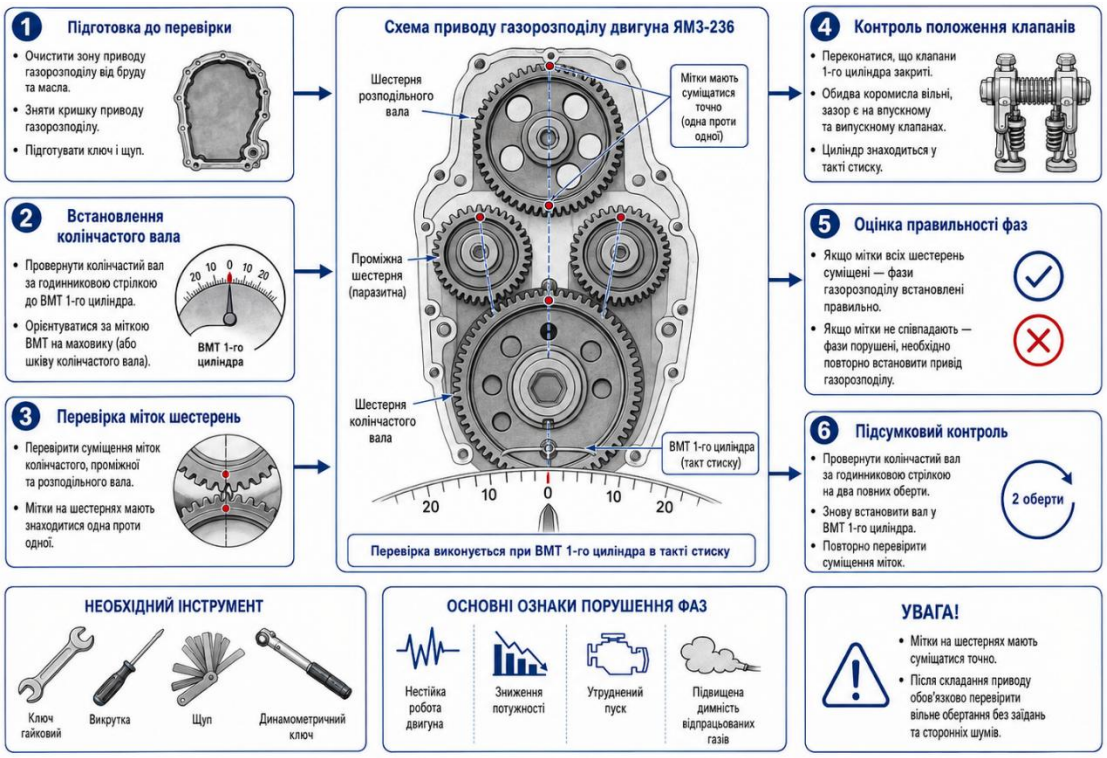

Рисунок 2.27 – Перевірка фаз газорозподілу двигуна ЯМЗ-236.

Недостатній тепловий зазор може призвести до неповного закриття клапана, втрати компресії, перегрівання тарілки клапана та прогару фаски. Надмірний зазор, навпаки, спричиняє підвищений шум роботи клапанного механізму, ударні навантаження на деталі приводу та погіршення наповнення циліндрів повітрям.

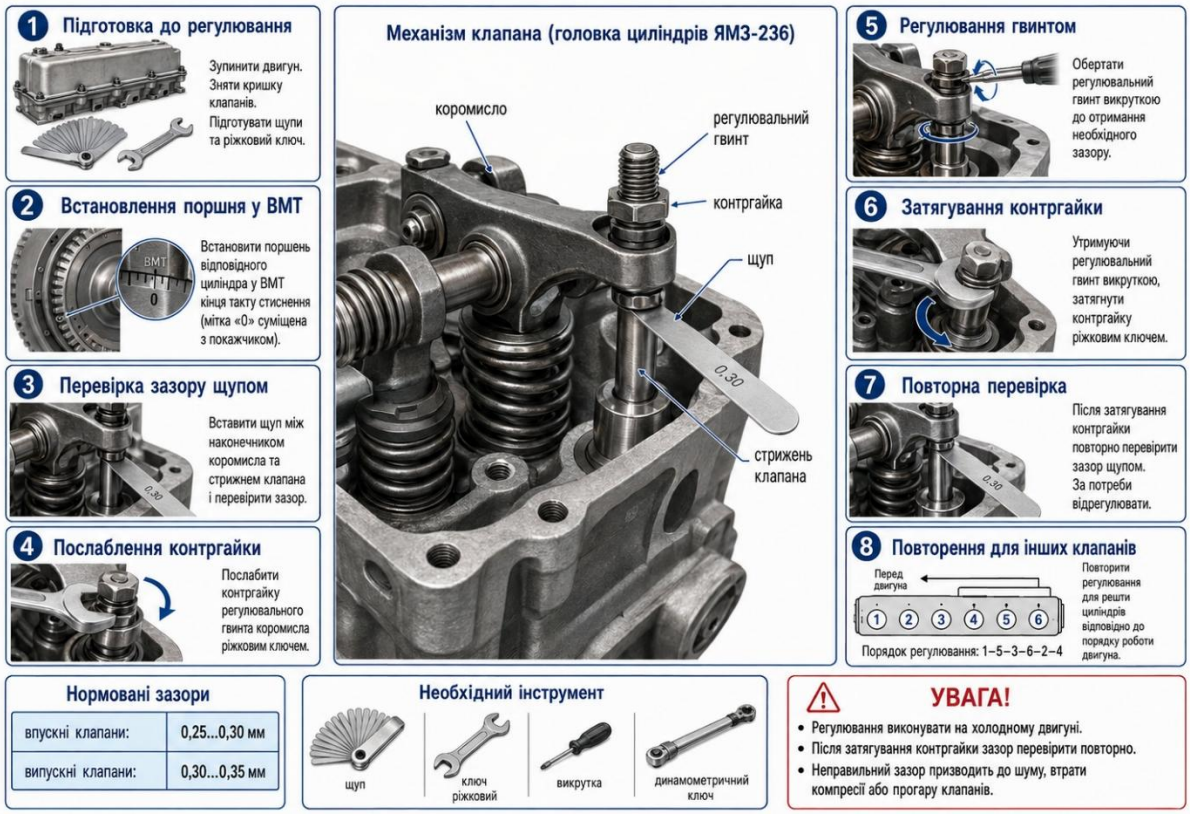

Рисунок 2.28 – Регулювання теплових зазорів клапанів двигуна ЯМЗ-236.

Наступним етапом є встановлення паливної апаратури. Паливний насос високого тиску монтують на двигун із дотриманням правильного положення приводу. Перед установленням перевіряють чистоту посадкових поверхонь, справність ущільнень, стан паливних трубок високого тиску та відповідність форсунок робочим вимогам. Форсунки встановлюють у головки циліндрів із забезпеченням герметичності посадки, після чого під'єднують паливопроводи без перекосу і надмірного натягу.

Рисунок 2.29 – Установлення паливної апаратури двигуна ЯМЗ-236.

Особливо важливою операцією є регулювання кута випередження впорскування палива. Від правильності цього параметра залежить момент подавання палива в циліндр відносно положення поршня. Якщо впорскування відбувається занадто рано, зростають ударні навантаження, жорсткість роботи двигуна і температура деталей циліндро-поршневої групи. Якщо впорскування запізнюється, паливо згоряє неповністю, збільшується димність, підвищується витрата палива і погіршується пуск двигуна.

Регулювання кута випередження впорскування виконують шляхом установлення колінчастого вала у визначене положення за мітками та суміщення положення приводу паливного насоса з початком подачі палива першою секцією насоса. Для контролю можуть застосовувати моментоскоп, контрольну трубку або індикаторний пристрій. Після встановлення насоса його кріплення надійно затягують, а правильність регулювання додатково перевіряють під час пробного прокручування двигуна.

Після регулювання клапанного механізму і паливної апаратури перевіряють герметичність паливних з'єднань, відсутність підтікання оливи й охолоджувальної рідини, правильність натягу приводних ременів, надійність кріплення навісного обладнання та легкість обертання колінчастого вала. Також

контролюють роботу механізму зупинки подачі палива, справність фільтрів і правильність під’єднання трубопроводів.

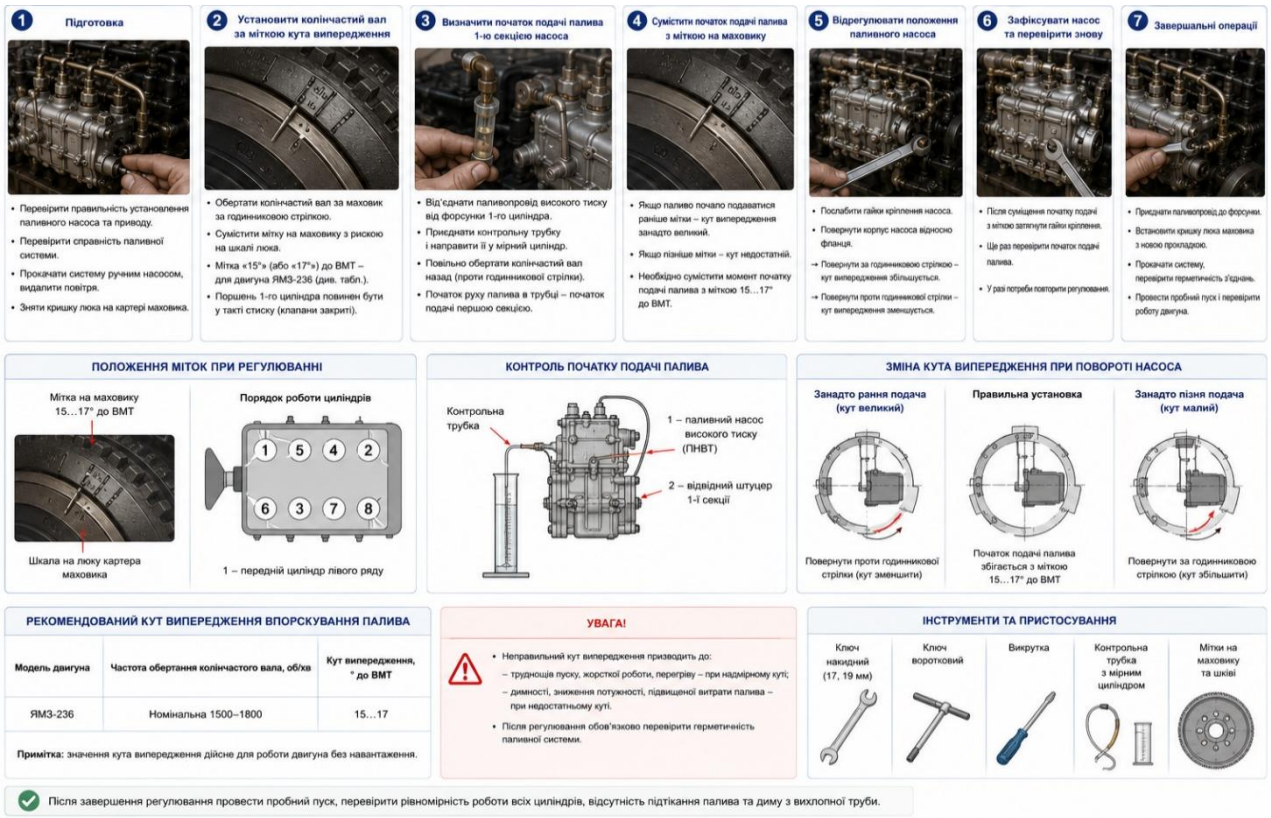

Рисунок 2.30 – Регулювання кута випередження впорскування палива двигуна ЯМЗ-236.

Таблиця 2.5 - Основні регулювальні операції після складання двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Регулювальна операція	Мета виконання
1	Перевірка фаз газорозподілу	забезпечення правильного відкриття і закриття клапанів
2	Регулювання теплових зазорів клапанів	компенсація теплового розширення деталей під час роботи двигуна
3	Установлення форсунок	забезпечення герметичності та правильного розпилення палива
4	Монтаж паливного насоса високого тиску	правильне з’єднання насоса з приводом двигуна
5	Регулювання кута випередження впорскування	забезпечення своєчасного подавання палива в циліндри

6	Перевірка паливопроводів	усунення підтікання та потрапляння повітря в систему
7	Контроль приводних ременів	забезпечення нормальної роботи генератора, вентилятора та інших агрегатів
8	Перевірка герметичності систем	виявлення підтікання оливи, палива й охолоджувальної рідини

Після завершення регулювальних робіт двигун вважається підготовленим до попереднього запуску, обкатування та стендових випробувань. Таким чином, регулювання після складання є завершальним підготовчим етапом ремонту двигуна ЯМЗ-236, який забезпечує правильну роботу газорозподільного механізму, паливної системи та допоміжних агрегатів.

2.7 Вибір обладнання, пристроїв та інструменту для ремонту двигуна ЯМЗ-236

Вибір обладнання, пристроїв та інструменту для ремонту двигуна ЯМЗ-236 здійснюють з урахуванням маси агрегата, конструктивних особливостей V-подібного шестициліндрового дизеля, наявності мокрих гільз, розвиненої паливної апаратури та потреби у точному контролі основних спряжень. Ремонтне оснащення повинно забезпечувати безпечне розбирання і складання двигуна, якісне очищення деталей, демонтаж зношених елементів без пошкодження посадкових поверхонь, виконання механічних і пресових операцій, а також контроль параметрів після складання.

На початковому етапі ремонту необхідно застосовувати вантажопідіймальне обладнання. Для зняття, переміщення і встановлення двигуна доцільно використовувати кран-балку, таль або пересувний гідравлічний кран. Це дає змогу безпечно транспортувати агрегат між постами ремонту та уникнути пошкодження корпусних деталей. Під час переміщення двигуна застосовують справні стропи, траверси і захвати, розраховані на відповідне навантаження.

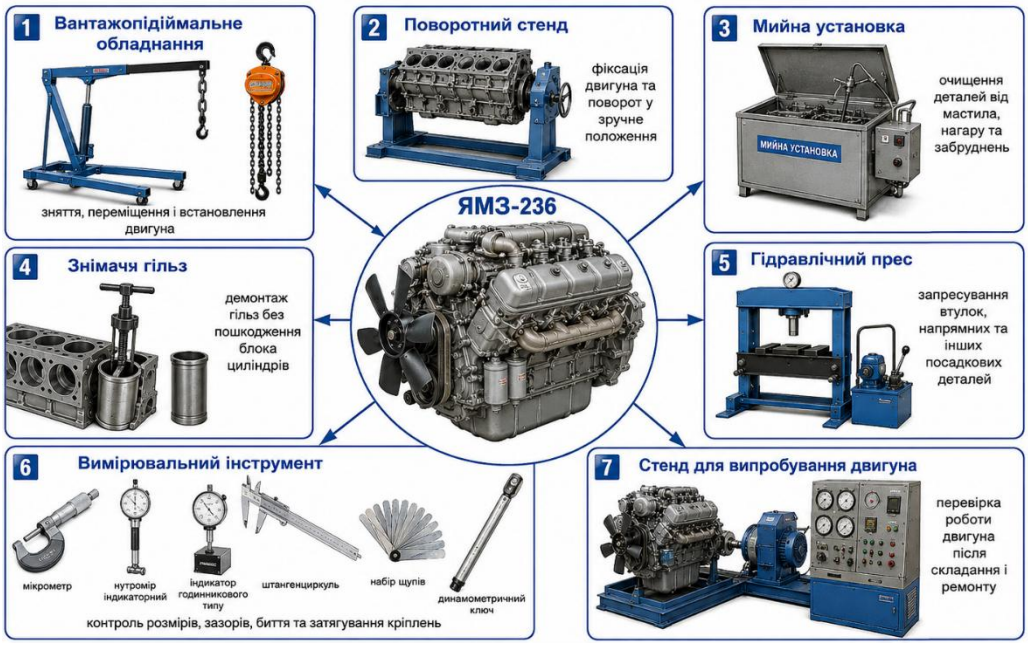

Рисунок 2.31 – Комплект обладнання, пристроїв та інструменту для ремонту двигуна ЯМЗ-236.

Для розбирання і складання двигуна ЯМЗ-236 необхідний спеціальний поворотний стенд. Він забезпечує надійну фіксацію двигуна і дає можливість повертати агрегат у зручне положення під час демонтажу піддона, колінчастого вала, головок циліндрів і навісного обладнання. Наприклад, стенд типу Р-776-01 призначений для розбирання і складання двигунів ЯМЗ-236 та ЯМЗ-238, а його конструкція дозволяє виконувати поворот агрегата на 360° для доступу до важкодоступних вузлів.

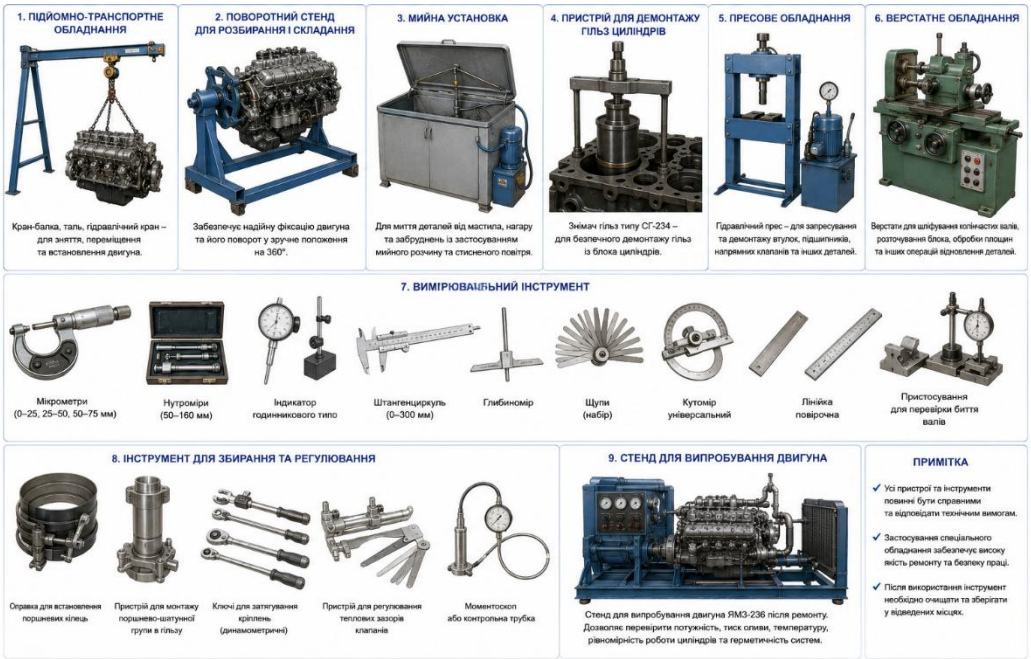

Рисунок 2.32 – Поворотний стенд для розбирання і складання двигуна ЯМЗ-236.

Очищення деталей після розбирання виконують у мийній установці або спеціальній мийній ванні. Мийне обладнання потрібне для видалення мастила, нагару, шламу, залишків прокладок і абразивних частинок. Якісне миття деталей підвищує точність подальшого дефектування, оскільки на забрудненій поверхні складно виявити тріщини, задири, корозію або сліди перегріву. Для очищення корпусних деталей, гільз, піддона, кришок і дрібних елементів доцільно застосовувати установку з циркуляцією мийного розчину та продуванням стисненим повітрям.

Для демонтажу гільз циліндрів використовують спеціальний знімач. Його застосування є обов’язковим, оскільки вибивання гільз ударним способом може пошкодити посадкові пояси блока циліндрів. Знімач гільз типу СГ-234 призначений для витягування гільз із блоків двигунів ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 і ЯМЗ-240; принцип його роботи полягає у зачепленні диска за нижній торець гільзи та поступовому витягуванні її обертанням гайки.

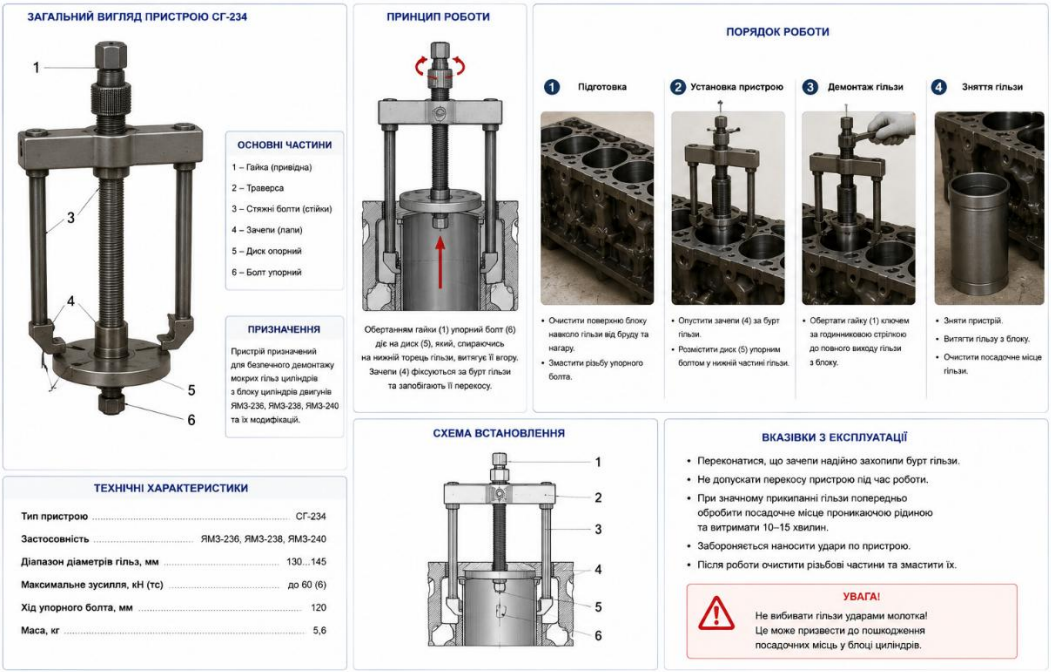

Рисунок 2.33 – Пристрій для демонтажу гільз циліндрів двигуна ЯМЗ-236.

Пресове обладнання застосовують під час заміни втулок, запресування напрямних клапанів, демонтажу і монтажу окремих посадкових деталей, а також виконання операцій, пов’язаних із контрольованим зусиллям. Для ремонтної дільниці достатньо використовувати гідравлічний прес середньої вантажопідйомності з набором оправок і призм. При цьому зусилля повинно передаватися рівномірно, без перекосу, щоб не спричинити деформацію деталей.

Вимірювальний інструмент є основою якісного дефектування і складання двигуна. Для контролю деталей ЯМЗ-236 використовують мікрометри, нутроміри, індикаторні головки, штангенциркулі, щупи, контрольні лінійки, динамометричні ключі та пристрої для перевірки биття. Нутроміром визначають зношування, овальність і конусність гільз; мікрометром контролюють шийки колінчастого та розподільного валів; індикатором перевіряють биття валів і осьові переміщення; щупами встановлюють теплові зазори клапанів.

Окрему групу становить інструмент для складання та регулювання двигуна. До нього належать оправки для встановлення поршневих кілець, пристрої для монтажу поршнево-шатунної групи в гільзу, ключі для затягування кріплень, пристрої для регулювання клапанів, моментоскоп або контрольна трубка для встановлення моменту початку подачі палива. Використання спеціальних пристроїв зменшує ризик пошкодження деталей і забезпечує точність складання.

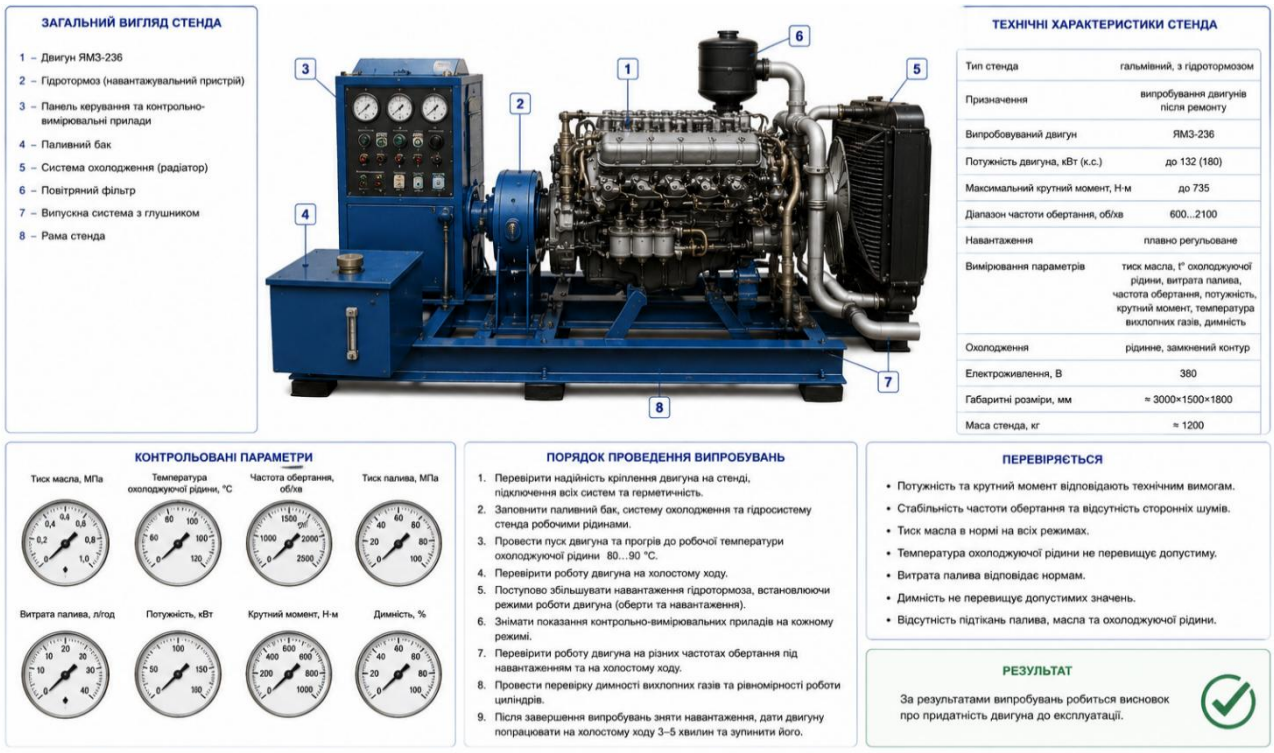

Рисунок 2.34 – Стенд для випробування двигуна ЯМЗ-236 після ремонту.

Для завершального контролю після ремонту необхідний стенд для випробування двигуна. Він дає змогу перевірити роботу двигуна під навантаженням або на різних режимах, оцінити тиск оливи, температуру охолоджувальної рідини, рівномірність роботи циліндрів, герметичність систем

і відсутність сторонніх шумів. Універсальні випробувальні стенди серії КСАТ можуть застосовуватися для автомобільних дизельних двигунів; зокрема, модель КСАТ-200 призначена для двигунів потужністю до 200 кВт і в переліку застосування вказано ЯМЗ-236.

Таблиця 2.6. Перелік обладнання, пристроїв та інструменту для ремонту двигуна ЯМЗ-236.

Найменування	Призначення
Кран-балка, таль або пересувний кран	зняття, переміщення і встановлення двигуна
Поворотний стенд для ЯМЗ-236	розбирання і складання двигуна у зручному положенні
Мийна установка або мийна ванна	очищення деталей від мастила, нагару і забруднень
Знімач гільз	демонтаж гільз без пошкодження блока циліндрів
Гідравлічний прес	запресування втулок, напрямних, посадкових деталей
Верстат для шліфування колінчастих валів	обробка корінних і шатунних шийок під ремонтний розмір
Нутроміри та мікрометри	контроль гільз, шийок валів, посадкових поверхонь
Індикатор годинникового типу	перевірка биття, осьового переміщення і співвісності
Динамометричні ключі	затягування відповідальних різьбових з’єднань
Щупи	регулювання теплових зазорів клапанів
Пристрій для встановлення поршнів	монтаж поршнево-шатунної групи в гільзи
Моментоскоп або контрольна трубка	регулювання кута випередження впорскування палива
Стенд для випробування двигуна	перевірка роботи двигуна після складання

2.8 Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт

Розрахунок трудомісткості ремонтних робіт двигуна ЯМЗ-236 виконують для визначення загального обсягу часу, необхідного для проведення ремонту, а також для встановлення потрібної кількості виконавців. Трудомісткість залежить від технічного стану двигуна, обсягу дефектування, кількості деталей, що підлягають відновленню або заміні, рівня механізації робіт і кваліфікації ремонтного персоналу.

До основних операцій ремонту двигуна ЯМЗ-236 належать приймання агрегата, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектування, відновлення або заміна зношених деталей, комплектування, складання, регулювання та стендове випробування. Для розрахунку приймаємо, що ремонт виконується в умовах спеціалізованої ремонтної дільниці з використанням поворотного стенда, мийної установки, знімачів, пресового обладнання та вимірювального інструменту.

Загальну трудомісткість ремонту двигуна визначають за формулою:

$$T_{заг} = \sum T_i,$$

де $T_{заг}$— загальна трудомісткість ремонтних робіт, люд·год;

T_i— трудомісткість окремої ремонтної операції, люд·год.

Таблиця 2.7 - Орієнтовні норми часу на виконання основних операцій ремонту двигуна ЯМЗ-236.

№ операції	Назва ремонтної операції	Норма часу, люд·год
1	Приймання двигуна в ремонт, зовнішній огляд і оформлення результатів огляду	0,8
2	Зовнішнє очищення двигуна від бруду, мастила і технологічних забруднень	1,6
3	Установлення двигуна на поворотний стенд	0,7
4	Демонтаж навісного обладнання, трубопроводів і паливної апаратури	3,8

5	Розбирання головок циліндрів і газорозподільного механізму	3,2
6	Демонтаж піддона, масляного насоса і деталей системи мащення	1,4
7	Розбирання кривошипно-шатунного механізму	3,6
8	Демонтаж гільз циліндрів	1,5
9	Миття та очищення деталей після розбирання	3,0
10	Дефектування блока циліндрів, гільз, поршнів, шатунів, валів і головок	5,5
11	Шліфування шийок колінчастого вала та контроль після обробки	4,0
12	Ремонт головок циліндрів, обробка сідел і напрямних втулок	5,2
13	Притирання клапанів і перевірка герметичності	2,8
14	Заміна гільз, підготовка посадкових місць і контроль виступання	2,6
15	Комплектування деталей перед складанням	1,8
16	Складання блока циліндрів і встановлення колінчастого вала	3,2
17	Установлення поршнево-шатунної групи	3,5
18	Складання газорозподільного механізму	2,6
19	Установлення головок циліндрів	2,8
20	Монтаж систем мащення, охолодження та живлення	3,4
21	Установлення навісного обладнання	2,5
22	Регулювання теплових зазорів клапанів	1,4
23	Регулювання кута випередження впорскування палива	1,3
24	Попередній контроль після складання	1,2
25	Стендове випробування двигуна після ремонту	3,0
26	Усунення незначних недоліків після випробування	1,5

Тоді загальна трудомісткість ремонту двигуна становитиме:

$$T_{\text{заг}} = 0{,}8 + 1{,}6 + 0{,}7 + 3{,}8 + 3{,}2 + 1{,}4 + 3{,}6 + 1{,}5 + 3{,}0 + 5{,}5 + 4{,}0 + 5{,}2 + 2{,}8 + 2{,}6 + 1{,}8 + 3{,}2 + 3{,}5 + 2{,}6 + 2{,}8 + 3{,}4 + 2{,}5 + 1{,}4 + 1{,}3 + 1{,}2 + 3{,}0 + 1{,}5$$

$T_{\text{заг}} = 68{,}1$ люд\cdotргод.

Орієнтовна трудомісткість капітального ремонту одного двигуна ЯМЗ-236 становить 68,1 люд·год.

Для врахування додаткових витрат часу, пов’язаних із транспортуванням деталей між постами, підготовкою інструменту, очищенням робочого місця і незначними організаційними перервами, вводимо коефіцієнт додаткових витрат часу:

$$K_{\text{д}} = 1{,}08.$$

Тоді повна трудомісткість ремонту становитиме:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{заг}} \cdot K_{\text{д}},$$

$$T_{\text{п}} = 68{,}1 \cdot 1{,}08 = 73{,}55 \text{ люд\год.}$$

Приймаємо:

$$T_{\text{п}} = 73{,}6 \text{ люд\год.}$$

Таким чином, повна розрахункова трудомісткість ремонту одного двигуна ЯМЗ-236 становить 73,6 люд·год.

Для визначення кількості виконавців необхідно врахувати тривалість робочої зміни. Приймаємо, що ремонт двигуна повинен бути виконаний протягом 4 робочих днів при тривалості зміни 8 год. Тоді фонд робочого часу одного виконавця за цей період становить:

$$F_{\text{р}} = \text{Д} \cdot t_{\text{зм}},$$

де Д— кількість робочих днів;

$t_{\text{зм}}$— тривалість зміни, год.

$$F_{\text{р}} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ год.}$$

Кількість виконавців визначаємо за формулою:

$$N = \frac{T_{\text{п}}}{F_{\text{р}}},$$

$$N = \frac{73,6}{32} = 2,3.$$

Отримане значення округлюємо до більшого цілого числа:

$$N = 3 \text{ виконавці.}$$

Отже, для виконання ремонту одного двигуна ЯМЗ-236 протягом чотирьох робочих днів доцільно залучити трьох працівників. При цьому один виконавець може виконувати основні складально-розбиральні операції, другий — миття, дефектування та підготовку деталей, а третій — допоміжні, регулювальні та контрольні операції.

Таблиця 2.8 -Розподіл трудомісткості за основними групами робіт.

Група робіт	Трудомісткість, люд·год	Частка від загальної трудомісткості, %
Підготовчі роботи	3,1	4,2
Розбирання двигуна	13,5	18,3
Миття та дефектування	8,5	11,5
Відновлення деталей	14,6	19,8
Комплектування і складання	19,8	26,9
Регулювання та контроль	5,4	7,3
Випробування й усунення недоліків	4,5	6,1
Додаткові витрати часу	4,2	5,9
Разом	73,6	100

З аналізу видно, що найбільша частина трудомісткості припадає на складання двигуна, відновлення деталей і розбиральні роботи. Це пояснюється значною кількістю відповідальних спряжень у двигуні ЯМЗ-236, необхідністю точного контролю зазорів, правильного встановлення деталей кривошипно-шатунного та газорозподільного механізмів, а також потребою у повторних перевірках після відновлення деталей.

Таким чином, розрахована трудомісткість ремонту двигуна ЯМЗ-236 становить 73,6 люд·год, а для виконання робіт у прийнятий термін необхідно залучити трьох виконавців [16].

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз технологічних можливостей інструменту та обладнання, придатних для викручування шпильок

Під час капітального ремонту тракторної техніки значну частину загальної трудомісткості становлять розбірно-складальні операції. Їх частка у структурі ремонтних робіт орієнтовно досягає 52–56 %, при цьому безпосередньо на розбирання вузлів і агрегатів припадає близько 11 %.

Аналіз ремонтної практики свідчить, що найбільші витрати часу під час розбирання пов’язані з демонтажем різьбових з’єднань. Залежно від конструкції агрегату, технічного стану кріпильних елементів і умов експлуатації машини, частка таких операцій може становити приблизно 30–60 % від загальної трудомісткості розбірних робіт.

Серед різьбових з’єднань доцільно окремо виділити шпилькові з’єднання, оскільки вони мають специфічні конструктивні особливості та потребують застосування відповідного інструменту під час демонтажу. Такі з’єднання широко використовуються у двигунах, коробках передач, елементах ходової частини автомобілів, тракторів та інших самохідних машин.

Під час викручування шпильок і болтів необхідно враховувати їх типорозмір, стан різьбової пари, наявність корозії, забруднення або залишкових деформацій. Для найбільш поширених типорозмірів різьбових з’єднань рекомендовані значення крутних моментів наведено в таблиці 3.1.

Із даних, наведених у таблиці 3.1, випливає, що для двигуна під час викручування шпильки найбільшого типорозміру необхідно забезпечити крутний момент на рівні 200 Н·м. При цьому момент, потрібний для зривання шпильки з місця, повинен перевищувати номінальне значення приблизно у 1,25–1,5 раза.

Виконання операцій розбирання та складання шпилькових з’єднань має певні труднощі. Це пояснюється тим, що більшість шпильок не мають конструктивного елемента для захоплення звичайним гайковим ключем або іншим стандартним слюсарним інструментом. На відміну від болтів, які мають

головку, або гвинтів із шліцами, шпилька зазвичай утримується за гладку циліндричну ділянку. У деяких випадках ця частина має малу довжину або один із кінців шпильки повністю зайнятий різьбою.

Таблиця 3.1 – Рекомендовані значення крутних моментів для викручування шпильок і болтів.

№	Типорозмір	Крутний момент, Нм	№	Типорозмір	Крутний момент, Нм
1	2	3	4	5	6
1	M6	15-20	6	M16	150-300
2	M8	50-100	7	M18	200-400
3	M10	50-120	8	M20	200-450
4	M12	80-200	9	M24	200-500
5	M14	120-250	10	M27	200-600

Застосування пристроїв, які забезпечують закручування або викручування шпильок шляхом затискання їх гладкої циліндричної поверхні, залежить від діаметра шпильки, конструкції з’єднання, довжини вільної частини та стану посадкової різьби.

Найпоширенішими засобами для роботи зі шпильками є ексцентрикові пристрої. До них належать конструкції з трубчастим або укороченим корпусом, роликовими чи роторними затискними елементами. В окремих виконаннях такі пристрої оснащують важелем, з’єднаним з ексцентриком, що дає змогу створювати підвищене затискне зусилля під час передавання крутного моменту.

Також у ремонтній практиці широко застосовують цангові пристрої. Їх перевагою є збільшена площа контакту затискних губок із циліндричною частиною шпильки. Завдяки цьому навантаження розподіляється рівномірніше, а ризик пошкодження або деформації стрижня шпильки істотно зменшується.

Окрему групу становлять пристрої, які передають крутний момент через різьбову частину шпильки. Їх доцільно використовувати тоді, коли шпилька після демонтажу підлягає заміні або коли неможливо надійно захопити її гладку

циліндричну ділянку. Такі пристосування застосовують переважно для викручування та закручування шпильок у випадках, коли звичайні шпильковерти не забезпечують необхідного результату.

Основними різновидами пристроїв цього типу є такі.

1. Пристрій із розрізною циліндричною гайкою для закручування та викручування шпильок. Такий пристрій, схема якого наведена на рисунку 3.1, складається з корпусу 1, у якому розміщено розрізну гайку 2. На зовнішній поверхні гайки виконано три скошені ділянки. Їх форма забезпечує самозатискання під час роботи: при обертанні корпусу за годинниковою стрілкою ролик С взаємодіє зі скосом гайки 2, унаслідок чого гайка стискається та надійно охоплює різьбову частину шпильки.

Після завершення операції корпус повертають у зворотному напрямку. При цьому затискне зусилля зменшується, гайка розтискається, і пристрій можна безперешкодно зняти зі шпильки. Для забезпечення роботи з різними типорозмірами шпилькових з’єднань комплект пристрою передбачає набір змінних гайок із відповідними різьбами.

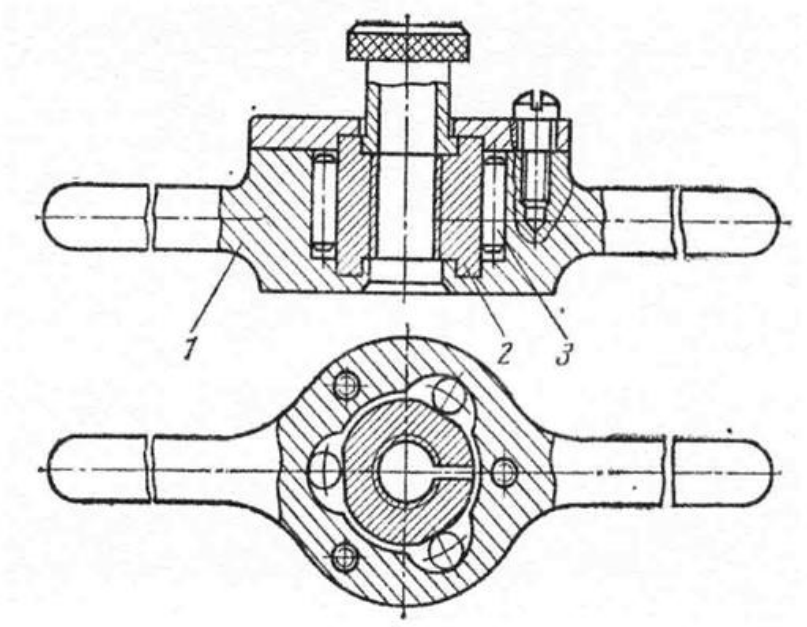

Рисунок 3.1 – Пристрій із циліндричною розрізною гайкою:
1 – корпус; 2 – розрізна гайка; 3 – затискні ролики.

Застосування такого пристрою дає змогу виконувати викручування

шпильок за умови достатнього осьового та радіального доступу до з’єднання. Він є ефективним у випадках, коли навколо шпильки є необхідний простір для встановлення корпусу та передавання крутного моменту.

2. Пристрій для викручування шпильок.

Пристрій, зображений на рисунку 3.2, розроблений на основі авторського свідоцтва SU1227447. Його конструкція включає корпус 1, затискний механізм 2 та губку 4 із зовнішньою конічною поверхнею 3. У корпусі виконано паз 6 з конічною опорною поверхнею 7, у якому розміщується губка 4. Під час роботи вона взаємодіє з опорною поверхнею корпуса та забезпечує затискання шпильки.

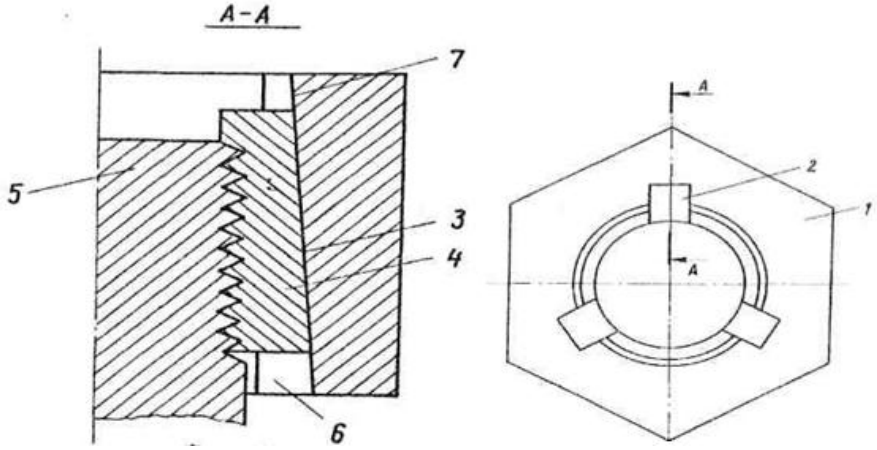

Рисунок 3.2 – Пристрій для викручування шпильок1

Перед початком викручування губку 4 встановлюють на шпильку. Після цього корпус 1 розміщують так, щоб губка увійшла в паз 6. Під дією прикладеного зусилля корпус переміщується відносно губки, а конічні поверхні 3 і 7 створюють затискний ефект. У результаті губка притискається до різьбової частини шпильки, забезпечуючи її надійне утримання.

Подальше викручування здійснюється шляхом обертання шестигранної головки корпусу. Завдяки цьому крутний момент передається на шпильку, що дає змогу послабити різьбове з’єднання та виконати демонтаж.

Основним обмеженням такого пристрою є невелика площа контакту робочих губок із поверхнею шпильки. Через це затискне зусилля зосереджується на обмеженій ділянці, що знижує можливість передавання значних крутних моментів і може призводити до пошкодження різьби або поверхні шпильки.

3. Пристосування з конічною розрізною гайкою. Пристосування з конічною розрізною гайкою, показане на рисунку 3.3, призначене для

викручування або загвинчування шпильок. Напрям його роботи залежить від нахилу виконаного шліца. Конструктивно пристрій складається зі стрижня 1, наконечника 2, головки 3 та глухого отвору 4. У цей отвір встановлюється конічна розрізна гайка 5 з внутрішньою різьбою.

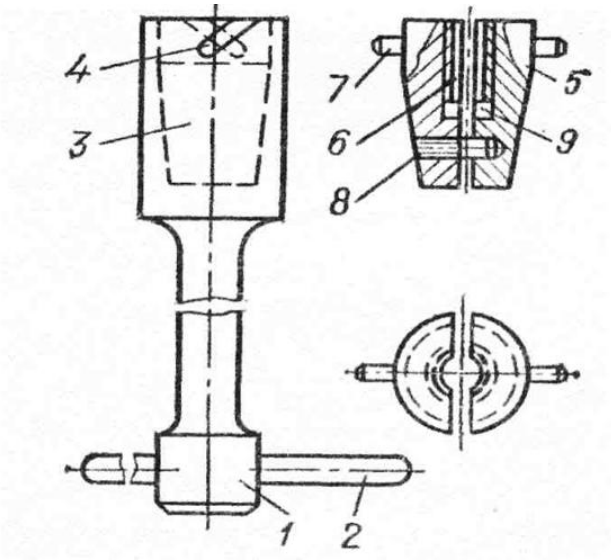

Рисунок 3.3 – Пристрій із конічною розрізною гайкою.

Для фіксації гайки в робочому положенні на кожній її половині передбачено штифт 7. Він утримує розрізну гайку в корпусі пристрою під час нагвинчування на шпильку та передавання крутного моменту.

Для виконання операції розрізну гайку відповідного типорозміру накручують на шпильку, після чого встановлюють у пристрій. Далі, обертаючи наконечник 2, створюють необхідний крутний момент, унаслідок чого шпилька викручується або загвинчується у різьбове гніздо. Для роботи зі шпильками різних діаметрів комплект пристосування оснащується змінними розрізними гайками відповідних розмірів.

3.2 Основні недоліки відомого обладнання та інструменту

Пристрої, у яких передавання крутного моменту здійснюється через різьбову частину шпильки, можуть ефективно застосовуватися лише за умови її задовільного технічного стану. Тобто різьба повинна бути неушкодженою, без значного зминання, корозійного руйнування або зриву витків. Основним недоліком таких пристосувань є те, що при щільному посадженні шпильки в деталь або за наявності значного натягу під час викручування може відбутися

пошкодження різьби. Крім того, для шпильок великої довжини існує ризик скручування стрижня в процесі демонтажу.

Пристрої, які працюють за принципом захоплення гладкої циліндричної поверхні шпильки, також мають певні обмеження. Більшість таких конструкцій відзначається порівняно великими габаритами, що ускладнює їх використання в умовах обмеженого доступу до різьбового з’єднання.

Додатковим недоліком ексцентрикових ключів, а також пристроїв із насіченими, накатаними або кулачковими затискними елементами є можливість локального пошкодження поверхні шпильки. Після їх застосування на гладкій циліндричній ділянці часто залишаються вм’ятини або сліди пластичної деформації. Такі дефекти можуть виступати концентраторами напружень і знижувати міцність шпильки під час подальшої експлуатації.

Отже, основною вимогою до пристроїв для закручування та викручування шпильок із захопленням за гладку циліндричну поверхню є здатність передавати достатній крутний момент без істотного пошкодження стрижня. Конструкція такого інструменту повинна забезпечувати надійне утримання шпильки та водночас не спричиняти деформацій, які можуть послабити її несучу здатність.

3.3 Обґрунтування необхідності спеціального технологічного обладнання та формування технічного завдання на його розробку

З урахуванням виявлених недоліків наявних пристроїв для демонтажу шпильок виникає потреба у створенні більш раціональної конструкції спеціального інструменту. Такий пристрій повинен поєднувати компактність, простоту використання та можливість надійного викручування шпильок без пошкодження їх різьбової частини.

Головною вимогою до проєктованого обладнання є забезпечення передавання необхідного крутного моменту для зривання шпильки з посадкового місця та її подальшого викручування. При цьому навантаження має розподілятися рівномірно, без локального перевантаження витків різьби, що дасть змогу запобігти її зминанню, зриву або деформації стрижня шпильки.

Окрім працездатності, пристрій повинен бути зручним для застосування в

умовах ремонтної дільниці, мати нескладну конструкцію та виготовлятися з доступних конструкційних матеріалів із використанням типових технологічних операцій. Це сприятиме зниженню собівартості його виготовлення, спрощенню обслуговування та підвищенню практичної придатності під час ремонту двигунів, трансмісій та інших агрегатів автомобільної і тракторної техніки.

3.4 Будова та принцип роботи пристрою

У межах даного дипломного проєкту запропоновано два варіанти пристроїв для демонтажу шпилькових з’єднань: цанговий пристрій та пристрій для викручування шпильок із хомутовим затисканням. Їх конструктивне виконання наведено на аркушах 3 і 4 графічної частини.

Цанговий пристрій містить оправку 1, внутрішня поверхня якої має конічну форму. Усередині оправки розміщується цанга 2 з внутрішньою різьбою М8. За необхідності конструкція може бути адаптована під інші типорозміри шпильок шляхом виготовлення змінних цанг із відповідною різьбою. Один кінець цанги виконано у вигляді хвостовика із зовнішньою різьбою, який завершується квадратом для утримування ключем. На різьбову частину цанги нагвинчується важіль 3, а між ним і оправкою 1 встановлюється шайба 4.

Робота цангового пристрою здійснюється таким чином. Спочатку пристрій нагвинчують на шпильку, яку необхідно демонтувати. Після цього цангу 2 утримують ріжковим ключем, а важіль 3 повертають у робочому напрямку. Під час обертання цанга переміщується відносно конічної поверхні оправки 1, унаслідок чого відбувається її стискання та щільне охоплення шпильки. Після утворення надійного затиску подальшим поворотом важеля шпилька викручується з різьбового отвору.

Другий пристрій призначений для викручування шпильок за допомогою хомутового затискання. Його основним елементом є скоба 1, яка одночасно виконує функцію важеля для передавання крутного моменту. З одного боку в скобу встановлено спеціальний болт 2 та штифт 4. Для безпосереднього охоплення шпильки використовується хомут 3, який розміщується у скобі.

Принцип дії цього пристрою полягає в тому, що хомут 3 спочатку

нагвинчують на шпильку, яка підлягає викручуванню. Далі на хомут встановлюють скобу 1. Під час загвинчування спеціального болта 2 скоба стискає хомут, унаслідок чого шпилька надійно фіксується в затискному елементі. Після цього, прикладаючи зусилля до скоби, створюють необхідний крутний момент і викручують шпильку. Після завершення операції болт 2 послаблюють, хомут розтискається, і шпильку можна вільно зняти з пристрою.

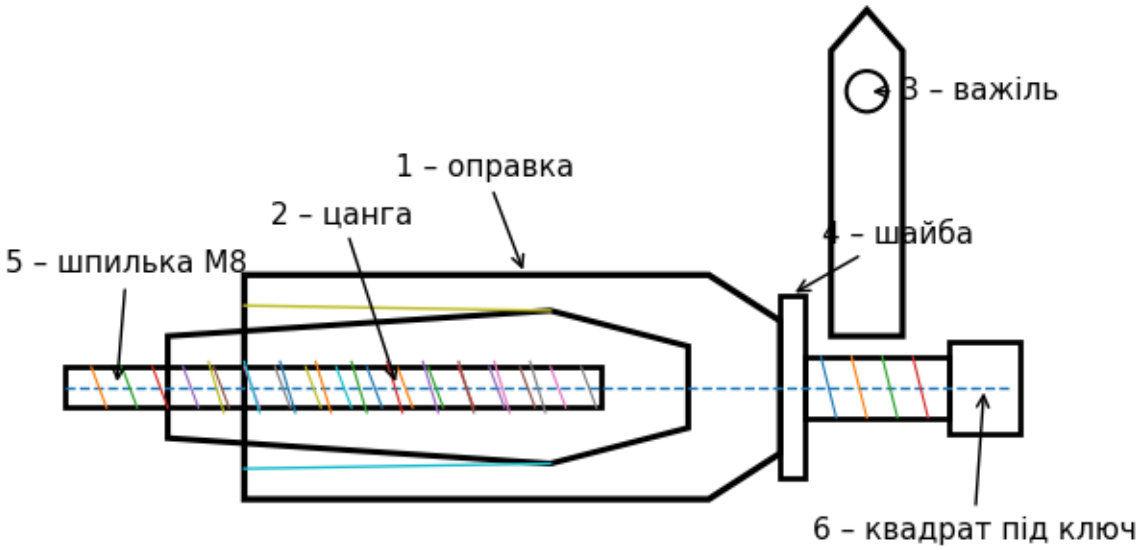

Рисунок 3.4 – Схема цангового пристрою для викручування шпильок.

Запропоновані конструкції дають змогу підвищити зручність демонтажу шпилькових з’єднань, особливо в умовах обмеженого осьового та радіального доступу. Завдяки простій будові, відсутності складних деталей і можливості виготовлення із поширених конструкційних матеріалів такі пристрої можуть бути виготовлені безпосередньо в умовах ремонтної майстерні. Це підвищує їх практичну цінність і робить доцільним застосування під час ремонту двигунів, трансмісій та інших агрегатів тракторної й автомобільної техніки.

3.5 Конструктивно-технологічний розрахунок

Для пристроїв хомутового типу характерним є передавання крутного моменту на шпильку через її різьбову частину. У такій конструкції робоче зусилля виникає внаслідок затискання шпильки хомутом, після чого обертальний момент передається за рахунок сил тертя, що діють на обох бічних поверхнях профілю різьби.

Механізм передавання крутного моменту від пристрою до шпильки

ґрунтується на взаємодії контактних поверхонь різьбового профілю. При цьому величина моменту залежить від сили затискання, коефіцієнта тертя, геометричних параметрів різьби та середнього діаметра її профілю. Для оцінювання цього процесу використовують відому розрахункову залежність:

$$F_t = f\,N,\ H \tag{3.1}$$

де F_t - сила тертя, що виникає внаслідок затискання пристрою стяжними болтами, Н;

N- реакція поверхні взаємодії, Н;

f - коефіцієнт тертя, f = 0,12 (сталь по сталі).

У розробленому пристрої передавання крутного моменту на шпильку забезпечується за рахунок сил тертя, які виникають у різьбовому з'єднанні під дією стяжних болтів.

Під час затягування стяжного болта до нього прикладається крутний момент $М_{кр1}$, значення якого перебуває в межах від допустимого $М_{доп}$до граничного $М_{гран}$. У результаті вздовж осі болта виникає стяжне зусилля Q, яке забезпечує обтиснення шпильки в затискному елементі пристрою. Величину цього зусилля визначають за розрахунковою залежністю:

$$Q = \frac{M_{kp1}}{0.5 \cdot d_2 \cdot tg\left(\beta + \rho'\right)},\ \text{Н} \tag{3.2}$$

де d_2 - середній діаметр різьби, м

(М8) – d_2= 7,188 мм d_2= 0,007188 м.

β- кут підйому гвинтової лінії, град

$$\beta = \frac{S}{\pi \cdot d_2} \tag{3.3}$$

де S - крок різьби, мм S = 1,25 мм

$$\beta = \frac{1.25}{3.14 \cdot 7.188} = 0.055$$

ρ' - приведений кут тертя,

$$\rho = arctg \cdot f' \tag{3.4.}$$

Тоді,

$$f'' = \frac{f}{\sqrt{1 - \cos^2 \cdot \beta + \cos^2 \cdot \beta \cdot \cos^2 \alpha / 2}} \tag{3.5}$$

де α - кут профілю різьби, град

$\alpha = 60°$ - для метричної різьби

Тоді, $f'' = \frac{0{,}12}{\sqrt{1-\cos^2 \cdot 0{,}055 + \cos^2 \cdot \beta \cdot 0{,}055^2 60/2}} = 0{,}128$

Тому, $\rho = arctg \cdot 0{,}128 = 7{,}29$

Після підстановки вихідних параметрів у залежність (3.2) одержуємо таке значення стяжного зусилля:

$$Q = \frac{40}{0.5 \cdot 0{,}00788 \cdot tg(0{,}055 + 7{,}29)} = 863{,}42H$$

Якщо прийняти, що стяжне зусилля Q розподіляється по контактній поверхні шпильки за нормальним законом, то характер його зміни можна подати у вигляді такої залежності:

$$N = \frac{Q}{\pi \cdot R \cdot h} \cdot K \text{ , Н} \qquad (3.6)$$

де R - радіус кола поперечного перерізу шпильки М 8, м

h - висота "хомута", м h = 16 мм

K — коефіцієнт узгодження одиниць вимірювання.

Після підстановки прийнятих вихідних даних у формулу (3.6) отримаємо:

$$N = \frac{863.42}{3.14 \cdot 0.033 \cdot 0.016} \cdot 0.5 = 13039.2H$$

Звідси, $F_, = 0{,}12 * 13039{,}2 = 1524{,}7$ Н

Крутний момент, який може бути реалізований запропонованим пристроєм за рахунок сил тертя в зоні контакту зі шпилькою, визначається як момент тертя і становить:

$$M_{тр} = F_t * l \qquad (3.7)$$

де l - плече дії сили тертя, м

Для шпильки типорозміру М8 приймаємо довжину робочої ділянки контакту $l = 0{,}035$м. Тоді величина моменту тертя, який може створити пристрій, становитиме:

$$M_{\text{тр}} = 1524{,}7 \cdot 0{,}035 = 53{,}36 \text{ Н\м.}$$

Отримане значення крутного моменту є достатнім для викручування шпильки М8, оскільки забезпечує необхідне зусилля для подолання опору різьбового з’єднання під час демонтажу.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту двигуна ЯМЗ-236

Ремонт двигуна ЯМЗ-236 належить до робіт підвищеної складності, оскільки передбачає виконання значної кількості операцій, пов’язаних із демонтажем важких деталей, очищенням забруднених поверхонь, дефектуванням, механічною обробкою, складанням та випробуванням агрегата. У процесі ремонту працівник контактує з металевими деталями значної маси, інструментом, мийними речовинами, мастильними матеріалами, паливною апаратурою та електрифікованим обладнанням. Тому питання безпеки життєдіяльності та охорони праці є важливою умовою якісного й безпечного виконання технологічного процесу.

На початковому етапі ремонту двигун знімають з транспортного засобу або доставляють на ремонтну дільницю. При цьому основну небезпеку становлять операції переміщення агрегата за допомогою талі, кран-балки або пересувного підіймального пристрою. Двигун ЯМЗ-236 має значну масу, тому неправильне стропування, використання несправних захватів або перебування працівника під піднятим вантажем може призвести до тяжких травм. Перед переміщенням необхідно перевірити справність вантажопідіймального обладнання, стан стропів, гаків і точок кріплення на двигуні.

Під час розбирання двигуна виникає небезпека травмування рук гострими кромками деталей, різьбовими частинами, інструментом, уламками прокладок і забрудненими поверхнями. Додаткову небезпеку становить самовільне зміщення або падіння окремих вузлів, зокрема головок циліндрів, колінчастого вала, маховика, піддона картера та навісного обладнання. Для зменшення ризику травм двигун необхідно надійно закріплювати на поворотному стенді, а демонтаж важких вузлів виконувати із застосуванням допоміжних пристроїв.

Одним із шкідливих факторів під час ремонту є контакт із залишками моторної оливи, дизельного палива, охолоджувальної рідини, нагару та продуктів зношування. Ці речовини можуть подразнювати шкіру, забруднювати

спецодяг, спричиняти неприємний запах у приміщенні та погіршувати санітарний стан робочого місця. Особливо це стосується операцій миття деталей, очищення масляних каналів, зняття фільтрів і демонтажу паливної апаратури. Працівник повинен користуватися захисними рукавицями, окулярами та спецодягом, а забруднені ганчірки й відпрацьовані рідини необхідно збирати у спеціально відведені ємності.

Під час миття деталей у мийній установці або ванні можуть утворюватися пари мийних розчинів, а також бризки рідини, що становлять небезпеку для очей і шкіри. Якщо очищення виконується із застосуванням стисненого повітря, з поверхні деталей можуть відлітати частинки бруду, нагару або залишки мийного розчину. Тому продування деталей необхідно виконувати в захисних окулярах, направляючи струмінь повітря від себе та інших працівників.

Під час дефектування основних деталей двигуна ЯМЗ-236 небезпеку становлять вимірювальні та контрольні операції, якщо вони виконуються на недостатньо очищених або нестійко закріплених деталях. Колінчастий вал, головки циліндрів, блок і гільзи необхідно розміщувати на надійних опорах, верстаках або спеціальних підставках. Недопустимо залишати важкі деталі на краю робочого столу, оскільки їх падіння може спричинити травми та пошкодження деталей.

Під час відновлення деталей, зокрема шліфування шийок колінчастого вала, ремонту посадкових місць, притирання клапанів або роботи з пресом, виникають механічні небезпеки. До них належать захоплення одягу обертовими частинами верстата, ураження частинками абразиву, порізи, защемлення пальців, підвищений шум і вібрація. Перед початком роботи необхідно перевірити справність захисних кожухів, кріплення деталі, стан інструменту та наявність місцевого освітлення. Роботу на верстатному або пресовому обладнанні повинен виконувати працівник, який має відповідну підготовку.

Під час складання двигуна основну небезпеку становлять операції встановлення гільз, колінчастого вала, поршнево-шатунної групи, головок циліндрів і навісного обладнання. Неправильне використання оправок, монтажних пристроїв або динамометричного ключа може призвести до пошкодження деталей або травмування працівника. Також небезпечним є

застосування випадкового інструменту, ударне встановлення деталей, перекіс під час запресування або використання надмірного зусилля.

Після складання двигуна проводять регулювання клапанного механізму, встановлення паливної апаратури та регулювання кута випередження впорскування палива. На цьому етапі необхідно враховувати небезпеку травмування під час прокручування колінчастого вала, потрапляння рук у зону рухомих деталей, а також контакт із дизельним паливом. Паливопроводи високого тиску повинні бути справними й надійно закріпленими, оскільки витік палива під тиском може бути небезпечним для шкіри та очей.

Особливе місце займає стендове випробування двигуна після ремонту. Під час роботи двигуна виникають шум, вібрація, підвищена температура деталей, рух повітря від вентилятора, небезпека контакту з обертовими елементами та відпрацьованими газами. Випробувальний стенд повинен бути обладнаний системою відведення вихлопних газів, захисними огородженнями, приладами контролю тиску оливи, температури охолоджувальної рідини, частоти обертання та герметичності систем. Працівник не повинен торкатися нагрітих деталей двигуна або наближатися до обертових частин під час роботи агрегата.

Ремонт двигуна ЯМЗ-236 супроводжується дією комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Найбільш характерними з них є механічні травми, дія мастильних і мийних матеріалів, підвищений шум, вібрація, небезпека під час переміщення важких вузлів, робота з електрифікованим обладнанням і небезпека під час стендового випробування. Усунення або зниження впливу цих факторів можливе лише за умови правильної організації робочого місця, застосування справного обладнання, використання засобів індивідуального захисту та дотримання технологічної дисципліни.

4.2 Заходи з охорони праці, пожежної безпеки та організації безпечних умов ремонту двигуна ЯМЗ-236

Для забезпечення безпечних умов ремонту двигуна ЯМЗ-236 необхідно передбачити комплекс організаційних і технічних заходів, які охоплюють підготовку робочого місця, справність обладнання, правильне використання

інструменту, дотримання вимог електробезпеки, пожежної безпеки та санітарно-гігієнічних норм. Роботи з ремонту двигуна повинні виконувати працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з технологічною послідовністю операцій і вміють безпечно користуватися ремонтним обладнанням[18].

Робоче місце ремонтника повинно бути чистим, достатньо освітленим і вільним від зайвих предметів [19]. Проходи між обладнанням, стендами, верстаками та мийними установками не допускається захаращувати деталями, тарою, інструментом або відпрацьованими матеріалами. Деталі двигуна необхідно розміщувати на стелажах, підставках або у спеціальних контейнерах. Важкі деталі, зокрема блок циліндрів, колінчастий вал і головки циліндрів, повинні зберігатися так, щоб виключити їх падіння або самовільне зміщення.

Перед початком розбирання двигун необхідно очистити від зовнішніх забруднень і надійно закріпити на поворотному стенді. Фіксатор стенда повинен справно утримувати двигун у заданому положенні. Поворот агрегата дозволяється виконувати лише після перевірки, що всі зняті деталі, інструмент і руки працівника знаходяться поза небезпечною зоною. Забороняється виконувати розбирання двигуна, який нестійко встановлений або не закріплений.

Під час роботи з вантажопідіймальним обладнанням необхідно перевіряти справність талі, кран-балки, гаків, стропів і захватів[17]. Підіймання двигуна виконують плавно, без ривків і перекосів. Працівникам забороняється перебувати під піднятим двигуном або переміщувати його над людьми. Для стропування слід використовувати тільки штатні точки кріплення або спеціальні траверси, які забезпечують рівномірний розподіл навантаження.

Під час миття деталей слід використовувати захисні рукавиці, окуляри та спецодяг. Мийна установка повинна бути обладнана кришкою, справною системою зливу та вентиляцією. Відпрацьовані мийні розчини, моторна олива, паливо і забруднені ганчірки не можна зливати або викидати у невстановлених місцях. Їх необхідно збирати в окрему тару для подальшої утилізації або передачі на спеціалізовану обробку.

Під час дефектування та вимірювання деталей необхідно користуватися справним вимірювальним інструментом. Мікрометри, нутроміри, індикатори,

щупи та динамометричні ключі повинні бути чистими, справними і зберігатися у відведених місцях. Вимірювання важких деталей слід проводити тільки після їх надійного встановлення на опорах або верстаку. Не допускається виконувати контроль деталей, які можуть зміститися або впасти.

Особливу увагу необхідно приділяти роботі з пресовим обладнанням. Перед запресуванням втулок, напрямних або інших деталей потрібно переконатися у правильності встановлення оправки та відсутності перекосу. Забороняється поправляти деталь руками у момент прикладання зусилля. Під час роботи преса працівник повинен перебувати збоку від напрямку можливого викиду деталі або оправки.

Під час шліфування або механічної обробки деталей необхідно застосовувати захисні окуляри, не працювати без захисних кожухів і не торкатися обертових частин верстата. Одяг працівника повинен бути застебнутий, без звисаючих кінців, які можуть потрапити в зону обертання. Після завершення обробки деталі необхідно очистити від абразивного пилу та металевих частинок.

Для безпечного складання двигуна потрібно застосовувати тільки справний інструмент і спеціальні пристрої. Установлення поршнів у гільзи виконують за допомогою оправки для стискання кілець, а затягування відповідальних з’єднань — динамометричним ключем. Забороняється використовувати подовжувачі, удари молотком по різьбових деталях або інструмент невідповідного розміру. Усі прокладки, ущільнення і кріпильні елементи перед монтажем повинні бути перевірені.

Електробезпека ремонтної дільниці забезпечується застосуванням справного електрообладнання, наявністю заземлення, цілою ізоляцією проводів і захистом від випадкового дотику до струмопровідних частин. Ручний електроінструмент необхідно оглядати перед використанням. Забороняється працювати з електроінструментом мокрими руками або у вологому середовищі без відповідного захисту.

Пожежна безпека під час ремонту двигуна ЯМЗ-236 має важливе значення через наявність дизельного палива, моторної оливи, мийних рідин і забруднених обтиральних матеріалів. На дільниці повинні бути вогнегасники, ящик із піском,

пожежний інвентар і вільний доступ до евакуаційних проходів. Забороняється зберігати паливо у відкритій тарі, виконувати зварювальні або нагрівальні роботи поблизу легкозаймистих матеріалів, а також залишати промаслені ганчірки на робочому місці.

Під час стендового випробування двигуна необхідно перевірити надійність кріплення агрегата на стенді, під'єднання систем охолодження, мащення, живлення та відведення відпрацьованих газів. Перед запуском слід переконатися у відсутності сторонніх предметів на двигуні, справності контрольно-вимірювальних приладів і захисних огороджень. Під час роботи двигуна забороняється торкатися рухомих і нагрітих деталей, підтягувати кріплення або усувати несправності без зупинки агрегата.

Для захисту працівників необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисні рукавиці, окуляри, взуття з неслизькою підошвою, а під час шумних робіт — протишумові навушники або вкладиші. Після роботи з паливом, мастилами та мийними рідинами необхідно мити руки спеціальними мийними засобами, не використовувати для очищення шкіри бензин або дизельне паливо.

У разі виникнення аварійної ситуації, наприклад витоку палива, падіння деталі, загоряння, травмування працівника або несправності випробувального стенда, роботи потрібно негайно припинити. Двигун або обладнання слід вимкнути, небезпечну зону огородити, повідомити відповідальну особу та надати першу домедичну допомогу потерпілому. Подальше виконання робіт дозволяється лише після усунення причини небезпечної ситуації.

Безпечне виконання ремонту двигуна ЯМЗ-236 можливе за умови правильного вибору обладнання, дотримання технологічної послідовності, використання засобів індивідуального захисту, підтримання чистоти робочого місця та виконання вимог пожежної й електричної безпеки. Дотримання цих заходів знижує ризик травмування працівників, запобігає аварійним ситуаціям і забезпечує якісне виконання ремонтних робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У загально-технічному розділі проаналізовано конструкцію двигуна ЯМЗ-236, зокрема кривошипно-шатунний і газорозподільний механізми, системи мащення, охолодження, живлення та пуску. Автор правильно показує взаємозв'язок між технічним станом цих систем і експлуатаційними показниками двигуна: потужністю, компресією, витратою палива й оливи, температурним режимом і загальним ресурсом агрегата. Також у роботі розглянуто характерні несправності двигуна: зниження компресії, підвищену витрату оливи, перегрівання, падіння тиску в системі мащення, стуки в механізмах та несправності паливної апаратури. Це створює достатню технічну основу для подальшого формування ремонтного процесу.

Технологічний розділ є основною частиною роботи. У ньому послідовно розроблено процес розбирання двигуна, миття деталей, дефектування, відновлення основних елементів, комплектування, складання, регулювання та випробування. Позитивним є те, що ремонт двигуна подано не як окремі операції, а як цілісну маршрутну технологію. Окрему увагу приділено дефектуванню блока циліндрів, гільз, поршнів, шатунів, колінчастого і розподільного валів, головок циліндрів, клапанів та підшипників. Для цих деталей визначено характерні дефекти й методи контролю: візуальний огляд, вимірювання, перевірку площинності, овальності, конусності, биття, герметичності та стану посадкових поверхонь.

До практично цінних результатів роботи належить опис способів відновлення основних деталей двигуна ЯМЗ-236. У роботі розглянуто шліфування шийок колінчастого вала під ремонтний розмір, заміну гільз, ремонт головок циліндрів, обробку сідел, притирання клапанів, відновлення посадкових місць і заміну непридатних деталей. Такий підхід відповідає реальній ремонтній практиці, оскільки дозволяє не лише замінювати зношені елементи, а й відновлювати ресурс придатних деталей із дотриманням технічних вимог.

Позитивно слід оцінити підбір обладнання, пристроїв та інструменту для ремонту двигуна. У роботі передбачено використання поворотного стенда для розбирання і складання двигуна, мийної установки, пристрою для демонтажу

гільз, гідравлічного преса, вимірювального інструменту, динамометричних ключів і стенда для випробування двигуна після ремонту. Це свідчить про практичну спрямованість роботи та орієнтацію на реальні умови ремонтної дільниці.

У роботі виконано розрахунок трудомісткості ремонтних робіт. За результатами розрахунків повна трудомісткість ремонту одного двигуна ЯМЗ-236 становить 73,6 люд·год, а для виконання робіт у прийнятий термін доцільно залучити трьох виконавців. Це дозволяє оцінити не лише технологічну, а й організаційну сторону ремонту, зокрема потребу в робочій силі та розподіл операцій між працівниками.

Конструкторський розділ логічно доповнює технологічну частину, оскільки спрямований на підвищення зручності виконання ремонтних операцій, пов’язаних із різьбовими з’єднаннями. Це є важливим для ремонту двигунів, де демонтаж шпильок, болтів і кріпильних елементів часто ускладнюється корозією, забрудненням або тривалою експлуатацією агрегата.

Розділ з безпеки життєдіяльності та охорони праці охоплює основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори, що виникають під час ремонту двигуна: переміщення важких вузлів, роботу з мийними речовинами, мастилами, паливом, пресовим обладнанням, електроінструментом і випробувальним стендом. У роботі наведено заходи щодо організації безпечного робочого місця, використання засобів індивідуального захисту, дотримання вимог пожежної та електричної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.

2. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мастикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навчальний посібник. Львів : Афіша, 2004. 492 с.

3. Маркович С. І., Бевз О. В. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навчальний посібник. Кропивницький : ЦНТУ, 2022.

4. Гащук П. М. Автомобільні двигуни : навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2014. 320 с.

5. Двигуни внутрішнього згоряння: теорія, конструкція та експлуатація : навчальний посібник / за ред. А. П. Марченка. Харків : НТУ «ХПІ», 2011. 384 с.

6. Відновлення працездатності двигунів ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238. Пропозиція. URL: https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya/vidnovlennya-pratsezdatnosti-dvyhuniv-yamz-236-i-yamz-238

7. Капітальний ремонт двигунів ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-240. Fedorenko.com.ua. URL: https://fedorenko.com.ua/kapitalnyj-remont-dvigatelej-jamz-236-i-jamz-238

8. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258.

9. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11.

10. Mathematical modelling of hybrid powertrain systems for improved energy efficiency. O. Lyashuk, V. Aulin, R. Rohatynskyi, I. Gevko, A. Hupka, D. Mironov, V.

Martyniuk, A. Lutsyk, N. Denysiuk. - COMMUNICATIONS, 2025. - Vol. 27, № 2, P. 36-52.

11. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). C 93-103.

12. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

13. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

14. Ляшук О.Л., Рогатинський Р.М., Гевко Ів.Б., Хорошун Р.В., Кашканова Г.Г., Антонюк О.П. Модель проходження повороту автомобілем. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця, 2023. Випуск №2(18) І. С. 87-93.

15. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

16. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП: Підручник. – / [І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, І.В. Луциків, У.М. Плекан, В.М. Клендій].Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021. - 264 с.

17. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. Київ, 2018.

18. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. Київ, 2012.

19. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018.