МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів з розробкою оснащення для розбирально-збиральних операцій»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-з-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
_Пономар Сергій Вікторович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник:к.т.н., доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Пономару Сергію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів з розробкою оснащення для розбирально-збиральних операцій»

керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович,к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/130
2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту: призначення і коротка технічна характеристика об'єкта ремонту; конструктивно-технологічна характеристика, аналіз умов роботи масляного насоса та характеристика дефектів корпусу масляного насоса
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.
5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниці; Карта розподілу дефектів за маршрутами; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Технологічні основи ремонту (відновлення) конструктивних елементів машин	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент _____ Пономар С.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Петриченко Є.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН 6

1.1 Призначення і коротка технічна характеристика об'єкта ремонту 6

1.2 Конструктивно-технологічна характеристика, аналіз умов роботи масляного насоса та характеристика дефектів корпусу масляного насоса 8

1.3 Аналіз умов роботи сполучень і можливі дефекти деталей 9

1.4 Обґрунтування необхідності удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів 13

1.5 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи 15

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ 17

2.1 Розробка схеми розбирання (складання) складальної одиниці 17

2.2 Технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниці 18

2.3 Карта розподілу дефектів за маршрутами 19

2.4 Оформлення ремонтного креслення деталі 22

2.5 Технологічна документація процесу відновлення деталі (комплект) 23

2.6 Призначення і будова технологічного оснащення, що проєктується 26

2.7 Розрахунок діючих сил і побудова кінематичної схеми технологічного оснащення 28

2.8 Інженерне обґрунтування та розрахунок конструктивних елементів технологічного оснащення 30

2.9 Вимоги до експлуатації технологічного оснащення 31

3 ОХОРОНА ПРАЦІ 33

3.1 Загальні вимоги охорони праці під час ремонту системи мащення дизельних двигунів 33

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів 33

3.3 Вимоги безпеки до розробленого оснащення для розбирально-збиральних операцій 34

3.4 Безпека під час розбирання та складання елементів системи мащення 35

3.5 Вимоги до виробничого приміщення, мікроклімату, вентиляції та освітлення 36

3.6 Електробезпека та безпечна експлуатація обладнання 37

3.7 Засоби індивідуального захисту 37

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... 39
4.1 Визначення економічної ефективності відновлення корпусу 39
ВИСНОВОК..... 42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 43

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

1.1 Призначення і коротка технічна характеристика об'єкта ремонту

Двигун ЯМЗ-236 (рис. 1.1) є дизельним силовим агрегатом V-подібної шестициліндрової компоновки, який набув широкого поширення завдяки високій надійності, довговічності та універсальності застосування. Упродовж тривалого часу він використовується на вантажних автомобілях, тракторах, зернозбиральних комбайнах та різноманітній спеціальній техніці. Двигуни цього типу встановлюють на машини марок МАЗ, КрАЗ, Урал, ЗІЛ, трактори К-700, а також на всюдихідні та інші спеціалізовані транспортні засоби. Серія ЯМЗ-236 включає значну кількість модифікацій, що відрізняються технічними характеристиками, зокрема потужністю.



Рисунок 1.1 – Двигун ЯМЗ-236

Двигун ЯМЗ-236 відзначається достатньо високою потужністю, надійністю в роботі, ремонтопридатністю, відносною простотою технічного обслуговування, а також доступністю запасних частин. Значний ресурс і зручність виконання ремонтних операцій забезпечили цьому двигуну тривалий строк експлуатації та широке застосування в різних галузях. Важливою особливістю є те, що виробництво двигунів серії ЯМЗ-236 триває і сьогодні.

Двигун має досить високі технічні показники. Він оснащений шістьма циліндрами, розташованими V-подібно під кутом 90°. Паливо подається безпосередньо в циліндри, тобто застосовується пряме впорскування. Ступінь стиску двигуна становить 16,5. Діаметр поршня у базовому виконанні дорівнює 130 мм, а у ремонтному

варіанті — 140 мм, при ході поршня 140 мм. На двигуні встановлено паливний насос високого тиску механічного типу та форсунки, які забезпечують подачу палива до кожного циліндра. Кожна головка блока циліндрів має по шість клапанів — три впускні та три випускні. Система охолодження є рідинною, з примусовою циркуляцією, що здійснюється водяним насосом. Привід насоса виконується ременем від шківа колінчастого вала.

Робочий об’єм двигуна ЯМЗ-236 становить близько 11 л, а потужність залежно від модифікації змінюється в межах 150–420 к. с. У пізніших виконаннях вона була збільшена до 500 к. с. До 2010 року основний блок двигуна виготовлявся з чавуну, після чого було прийнято рішення перейти на застосування алюмінієвих елементів, зокрема для головок блока циліндрів. Це дало змогу спростити ремонтні операції та підвищити точність обробки циліндрів, не погіршуючи міцності основних вузлів двигуна.

Конструкція ЯМЗ-236 є порівняно простою, що позитивно впливає на зручність його технічного обслуговування та ремонту. Регулювальні операції на цьому двигуні виконуються переважно вручну і потребують використання спеціального інструменту. До основних належать регулювання клапанного механізму за допомогою спеціального щупа, балансування зчеплення на відповідному стенді та регулювання подачі палива паливним насосом високого тиску. Проведення таких робіт вимагає належної кваліфікації та спеціального оснащення.

Технічне обслуговування двигуна ЯМЗ-236 включає низку обов’язкових операцій. До них належать заміна моторної оливи, для якої зазвичай рекомендують використовувати мастильні матеріали типу М10Г2К для дизельних двигунів, заміна фільтрувальних елементів, регулювання паливної апаратури, заміна прокладок клапанних кришок і головки блока циліндрів, а також підтягування або заміна приводних ременів. Інші роботи виконуються вже в межах поточного або планового ремонту.

Ремонт двигуна ЯМЗ-236 проводиться кваліфікованими спеціалістами в умовах спеціалізованих майстерень, оскільки потребує застосування спеціального обладнання, стендів та інструменту. Для цього використовують стенди для розбирання і складання двигуна та його вузлів, балансувальне, регулювальне і випробувальне обладнання, а також розточувально-хонінгувальні, шліфувальні, токарні та фрезерні верстати, стенди для перевірки форсунок, преси для монтажу підшипників і сальників та інше спеціальне

оснащення.

Процес ремонту двигуна здійснюється поетапно. Спочатку виконують його розбирання із застосуванням спеціального інструменту, після чого проводять діагностування технічного стану деталей та визначають перелік елементів, що підлягають заміні або відновленню. Далі виконують обробку колінчастого вала та блока циліндрів, миття деталей і вузлів, а потім — остаточне складання двигуна. Тривалість розбирання, підготовки деталей та складання залежить від складності несправностей, однак загалом цей процес є досить трудомістким і вимагає високого рівня організації ремонтних робіт.

1.2 Конструктивно-технологічна характеристика, аналіз умов роботи масляного насоса та характеристика дефектів корпусу масляного насоса

Масляний насос (рис. 1.2), установлений на двигуні ЯМЗ-236, є двосекційним і складається з нагнітальної та радіаторної секцій, кожна з яких має пару циліндричних прямозубих шестерень. Шестерні нагнітальної секції довжиною 55 мм виготовляються зі сталі 40Х з наступною термічною обробкою. Нагнітальна секція подає оливу в систему мащення двигуна, а радіаторна забезпечує її циркуляцію через оливний радіатор. Продуктивність нагнітальної секції становить 140 л/хв, а радіаторної — 25 л/хв.

Насос кріпиться до кришки переднього корінного підшипника шпильками та фіксується штифтами. У процесі роботи він зазнає значних навантажень і працює в умовах інтенсивного тертя, що спричиняє появу характерних дефектів. Найчастіше спостерігається зниження продуктивності через спрацювання ущільнень або деталей насоса. У ремонті замінюють пошкоджені ущільнювальні елементи та виконують стендові випробування. Якщо насос відповідає технічним вимогам, подальший ремонт не проводять. Типовими дефектами є зношування корпусних колодязів, торців шестерень, зубів, цапф, втулок, а також поява тріщин і сколів на елементах корпусу та кришки.

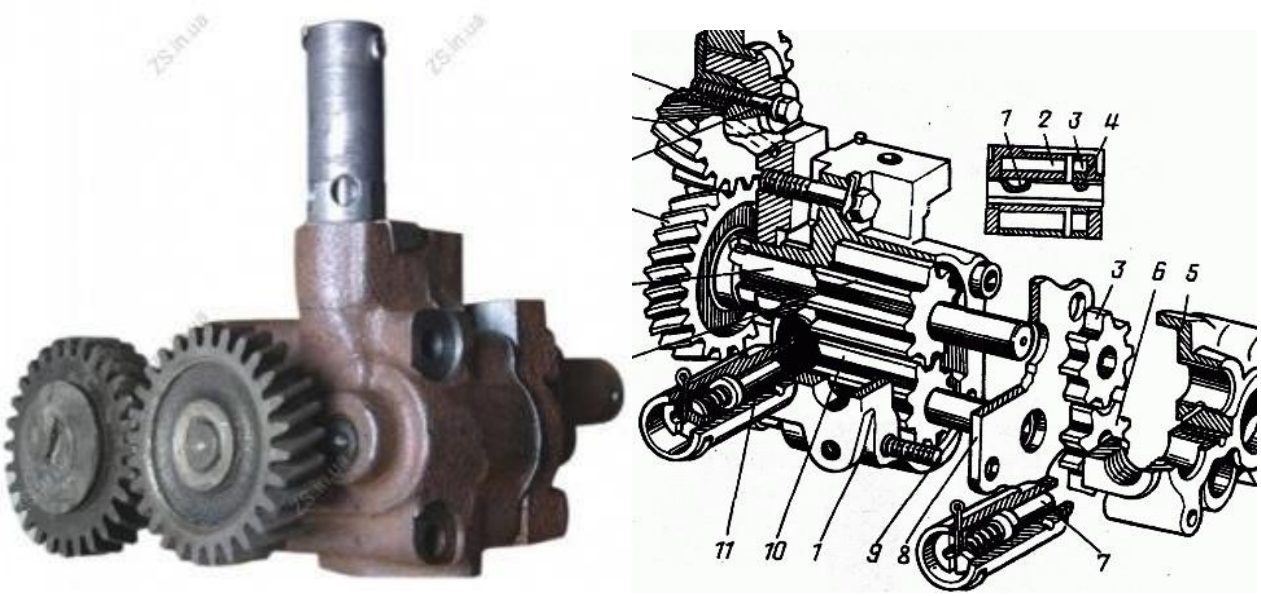


Рисунок 1.2 – Масляний насос 236-1011014-В3

Для корпусу масляного насоса характерними дефектами є тріщини, злами, пошкодження різьбових отворів, спрацювання торцевих і бічних поверхонь гнізд під шестерні, зношування валика веденої шестерні під втулку, а також знос отвору корпусу під валик веденої шестерні.

З усього переліку зазначених дефектів доцільно усувати лише ті, що пов’язані зі спрацюванням торцевої поверхні гнізд під шестерні, зношуванням отвору корпусу під валик веденої шестерні та пошкодженням різьби отворів. У разі виявлення інших дефектів корпус насоса вважається непридатним до подальшого використання і підлягає вибраковуванню.

1.3 Аналіз умов роботи сполучень і можливі дефекти деталей

За умови використання якісної картерної оливи та справної роботи манометра причинами зниження тиску в системі мащення можуть бути різні несправності масляного насоса та його елементів [1–6]. Розглянемо основні з них і причини їх виникнення.

Для наочного узагальнення основних причин зміни тиску оливи в системі мащення доцільно подати їх у вигляді структурної схеми, наведеної на рисунку 1.3.

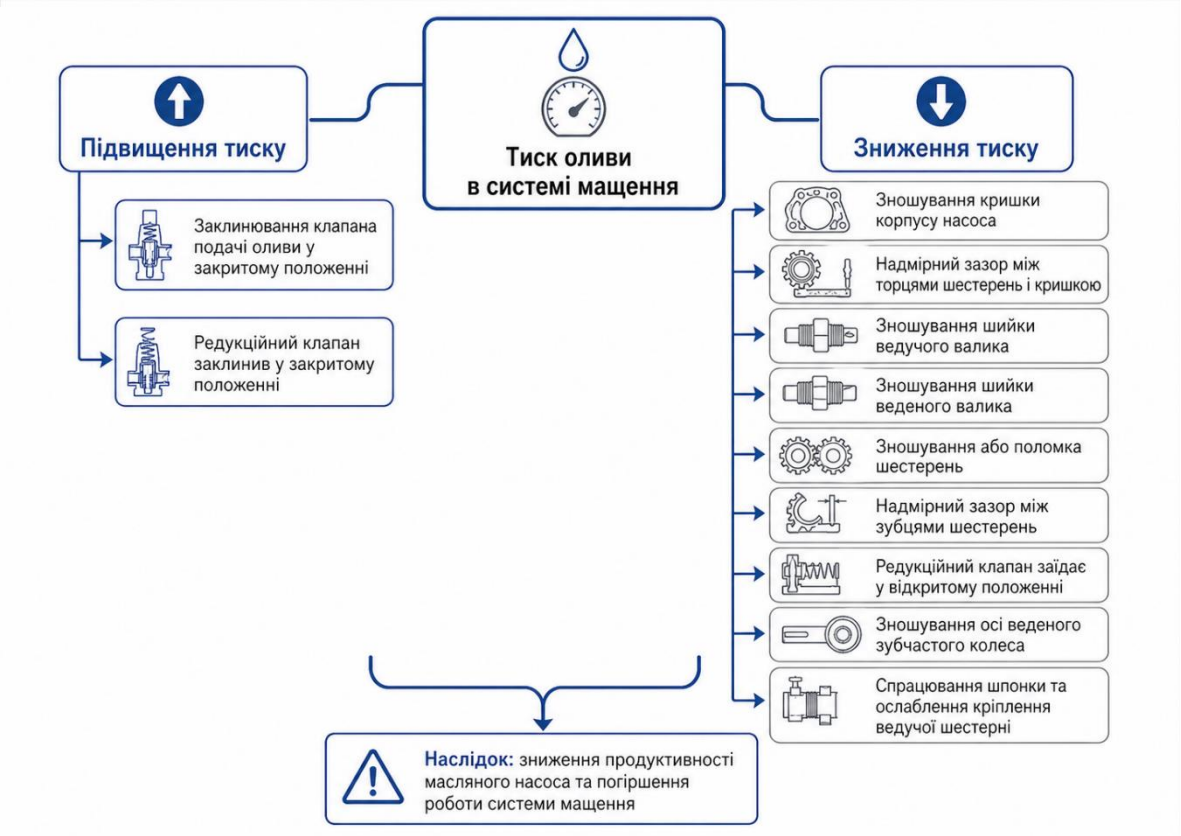


Рисунок 1.3 – Основні причини зміни тиску оливи в системі мащення

Підвищення тиску оливи в системі може бути наслідком заклинювання клапана подачі оливи у закритому положенні. Водночас повна відсутність тиску, зафіксована датчиком, може свідчити про вихід з ладу масляного насоса, хоча для підтвердження цього необхідно додатково перевірити справність самого датчика.

Однією з причин зниження тиску в системі є зношування кришки корпусу насоса. Якщо зазор між торцями шестерень і кришкою перевищує допустиме значення, це призводить до зменшення подачі оливи та відповідного падіння тиску. Аналогічно на роботу насоса впливає зношування шийки ведучого валика та шийки веденого валика: у результаті зменшення їх діаметрів у процесі роботи тиск оливи також знижується.

Конструктивне розташування основних елементів шестеренного масляного насоса, а також ділянки, які найбільше впливають на стабільність тиску оливи, показано на рисунку 1.4.

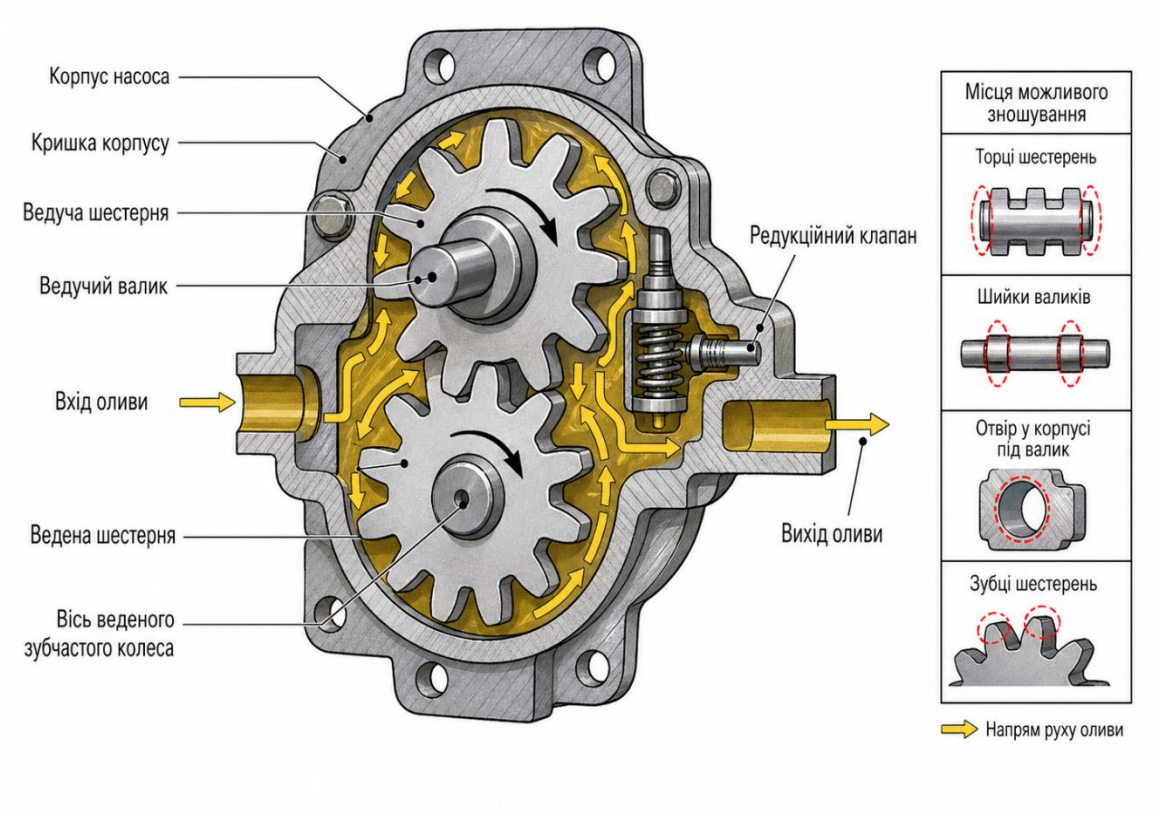


Рисунок 1.4 – Схема масляного насоса та основні елементи, що впливають на тиск оливи

Ще однією поширеною причиною є зношування або поломка шестерень. У процесі тривалої експлуатації зубці шестерень спрацьовуються, між ними утворюється надмірний зазор, що негативно позначається на продуктивності насоса та викликає зниження тиску в системі мащення.

На роботу системи істотно впливає і технічний стан редукційного клапана. Якщо він заклинює в закритому положенні, тиск оливи в системі підвищується. Якщо ж клапан заїдає у відкритому положенні, це, навпаки, спричиняє падіння тиску.

До причин зниження тиску також належать зношування осі веденого зубчастого колеса, унаслідок чого між колесом і віссю виникає надмірний зазор, а також спрацювання шпонки, що призводить до ослаблення кріплення ведучої шестерні на валу. У результаті цього продуктивність насоса погіршується, а тиск оливи в системі зменшується.

Вплив справного та зношеного стану деталей насоса на подачу оливи і тиск у системі мащення наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Вплив зношування деталей насоса на продуктивність і тиск оливи

Саме тому масляний насос, знятий із двигуна, насамперед перевіряють на продуктивність, виявляють і усувають несправності редукційного клапана, і лише після цього приймають рішення щодо необхідності його розбирання та ремонту. При цьому керуються встановленими технічними умовами, згідно з якими допускається зниження продуктивності масляного насоса не більше ніж на 10–12 % від номінального значення.

Послідовність перевірки, діагностування та дефектування масляного насоса доцільно подати у вигляді блок-схеми, наведеної на рисунку 1.6.

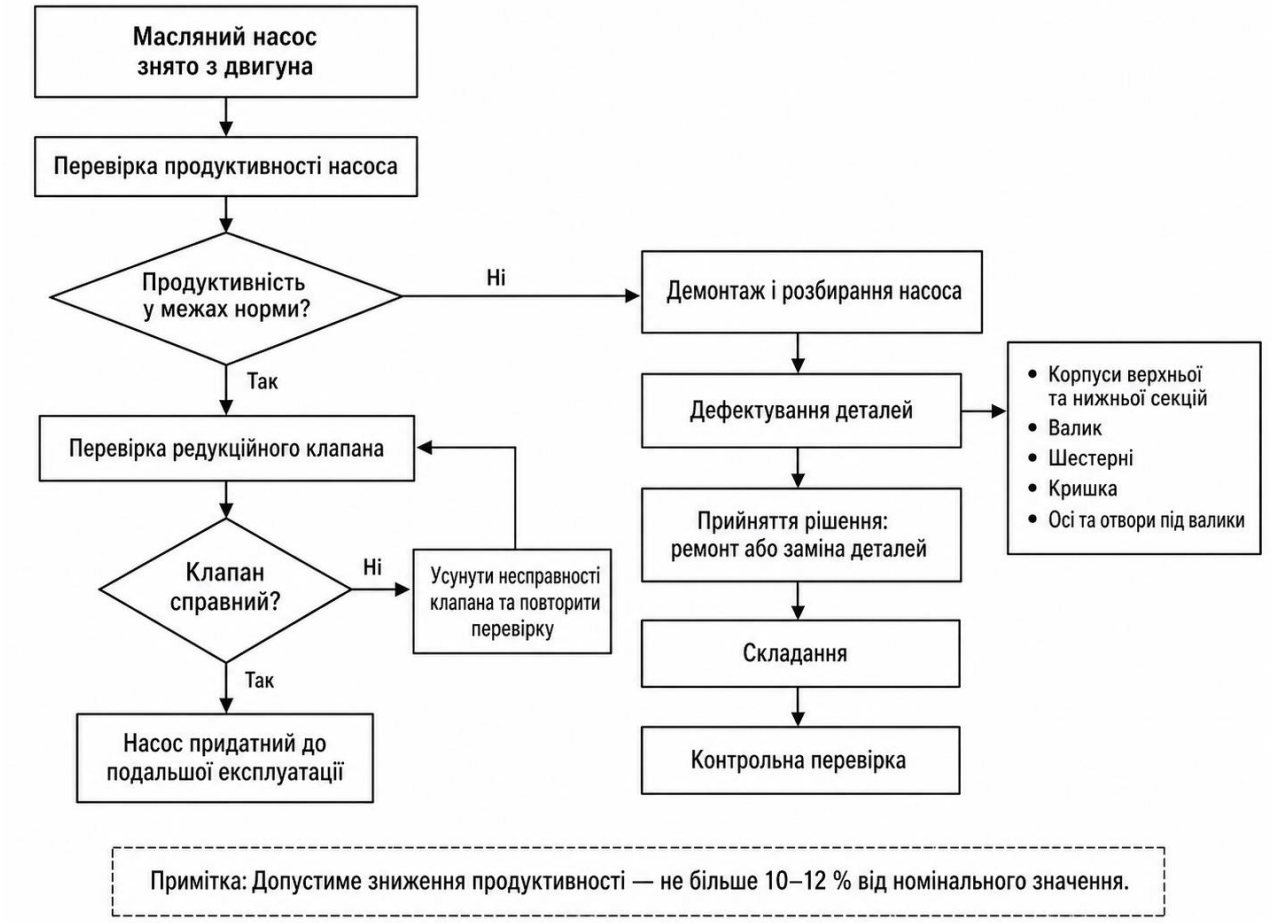


Рисунок 1.6 – Послідовність діагностування та дефектування масляного насоса

Після тривалої експлуатації двигуна або у випадку недостатньої продуктивності масляний насос демонтують, розбирають і піддають дефектуванню. Деталі насоса, зокрема корпуси верхньої та нижньої секцій, валик, шестерні та інші елементи, можуть мати різні дефекти, перелік яких встановлюється технічними умовами на ремонт насосів відповідних моделей.

За результатами дефектування приймають рішення щодо подальшого використання деталей: придатні елементи залишають для повторного встановлення, деталі з допустимим спрацюванням направляють на відновлення, а елементи з тріщинами, значними деформаціями або критичним зношуванням вибраковують. Такий підхід забезпечує раціональне використання ремонтного фонду, підвищує якість ремонту та зменшує ймовірність повторної відмови масляного насоса під час експлуатації двигуна.

1.4 Обґрунтування необхідності удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів

Система мащення дизельного двигуна належить до основних функціональних

систем, від справності якої залежить довговічність кривошипно-шатунного механізму, газорозподільного механізму, підшипникових вузлів, циліндро-поршневої групи та інших деталей, що працюють в умовах інтенсивного тертя. Основним її завданням є безперервне подавання моторної оливи до поверхонь тертя, зменшення зношування, відведення теплоти, видалення продуктів спрацювання та часткове ущільнення спряжень. У дизельних двигунах, зокрема типу ЯМЗ-236, навантаження на систему мащення є підвищеним через значний тиск згоряння, високі температурні режими та тривалу роботу двигуна під змінним навантаженням [1, 2].

Надійність системи мащення значною мірою визначається технічним станом масляного насоса, фільтрів, редукційного клапана, масляних каналів, ущільнювальних елементів та якості застосованої моторної оливи. У процесі експлуатації можливе зменшення подачі насоса, падіння тиску оливи, засмічення фільтрувальних елементів, спрацювання шестерень і корпусних поверхонь насоса, а також порушення герметичності з’єднань. Такі несправності призводять до погіршення умов мащення, підвищення температури деталей, прискореного зношування підшипників колінчастого вала, задирів на поверхнях тертя та зниження загального ресурсу двигуна [2, 3].

Особливо відповідальним вузлом системи мащення є масляний насос. Для двигуна ЯМЗ-236 застосовується шестеренний насос, який забезпечує примусову циркуляцію оливи в системі. Під час тривалої роботи його деталі зазнають абразивного та втомного спрацювання. Найбільш характерними дефектами є зношування торцевих і бічних поверхонь гнізд під шестерні, спрацювання отворів під валики, пошкодження різьбових отворів, зношування цапф і шестерень, а також зменшення герметичності робочих порожнин. Унаслідок цього збільшуються внутрішні витоки оливи, знижується об’ємна подача насоса і погіршується стабільність тиску в системі мащення [1, 4].

Традиційна технологія ремонту системи мащення часто передбачає розбирання вузлів із використанням універсального слюсарного інструменту. Проте такий підхід не завжди забезпечує необхідну точність, продуктивність і безпечність виконання розбирально-збиральних операцій. Під час демонтажу шестерень, втулок, валиків, кришок, ущільнювальних елементів та різьбових з’єднань існує ризик пошкодження посадкових поверхонь, перекосу деталей, порушення геометрії корпусу або травмування працівника. Тому актуальним є використання спеціального оснащення, яке дає змогу зафіксувати вузол у правильному положенні, рівномірно прикладати зусилля

та зменшити вплив людського фактора [5, 6].

Удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів доцільно здійснювати за такими напрямами: впровадження раціональної послідовності розбирання і складання вузлів; застосування спеціальних пристроїв для фіксації корпусу масляного насоса; використання оправок, знімачів, напрямних і пресового оснащення; удосконалення операцій дефектування; контроль зазорів у спряженнях; перевірка продуктивності насоса після ремонту на стенді. Такі заходи сприяють підвищенню якості ремонту, зменшенню трудомісткості операцій та поліпшенню умов праці ремонтного персоналу [5, 7].

Розроблення оснащення для розбирально-збиральних операцій має важливе практичне значення. Пристрій повинен забезпечувати надійне закріплення корпусу або вузла, виключати самовільне зміщення деталей, забезпечувати зручний доступ до кріпильних елементів і не створювати додаткових небезпечних зон для працівника. Конструкція пристрою має бути простою, ремонтопридатною, придатною для виготовлення в умовах ремонтної майстерні та відповідати вимогам безпечності машин і виробничого обладнання [6, 8].

Отже, удосконалення технології ремонту системи мащення дизельних двигунів із розробкою спеціального оснащення є технічно обґрунтованим. Воно дає змогу підвищити точність виконання операцій, зменшити ризик пошкодження деталей, скоротити час розбирання і складання, підвищити безпеку праці та забезпечити стабільніші показники роботи масляного насоса після ремонту.

1.5 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи

Однією з відповідальних деталей, від технічного стану якої значною мірою залежить ресурс роботи масляного насоса 236-1011014-В3, є корпус основної секції 236-1011015-5.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення довговічності масляного насоса двигуна ЯМЗ-236 за рахунок удосконалення технології його ремонту.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розроблення технологічної документації на розбирання масляного насоса, проведення дефектування та відновлення корпусу основної секції із забезпеченням високих показників якості, ефективності ремонту та економічної доцільності.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка схеми розбирання (складання) складальної одиниці

Для побудови схеми розбирання і складання заданої складальної одиниці насамперед необхідно ґрунтовно вивчити її конструктивну будову за складальним кресленням, специфікацією та, за наявності, технічним описом вузла. Такий аналіз дає змогу встановити склад елементів, їх взаємне розташування, способи з’єднання між собою, характер посадок, а також визначити базову деталь, відносно якої здійснюється монтаж або демонтаж інших складових. Одночасно слід враховувати типові технологічні прийоми і ремонтні операції, які застосовуються у практиці ремонтного виробництва, оскільки саме вони визначають раціональну послідовність виконання робіт, вибір інструменту, оснащення та організацію робочого місця [1–6].

Схема розбирання (складання) є одним із основних початкових документів, на підставі яких у подальшому розробляють технологічний процес ремонту вузла. Її значення полягає в тому, що вона дозволяє не лише встановити правильний порядок зняття та встановлення деталей, а й слугує практичним орієнтиром для майстра або слюсаря під час виконання робіт у ремонтній майстерні. У багатьох випадках така схема використовується як окремий технологічний документ, що суттєво полегшує організацію розбирально-складальних операцій, зменшує ймовірність помилок і сприяє підвищенню якості ремонту.

Особливістю схеми є її наочність і логічна послідовність. Вона відображає, які деталі можуть бути демонтовані лише після зняття інших елементів, а які допускають незалежне або паралельне виконання операцій. Саме це дає змогу оцінити трудомісткість окремих етапів роботи, обґрунтовано визначити кількість необхідних робочих місць, розподілити операції між виконавцями та забезпечити більш раціональну організацію ремонтного процесу. Якщо складальна одиниця має велику кількість деталей і складні внутрішні зв’язки між ними, наявність такої схеми набуває особливо важливого значення.

Під час складання схеми необхідно враховувати не лише конструкцію вузла, а й технологічні вимоги до безпечного та зручного виконання робіт. Послідовність демонтажу повинна виключати можливість пошкодження справних деталей, деформації з’єднань, втрати дрібних елементів кріплення або порушення взаємного розташування деталей, які надалі мають бути правильно встановлені під час складання. Тому на

практиці спочатку, як правило, знімають захисні та кріпильні елементи, кришки, стопорні деталі, після чого переходять до демонтажу основних робочих частин вузла.

Послідовність розбирання і зворотного складання безпосередньо визначається конструктивними особливостями складальної одиниці, характером з'єднань та доступністю окремих деталей. Усі операції мають виконуватися у строго визначеному порядку, оскільки відхилення від нього може ускладнити процес ремонту, викликати пошкодження окремих елементів або призвести до порушення точності складання. При цьому складання відремонтованого вузла, як правило, здійснюють у послідовності, оберненій до розбирання, з обов'язковим контролем правильності встановлення деталей, надійності кріплення та відповідності вузла технічним вимогам.

2.2 Технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниці

Під час розроблення технологічного процесу розбирання та подальшого складання складальної одиниці в межах кваліфікаційної роботи необхідно передбачити підготовку повного комплекту основної технологічної документації. Така документація є обов'язковою складовою технологічного проєктування, оскільки саме вона встановлює порядок виконання операцій, визначає зміст робіт, застосовуване оснащення та забезпечує єдиний підхід до організації ремонтного процесу.

До складу обов'язкового комплекту технологічних документів, як правило, включають титульний аркуш, відомість технологічних документів, карту ескізів, маршрутну карту, а також відомість оснащення. Кожен із зазначених документів виконує окрему функцію та має важливе значення для належного оформлення і практичного використання розробленого технологічного процесу.

Титульний аркуш є першим документом комплекту і містить загальні відомості про технологічний процес, найменування складальної одиниці, вид робіт, позначення документа, а також дані про виконавця та перевірку. Він забезпечує ідентифікацію розробленої документації та її належне оформлення відповідно до встановлених вимог.

Відомість технологічних документів призначена для систематизації всіх документів, що входять до складу технологічного процесу. У ній наводять перелік розроблених карт, ескізів, відомостей та інших матеріалів, що дає змогу впорядкувати документацію і забезпечити зручність її використання у виробничих умовах або в процесі навчального проєктування.

Карта ескізів є важливою графічною частиною технологічної документації. Вона містить необхідні зображення складальної одиниці, окремих деталей або проміжних положень вузла під час виконання розбирально-складальних операцій. За допомогою ескізів уточнюють порядок демонтажу і монтажу елементів, показують місця прикладання зусиль, особливості встановлення окремих деталей, а також положення вузла під час виконання конкретних операцій. Це сприяє кращому розумінню технологічного процесу та зменшує ймовірність помилок.

Маршрутна карта є основним документом, у якому відображається послідовність виконання всіх операцій розбирання та складання. У ній зазначають найменування операцій, зміст переходів, робочі місця, використовуване обладнання, пристрої, інструменти та інші необхідні відомості. Саме маршрутна карта визначає логіку побудови технологічного процесу і є основою для практичної організації робіт у ремонтній майстерні.

Відомість оснащення служить для визначення переліку технологічного обладнання, пристроїв, інструментів, контрольно-вимірювальних засобів і допоміжного оснащення, необхідних для виконання розбирання та складання складальної одиниці. Її складання дає можливість завчасно підготувати все потрібне для роботи, підвищити продуктивність праці та забезпечити належну якість виконання технологічних операцій.

2.3 Карта розподілу дефектів за маршрутами

Таблиця 2.1 – Перелік основних дефектів корпусу

№ п/п деф.	Найменування дефекту	№маршруту тапоєдн. деф.	
		I	II
1	Зношування різьблення отворів до розміру більше ø8,5 мм	1	-
2	Зношування торцевої поверхні гнізд під шестерні до розміру більше ø36,16 мм	2	+
3	Зношування поверхні отвору корпусу під валик веденої шестерні до розміру більше ø19,98	3	-

Таблиця 2.2 – План виконання операцій з відновлення деталі

Для розроблення технології відновлення приймаємо такі вихідні дані щодо деталі:

– деталь — корпус масляного насоса;

– каталожний номер — 236-1011018-Р;

– матеріал — сірий чавун марки СЧ-15 відповідно до ДСТУ 8833:2019;

– маса — 2,8 кг.

№ операції	Найменування, операції, спосіб встановлення обладнання, пристосування, інструмент	№переходу	Зміст переходу
1	2	3	4
Дефект І.Знос різьблення			
0,05	Свердлильна Встановлення в лещата	1	Встановити деталь та закріпити
	Верстат свердлильний 1А125	2	Висвердлити отвір Ø 8,5 мм.
	Штангенглибиномір ШГ-ІІ-250-005	3	Зняти деталь
010	Слюсарна		
	Тиски слюсарні І-40 мітчик М10х1, 5, шаблон	1	Встановити в лещата та закріпити
		2	Нарізати різьбу М10х1,5-6д-мітчик
		3	Зняти деталь
Дефект ІІ.Знос торцевої поверхні гнізд під шестерні			
020	Шліфувальна Верстат круглошліфувальний 3Б 151, пристосування 70-7210-104, зразки шорсткості	1 2 3	Встановити деталь у пристрій Шліфувати до 36,19 мм. Зняти деталь
Дефект № 6. Зношування поверхні отворів корпусу під валик веденої шестерні			
015	Токарна Верстат токарно-гвинторізний 16К20, пристосування 70-7171- 1003, різець ВК8, розгортки 70-2360-1007/101	1	Встановити деталь у патрон та закріпити.
		2	Розточити отвір з $ø20^{-0,030}$мм
		3	Розгорнути отвір до ремонтного розміру
		4	Зняти деталь

Для визначення норми часу необхідно врахувати всі її складові. Технічна норма часу включає такі елементи [1, 7–18]:

$$T_і = T_о + T_д + T + T_{дод} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}} \quad (2.1)$$

де $T_о$ — основний технологічний час;

$T_д$ — допоміжний час;

$T_{дод}$ — додатковий час;

$T_{пз}$ — підготовчо-заключний час.

Для операції свердління приймаємо такі параметри режиму обробки: подача свердла становить 0,05 мм/об, частота його обертання — 400 об/хв, а глибина свердління дорівнює 15 мм.

Після цього визначаємо основний час виконання операції:

$$T_о = \frac{t}{n \cdot S} \quad (2.2)$$

Основний час при свердлінні становить 0,001 хв, а допоміжний час, прийнятий за нормативними таблицями, дорівнює 0,53 хв. Оперативний час визначається як сума основного та допоміжного часу і становить 0,531 хв. Додатковий час приймають у розмірі 15 % від оперативного, тобто 0,079 хв. Підготовчо-заключний час дорівнює 0,2 хв, а розмір партії деталей становить 50 шт. З урахуванням цих складових норма часу на операцію становить 0,61 хв.

Для операції точіння приймають такі режими обробки: довжина розточування — 20 мм, частота обертання деталі — 0,5 мм$^{-1}$, поздовжня подача супорта — 0,5 мм/об, число проходів — 1:

$$T_о = \frac{i}{n \cdot S} \cdot i \quad (2.3)$$

$T_д = 0{,}1$ хв.

Допоміжний час для виконання операції приймаємо 0,47 хв. Оперативний час визначається як сума основного та допоміжного часу і становить 0,57 хв. Додатковий час приймається в розмірі 0,085 хв, а підготовчо-заключний час — 1,2 хв. При розмірі партії 50 деталей норма часу на виконання операції становить 0,68 хв.

Для операції шліфування приймаються такі режими обробки: поздовжня подача — 0,01 мм/об, довжина шліфування поверхні — 108 мм, число проходів — 2, частота обертання деталі — 400 об/хв. Для чистової обробки коефіцієнт точності приймається $k = 1{,}4$.

$$T_о = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \cdot k \quad (2.4)$$

$T_о = 4{,}32$ хв; $T_о = 3{,}1$ хв; $T_{оп} = 3{,}1 + 4{,}32 = 7{,}42$ хв; $T_ш = 7{,}42 + 1{,}1 + \frac{1{,}6}{50} = 8{,}5$ хв.

2.4 Оформлення ремонтного креслення деталі

Нормативно-технічне забезпечення ремонтного виробництва передбачає обов'язкову наявність ремонтного креслення деталі, у якому зосереджується вся основна технічна й технологічна інформація, необхідна для якісного відновлення її працездатності. Ремонтне креслення є одним із ключових документів у системі технологічної підготовки ремонтного виробництва, оскільки саме воно дає можливість чітко визначити характер наявних пошкоджень, встановити поверхні, що підлягають відновленню, обґрунтувати спосіб усунення дефектів, а також задати допустимі відхилення розмірів, вимоги до точності, шорсткості, твердості та інших показників якості відремонтованої деталі.

Особливість ремонтного креслення полягає в тому, що воно повинно не тільки відтворювати геометричну форму деталі, але й відображати специфіку її технічного стану після експлуатації. Тому на ньому, крім основних конструктивних елементів, зазначають дефектні зони, ремонтні розміри, гранично допустимі значення спрацювання, способи відновлення окремих поверхонь, а також технічні вимоги до контролю після ремонту. Завдяки цьому ремонтне креслення виступає основою для подальшого розроблення маршруту відновлення, вибору обладнання, оснащення, інструменту та засобів контролю [1, 14].

Для розроблення ремонтного креслення необхідно використовувати сукупність вихідних матеріалів, які забезпечують повноту та достовірність технічної інформації. До такого комплекту, як правило, належать робоче креслення деталі, а в разі його відсутності — креслення, виконане за результатами натурних обмірів. Крім цього, враховують технічні умови на ремонт машини, вузла або агрегату, результати дефектування, дані про характер та інтенсивність спрацювання поверхонь, а також статистичні відомості щодо повторюваності окремих дефектів. Залучення цих матеріалів дає змогу виявити найбільш відповідальні поверхні, що потребують відновлення, та обрати найбільш доцільний спосіб ремонту.

Важливим етапом оформлення ремонтного креслення є правильне виділення поверхонь, які підлягають відновленню або контролю. Такі поверхні, як правило, позначають спеціальними умовними позначеннями, потовщеними лініями або

додатковими технічними написами. На кресленні також зазначають розміри після відновлення, допуски посадок, вимоги до взаємного розташування поверхонь, граничні відхилення форми та розташування, параметри шорсткості, а за потреби — вимоги до термічної чи механічної обробки після відновлення. Це особливо важливо для корпусних і прецизійних деталей, де навіть незначне відхилення може негативно позначитися на роботі всього вузла.

Оформлення ремонтних креслеників виконується відповідно до вимог чинних стандартів, зокрема ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 та інших нормативних документів, які регламентують правила розроблення й оформлення конструкторської документації на ремонт. Позначення ремонтного креслення утворюють шляхом додавання літери Р до основного позначення відповідної деталі або складальної одиниці. Якщо для однієї і тієї самої деталі передбачено кілька ремонтних розмірів або декілька способів відновлення, у позначенні додатково вводять індексні або дробові уточнення. Це дозволяє чітко розрізняти окремі варіанти ремонту та уникати помилок у процесі виготовлення чи відновлення.

На ремонтному кресленні доцільно також вказувати технічні вимоги, які регламентують порядок приймання деталі після ремонту. До них можуть належати вимоги щодо співвісності отворів, допусків на діаметри й довжини, твердості відновлених поверхонь, шорсткості, щільності посадок, герметичності з’єднань або відсутності тріщин і раковин. Для деталей, що працюють у вузлах системи мащення, особливе значення мають геометрична точність посадкових поверхонь, чистота каналів для проходження оливи та точність взаємного розташування осей.

Таким чином, ремонтне креслення деталі є важливим документом, що поєднує конструкторські та технологічні відомості про об’єкт ремонту. Його правильне оформлення забезпечує можливість якісного відновлення деталі, раціонального вибору технологічного маршруту та підвищення ефективності ремонтного виробництва в цілому [14, 15].

2.5 Технологічна документація процесу відновлення деталі (комплект)

Виходячи з обраного способу відновлення деталі, розробленого маршруту ремонту, встановлених режимів обробки, виконаних розрахунків норм часу та підготовленого ремонтного креслення, у кваліфікаційній роботі передбачається формування комплекту документації на одиничний маршрутно-операційний

технологічний процес ремонту деталі. Такий комплект документів є необхідною умовою організованого ведення ремонтного виробництва, оскільки він дає змогу системно відобразити зміст і послідовність усіх технологічних операцій, визначити умови їх реалізації та забезпечити належне нормативне оформлення процесу відновлення.

Технологічна документація є важливою частиною технологічної підготовки виробництва, оскільки вона встановлює єдині вимоги до виконання ремонтних операцій. Вона забезпечує узгодженість дій персоналу, визначає склад обладнання та оснащення, регламентує режими обробки, норми часу, послідовність контролю, а також створює основу для планування, організації та обліку ремонтних робіт. За наявності повного комплекту технологічної документації значно зменшується ймовірність порушення послідовності операцій, помилок у виборі інструменту або недотримання технічних вимог до якості відновлення [1, 14, 15].

Для розроблення й оформлення зазначеного комплекту доцільно використовувати методичні рекомендації, наведені у джерелах [1, 14, 15], а також нормативні положення, викладені в ОСТ 70.0009.005-85. Використання цих матеріалів дає можливість витримати єдині вимоги до структури, змісту та оформлення технологічної документації, а також забезпечити її відповідність чинним нормам і правилам, що регламентують виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

Комплект маршрутно-операційної документації формується таким чином, щоб повною мірою відображати прийнятий технологічний маршрут відновлення деталі — від підготовчих операцій до заключного контролю. У складі такого комплекту можуть бути маршрутна карта, операційні карти, карти ескізів, карти технічного контролю, відомості оснащення, відомості інструменту, а також інші документи, передбачені системою технологічної документації. Кожен із цих документів виконує певну функцію у загальній структурі технологічного процесу.

Маршрутна карта містить загальну послідовність проходження деталі за операціями та визначає логіку всього процесу ремонту. У ній зазначаються найменування операцій, види робіт, застосовуване обладнання, робочі місця, професія виконавця, а також орієнтовні нормативи часу. Операційні карти є більш деталізованими документами. Вони містять опис конкретної операції, послідовність

переходів, технологічні бази, установи, режими різання чи пресування, використовуване оснащення, вимірювальний інструмент і контрольні параметри.

Важливе місце у комплекті займають карти ескізів, у яких графічно подаються схеми встановлення деталі, розташування інструменту, базування, напрямки зусиль і місця контролю. Наявність таких ескізів значно полегшує сприйняття технологічної інформації, особливо у випадках складних або нетипових операцій. Для відновлення деталей системи мащення, де важливими є точність запресовування, правильне орієнтування втулок і пальців, а також збереження геометрії корпусу, карти ескізів мають особливе значення.

Окремо слід відзначити значення карт технічного контролю, у яких визначають параметри, що підлягають перевірці після виконання операції або після завершення всього ремонту. У таких документах зазначають об’єкти контролю, допустимі відхилення, вимірювальні засоби, методику перевірки та критерії придатності деталі. Наявність чітко встановлених контрольних параметрів дає змогу своєчасно виявляти відхилення, попереджати появу браку та забезпечувати стабільну якість відновлення.

Уся технологічна документація повинна бути узгодженою між собою та містити повний обсяг інформації, необхідної для виконання робіт в умовах ремонтного підприємства. У ній відображають не лише технологічні параметри, а й відомості про застосовуване обладнання, пристосування, різальний, монтажний та вимірювальний інструмент, допоміжні матеріали, змащувальні та мийні засоби, а також норми витрат праці й часу. Це дає змогу не лише чітко організувати процес ремонту, а й створює умови для підвищення його якості, точності та виробничої дисципліни.

Розроблення технологічної документації в сучасних умовах доцільно здійснювати із застосуванням автоматизованих CAPP-систем, які призначені для комп’ютерної підтримки технологічної підготовки виробництва. Використання таких систем значно спрощує оформлення документів, підвищує точність внесення даних, зменшує ймовірність помилок та забезпечує впорядковане збереження інформації. Крім того, CAPP-системи дозволяють оперативно вносити зміни до технологічних карт, коригувати параметри обробки, формувати уніфіковані форми документів і підвищувати загальний рівень організації технологічного проєктування.

Отже, комплект технологічної документації на процес відновлення деталі є не просто формальним набором документів, а важливим інструментом управління якістю

ремонту. Його розроблення забезпечує системність виконання технологічних операцій, точність дотримання прийнятого маршруту, оптимальне використання оснащення та підвищення ефективності ремонтного виробництва [14, 15].

2.6 Призначення і будова технологічного оснащення, що проєктується

Пристосування ПТ00.00.001СК призначене для механізованого виконання операцій з випресовування та запресовування втулок і пальців у корпус масляного насоса (рис. 2.1) [19–21]. Застосування такого оснащення обумовлене необхідністю підвищення точності виконання розбирально-збиральних операцій, зменшення трудомісткості ремонту, зниження ризику пошкодження посадкових поверхонь і забезпечення стабільної якості відновлення корпусу насоса.

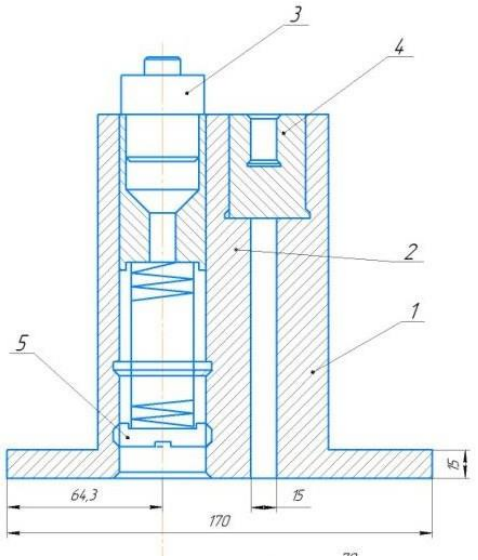


Рисунок 2.1 – Пристосування ПТ00.00.001СК для випресовування та запресовування втулок і пальців

Необхідність розроблення спеціального пристосування пояснюється тим, що під час ремонту масляного насоса значна частина операцій пов’язана з демонтажем і монтажем втулок, пальців та інших циліндричних елементів, які встановлюються з натягом або з перехідною посадкою. Виконання таких операцій універсальним інструментом або без належного центрування може призвести до перекосу деталі, появи задирок, деформації посадкових отворів, порушення співвісності та навіть до утворення тріщин у корпусі. Саме тому використання спеціального технологічного оснащення є технічно доцільним і виробничо обґрунтованим.

Конструкція пристосування включає корпус 1, у якому розміщена пружна втулка 2. У зазначену втулку встановлюють суміжні втулки 3, що забезпечують можливість виконання відповідних технологічних операцій для різних типорозмірів деталей. Крім

того, у корпусі змонтована постійна втулка 4, яка використовується для запресовування кільця. Така побудова конструкції дозволяє забезпечити універсальність пристосування в межах заданої групи операцій та підвищити зручність його використання у ремонтній дільниці.

Основним робочим елементом пристосування є втулка 2, за допомогою якої здійснюються всі операції, пов’язані з випресовуванням і запресовуванням пальців та втулок. Її робочі поверхні сприймають основне навантаження під час передавання зусилля від преса або іншого силового механізму до деталі. Завдяки цьому забезпечується рівномірне прикладання зусилля, точне спрямування руху елемента, що монтується або демонтується, та мінімізується ймовірність перекосу в процесі роботи.

Корпус пристосування виконує несучу та напрямну функції. Він забезпечує правильне базування всіх елементів оснащення, їх взаємну фіксацію та сприймає зовнішні силові навантаження. Від жорсткості та точності виготовлення корпусу залежить стабільність роботи всього пристосування. Тому до нього висуваються підвищені вимоги щодо міцності, жорсткості, точності обробки посадкових місць і стійкості до зношування. У конструкції корпусу мають бути передбачені зручні елементи для встановлення пристосування на робочому місці, а також можливість швидкого складання, розбирання та технічного обслуговування.

Пружна втулка служить для компенсації незначних похибок установлення та забезпечення надійного контакту з деталлю. Вона сприяє рівномірному розподілу контактного тиску та зменшує ризик локального пошкодження поверхонь. Застосування змінних або суміжних втулок дозволяє адаптувати пристосування до виконання кількох однотипних операцій без виготовлення окремого комплекту оснащення для кожного випадку. Це підвищує універсальність конструкції та скорочує витрати на оснащення ремонтного виробництва.

Постійна втулка 4 використовується під час запресовування кільця та забезпечує правильне положення елемента відносно базових поверхонь корпусу масляного насоса. Її конструкція має гарантувати точну передачу зусилля без перекосу та виключати можливість пошкодження як деталі, так і самого кільця. За рахунок цього забезпечується збереження геометричних параметрів відновлюваного вузла та підвищується якість кінцевого складання.

Принцип роботи пристосування полягає в тому, що корпус масляного насоса або

його окремий елемент встановлюють у фіксоване положення, після чого за допомогою відповідної втулки та зовнішнього силового органа створюють необхідне зусилля для випресовування чи запресовування потрібної деталі. Завдяки наявності напрямних та базових елементів рух деталі відбувається строго по заданій осі, що забезпечує точність виконання операції. Це особливо важливо під час роботи з тонкостінними втулками або посадковими отворами невеликих розмірів.

До основних переваг розробленого пристосування слід віднести:

- підвищення продуктивності виконання розбирально-збиральних операцій;
- зменшення трудомісткості ремонту;
- зниження ймовірності пошкодження деталей і посадкових поверхонь;
- забезпечення співвісності під час запресовування;
- підвищення якості відновлення корпусу масляного насоса;
- можливість використання пристосування в умовах ремонтної майстерні без складного переналагодження.

Крім технологічних переваг, проєктоване оснащення має й важливе значення з точки зору охорони праці. Застосування спеціального пристосування зменшує потребу у використанні ударного інструменту, виключає необхідність прикладання надмірних фізичних зусиль працівником, знижує ризик зісковзування інструменту та травмування рук. Отже, його впровадження сприяє не лише підвищенню ефективності ремонту, а й поліпшенню умов праці на ремонтній дільниці [19–21].

Таким чином, пристосування ПТ00.00.001СК є доцільним елементом технологічного оснащення для ремонту масляного насоса, оскільки воно забезпечує механізацію найбільш відповідальних розбирально-збиральних операцій, підвищує точність і якість виконання робіт, а також сприяє зниженню трудових витрат і підвищенню безпеки виробничого процесу.

2.7 Розрахунок діючих сил і побудова кінематичної схеми технологічного оснащення

Відповідно до технічної документації, для виконання операцій запресовування або випресовування втулки корпусу масляного насоса даного типу необхідно забезпечити зусилля понад 10 кН.

У разі використання механічного способу розбирання посадок з натягом головним параметром, що підлягає розрахунку, є зусилля, яке розвивається пресом або знімачем під час виконання операції. Це зусилля визначають як зусилля розпресування $P_{розп}$.

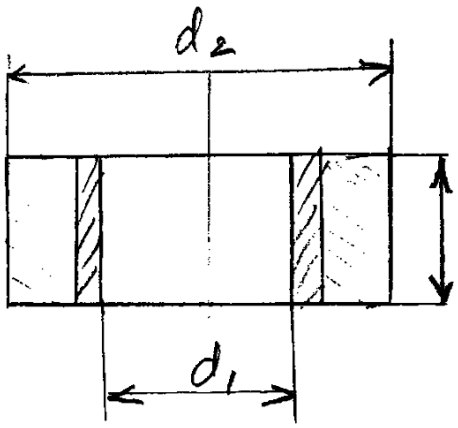


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема спряження

Шукану величину визначають за відповідною залежністю [19–21]:

$$P_{розп} = \frac{\pi \cdot l \cdot \delta \cdot f_{розп}}{(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2})} \quad (2.5)$$

де $f_{розп}$ — коефіцієнт тертя в посадці з натягом при виконанні розпресування;

δ — розрахунковий натяг з'єднання.

Величину натягу встановлюють у процесі проєктування машини, виходячи з умов роботи спряження, діючих зовнішніх навантажень, конструктивних розмірів деталей і фізико-механічних властивостей матеріалів.

Тоді розрахунковий натяг визначають за відповідною залежністю:

$$\delta = p \cdot d(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}) \quad (2.6)$$

де p — питомий контактний тиск у зоні спряження;

d — діаметр посадкової поверхні з'єднання;

C_1, C_2 — коефіцієнти Ляме, що враховують геометричні параметри спряжених деталей;

E_1, E_2 — модулі пружності матеріалів внутрішньої та зовнішньої деталей відповідно.

Величину контактного тиску визначають виходячи з дії зовнішніх навантажень:

$$p = \frac{K}{\pi \cdot d \cdot l \cdot f} \sqrt{P_{ос}^2 + (\frac{2М_{кр}}{d})^2} \quad (2.7)$$

де K — коефіцієнт запасу міцності, значення якого в розрахунках приймають у межах від 1,5 до 2,5;

f — коефіцієнт тертя між поверхнями спряжених деталей;

$P_{\text{ос}}$ — найбільше осьове навантаження, яке повинно сприймати з'єднання;

Mкр — максимальний крутний момент, що передається через з'єднання;

l — робоча довжина спряження.

Коефіцієнти C_1 та C_2, які враховують геометричні параметри деталей, обчислюють за наведеними нижче залежностями:

$$\mathrm{C}_1 = \frac{1+\chi_1^2}{1-\chi_1^2} - \mu;\ \mathrm{C}_2 = \frac{1+\chi_2^2}{1-\chi_2^2} + \mu_2 \qquad (2.8)$$

де $\chi_1 = \frac{d_1}{d}$; $\chi_2 = \frac{d}{d_2}$— коефіцієнти, що характеризують умови роботи тонкостінних елементів спряження;

d_1 — внутрішній діаметр охоплюваної деталі;

d_2 — зовнішній діаметр деталі, що охоплює;

μ_1, μ_2 — коефіцієнти Пуассона матеріалів внутрішньої та зовнішньої деталей відповідно.

У випадку, коли охоплювана деталь має форму суцільного вала, значення коефіцієнта χ_1 приймають рівним нулю, а коефіцієнт C_1 визначають за виразом:

$$C_1 = 1 - \mu_1 \qquad (2.9)$$

Після цього обчислюють зусилля випресовування втулки з корпусу.

За результатами виконаних розрахунків визначено, що зусилля розпресування втулки з корпусу дорівнює 8,46 кН.

2.8 Інженерне обґрунтування та розрахунок конструктивних елементів технологічного оснащення

Гідравлічний привід зазвичай складається з комплексу елементів, до якого входять електродвигун із пусковою апаратурою, насос, бак для робочої рідини, апаратура керування та регулювання, гідроциліндри і з'єднувальні трубопроводи [19–21].

До основних переваг гідроприводу належать можливість одержання великих зусиль при компактних розмірах виконавчих механізмів, а також плавне, безступінчасте регулювання зусилля затиску і швидкості переміщення. Водночас для гідравлічних систем характерні й певні недоліки, серед яких витікання робочої рідини, залежність її властивостей від температури, порівняно висока вартість та необхідність кваліфікованого обслуговування.

У більшості випадків оптимальним для гідроприводу є тиск у межах 5–10 МПа, однак у сучасних системах допускається підвищення цього показника до 16–20 МПа. Швидкість переміщення робочих органів при цьому зазвичай становить від 0,01 до 1 м/с.

Далі визначаємо діаметр поршня гідроциліндра преса:

$$\mathrm{P} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot R \tag{2.10}$$

де P — зусилля, яке необхідно забезпечити при запресовуванні; у даному випадку $P = 10000$ Н;

D — шуканий діаметр поршня гідроциліндра;

R — тиск робочої рідини в системі, який приймаємо $R = 0{,}8$ МПа.

Тоді з наведеної залежності визначаємо:

$$D = \sqrt{\frac{\frac{P}{R}4}{\pi}} \tag{2.11}$$

Отже, виконаний розрахунок показує, що для забезпечення необхідного зусилля під час випресовування та запресовування втулки діаметр поршня штокового гідроциліндра повинен становити щонайменше 126 мм.

2.9 Вимоги до експлуатації технологічного оснащення

Довговічність гідравлічної системи визначається не лише якістю її виготовлення, а й правильністю експлуатації та рівнем технічного обслуговування. Для запобігання передчасному спрацюванню обладнання необхідно своєчасно замінювати робочу рідину згідно з регламентом, використовувати лише рекомендовані марки високоякісних олив, контролювати їх рівень у баку та за потреби поповнювати його до нормативного значення. Змащування вузлів і деталей преса допускається тільки при зупиненому обладнанні.

Роботу спецтехніки слід виконувати в межах допустимих навантажень, не допускаючи тривалого перебування системи в режимі пікових навантажень. У випадку появи витікань рідини, сторонніх шумів, підвищеної вібрації, зниження продуктивності або інших ознак несправності необхідно негайно звернутися до спеціаліста. Для ремонту гідросистеми слід застосовувати лише оригінальні комплектувальні вироби або якісні аналоги перевірених виробників.

З метою забезпечення безпеки праці електродвигун гідравлічного преса має бути відключений від мережі під час перерв у роботі, при залишенні робочого місця, у

процесі очищення, мащення та прибирання преса, при виявленні будь-яких несправностей, а також у разі припинення електропостачання. Перебування сторонніх осіб на робочому місці не допускається, а передача керування пресом іншому працівникові можлива лише з дозволу керівника. Робоче місце повинно постійно утримуватися в чистоті, а під час заміни пуансона і матриці необхідно використовувати підставку для запобігання самовільному опусканню повзуна. Використання гідравлічного преса не за призначенням забороняється.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці під час ремонту системи мащення дизельних двигунів

Охорона праці під час ремонту системи мащення дизельних двигунів є важливою складовою організації ремонтного виробництва. Роботи з демонтажу, розбирання, дефектування, очищення, відновлення та складання елементів системи мащення пов’язані з дією механічних, хімічних, термічних, електричних і пожежонебезпечних факторів. Особливу увагу необхідно приділяти безпеці під час виконання розбирально-збиральних операцій, оскільки вони часто супроводжуються застосуванням ручного інструменту, знімачів, пресів, слюсарних пристроїв, мийного обладнання та вантажопідіймальних засобів [5, 6].

До виконання ремонтних робіт допускаються працівники, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці, перевірку знань безпечних методів роботи та медичний огляд відповідно до встановлених вимог. Працівник повинен знати будову вузлів системи мащення, послідовність розбирання і складання, правила користування спеціальним оснащенням, вимоги пожежної безпеки та порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації [5].

Робоче місце слюсаря-ремонтника має бути організоване так, щоб забезпечити безпечне розміщення двигуна, масляного насоса, деталей, інструменту та пристроїв. Проходи між обладнанням не повинні захаращуватися деталями, тарою, використаними фільтрами, ганчір’ям або розлитою оливою. Деталі системи мащення після демонтажу необхідно розміщувати на стелажах, верстаках або в спеціальній тарі, що запобігає їх падінню та пошкодженню.

Підлога у ремонтній дільниці повинна бути рівною, неслизькою, стійкою до дії нафтопродуктів і зручною для прибирання. Розливи моторної оливи, дизельного палива або мийних рідин необхідно негайно усувати за допомогою піску, тирси чи спеціальних сорбентів. Використані матеріали після прибирання слід збирати в металеву тару з кришкою та видаляти у встановленому порядку [9].

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час ремонту системи мащення дизельних двигунів на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

– рухомі частини обладнання, пресів, знімачів і стендів;

– можливість падіння важких деталей, корпусів, насосів або вузлів двигуна;

– гострі кромки деталей, задирки, різьбові елементи та уламки металу;

– підвищене фізичне навантаження під час переміщення вузлів;

– контакт шкіри з моторними оливами, мастилами, розчинниками та мийними засобами;

– пари нафтопродуктів і мийних рідин;

– підвищений рівень шуму під час роботи верстатів, компресорів, пневмоінструменту та стендів;

– недостатня освітленість робочої зони;

– можливість ураження електричним струмом під час роботи з електрифікованим обладнанням;

– пожежна небезпека через наявність легкозаймистих рідин, промасленого ганчір’я та електрообладнання [5, 9].

Основними причинами травмування під час розбирально-збиральних робіт є неправильне закріплення деталей, використання несправного інструменту, застосування випадкових підкладок, ударне вибивання деталей без оправок, перевищення допустимого зусилля пресування, а також порушення технологічної послідовності виконання операцій. Тому під час ремонту системи мащення необхідно застосовувати спеціальні пристрої та оснащення, які забезпечують стабільне положення вузла і виключають неконтрольоване переміщення деталей [6, 8].

Особливу небезпеку становить робота з деталями, забрудненими відпрацьованою моторною оливою. Тривалий контакт із такими речовинами може спричиняти подразнення шкіри, забруднення спецодягу, ковзання рук та зниження надійності утримання інструменту. Тому під час очищення та миття деталей необхідно користуватися захисними рукавицями, окулярами, фартухом, а за потреби — засобами захисту органів дихання [9].

3.3 Вимоги безпеки до розробленого оснащення для розбирально-збиральних операцій

Розроблене оснащення для розбирання і складання вузлів системи мащення повинно відповідати загальним вимогам безпеки машин і виробничого обладнання. Його конструкція має забезпечувати стійкість, міцність, зручність користування,

надійне закріплення ремонтованого вузла та захист працівника від можливого травмування. Відповідно до принципів безпечності машин, небезпеки повинні усуватися переважно конструктивними рішеннями, а якщо це неможливо — шляхом застосування захисних пристроїв, інструкцій та організаційних заходів [6, 8].

Основними вимогами до оснащення є:

– наявність жорсткої опорної основи, яка запобігає перекиданню пристрою;

– надійне фіксування корпусу масляного насоса або іншого вузла під час розбирання;

– виключення перекосу деталей під час випресовування і запресовування;

– відсутність гострих крайок, задирок і виступів, які можуть травмувати працівника;

– можливість безпечного прикладання зусилля без ударного навантаження;

– забезпечення зручного доступу до кріпильних елементів;

– можливість швидкого очищення пристрою від оливи та забруднень;

– достатня міцність різьбових, зварних і опорних елементів;

– відповідність габаритів пристрою умовам роботи на слюсарному верстаку або ремонтному посту.

Під час проєктування оснащення необхідно передбачити, щоб руки працівника не потрапляли в зону можливого защемлення між рухомими частинами пристрою, деталями насоса або опорними елементами. Якщо в конструкції передбачено гвинтовий, важільний або пресовий механізм, робоча зона повинна бути візуально доступною, а напрям прикладання зусилля — контрольованим. Для запобігання травмуванню кінцівок доцільно дотримуватися вимог щодо безпечних відстаней до небезпечних зон [7].

Перед початком роботи пристрій необхідно оглянути. Забороняється застосовувати оснащення з тріщинами, деформованими опорами, пошкодженою різьбою, ослабленими зварними швами або несправними фіксаторами. Усі різьбові з’єднання повинні бути затягнуті, а опорні поверхні очищені від оливи, бруду та металевої стружки.

3.4 Безпека під час розбирання та складання елементів системи мащення

Розбирання системи мащення необхідно виконувати лише після повної зупинки двигуна, охолодження його деталей і зливання моторної оливи в спеціально призначену

тару. Перед демонтажем масляного насоса, фільтрів і трубопроводів слід переконатися у відсутності залишкового тиску в системі. Відкручування пробок, штуцерів і кріпильних елементів необхідно виконувати справним інструментом відповідного розміру.

Під час демонтажу масляного насоса слід уникати ударів по корпусу, кришці та шестернях, оскільки це може спричинити появу тріщин, деформацію посадкових поверхонь або порушення геометрії вузла. Для знімання щільно посаджених деталей необхідно застосовувати знімачі, оправки або пресове оснащення. Використання випадкових предметів, зубил, викруток як важелів або ударне вибивання деталей без напрямних не допускається.

Складання насоса необхідно виконувати у чистій зоні робочого місця. Перед складанням деталі слід промити, висушити, продути стисненим повітрям і перевірити на відсутність тріщин, задирок, забруднень і залишків абразивних частинок. Під час продування деталей стисненим повітрям необхідно користуватися захисними окулярами, а струмінь повітря не спрямовувати на себе або інших працівників.

Після складання необхідно перевірити легкість обертання шестерень, правильність установлення ущільнень, відсутність перекосів, відповідність зазорів технічним вимогам і герметичність з’єднань. Остаточну перевірку працездатності масляного насоса доцільно виконувати на стенді, що дає змогу оцінити продуктивність і стабільність тиску оливи після ремонту [1, 4].

3.5 Вимоги до виробничого приміщення, мікроклімату, вентиляції та освітлення

Ремонт системи мащення дизельних двигунів необхідно виконувати у спеціально обладнаному виробничому приміщенні. Воно повинно мати достатню площу для розміщення верстаків, стендів, мийного обладнання, тари для деталей, пристроїв для розбирання і складання, а також проходів для безпечного переміщення працівників. Робочі місця мають бути забезпечені природним або штучним освітленням, вентиляцією, засобами пожежогасіння та місцями для зберігання інструменту.

Мікроклімат виробничого приміщення повинен відповідати санітарним нормам. Параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря мають забезпечувати нормальні умови теплообміну працівника з навколишнім середовищем. Особливо важливо підтримувати належний повітрообмін у зонах миття деталей,

очищення вузлів від оливи та використання мийних рідин [10].

Вентиляція повинна забезпечувати видалення парів нафтопродуктів, мийних речовин, пилу та надлишкової теплоти. У приміщеннях ремонтних майстерень доцільно застосовувати загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію, а біля мийних ванн або місць використання летких речовин — місцеві відсмоктувачі. Системи опалення і вентиляції мають проєктуватися з урахуванням вимог будівельних норм щодо забезпечення нормованих санітарно-епідеміологічних параметрів мікроклімату [11].

Освітлення робочих місць повинно забезпечувати чітку видимість деталей, різьбових з’єднань, вимірювального інструменту та контрольних поверхонь. Недостатня освітленість може призвести до помилок під час складання, неправильного встановлення деталей, травмування рук і погіршення якості ремонту. Світильники необхідно розміщувати так, щоб уникати засліплення працівника та утворення різких тіней у робочій зоні.

3.6 Електробезпека та безпечна експлуатація обладнання

Під час ремонту системи мащення застосовуються електрифіковані стенди, свердлильні верстати, мийні установки, компресори, переносні світильники та електроінструмент. Їх експлуатація допускається лише за умови справності ізоляції, заземлення, захисних кожухів, пускових пристроїв і аварійного вимикання. Працівник перед початком роботи повинен перевірити зовнішній стан обладнання, наявність захисних пристроїв і відсутність пошкоджень кабелів.

Забороняється працювати з електрообладнанням вологими руками, використовувати пошкоджені подовжувачі, саморобні перехідники, відкриті струмопровідні частини та переносні світильники без захисної сітки або плафона. У місцях можливого контакту з оливою та мийними рідинами електрообладнання повинно бути захищене від потрапляння вологи й забруднень.

Виробниче обладнання, яке використовується працівниками, повинно відповідати характеру виконуваних робіт і не створювати загрози життю або здоров’ю персоналу [6]. У разі виявлення несправностей обладнання роботу необхідно припинити, повідомити відповідальну особу і не відновлювати її до повного усунення недоліків.

3.7 Засоби індивідуального захисту

Працівники, які виконують ремонт системи мащення дизельних двигунів, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту. До них належать спецодяг, захисне

взуття, рукавиці, захисні окуляри, фартух, а під час роботи з мийними речовинами або продування деталей — засоби захисту органів дихання.

Спецодяг повинен щільно прилягати до тіла, не мати звисаючих кінців, які можуть потрапити в рухомі частини обладнання. Рукавиці мають бути справними, чистими та відповідати виду роботи. Під час виконання точних складальних операцій необхідно використовувати такі засоби захисту, які не погіршують чутливість рук і не заважають безпечному утриманню інструменту.

Після завершення роботи необхідно вимити руки теплою водою з милом, очистити інструмент, прибрати робоче місце, зібрати відходи та здати використані матеріали у встановлене місце. Забороняється очищати руки бензином, дизельним паливом, розчинниками або іншими технічними рідинами.

Запропоноване оснащення для розбирально-збиральних операцій повинно забезпечувати надійну фіксацію вузлів, правильне прикладання зусилля, зменшення фізичного навантаження на працівника та підвищення безпеки виконання ремонтних робіт. Дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки, мікроклімату, вентиляції та застосування засобів індивідуального захисту дозволяє знизити ризик травмування, покращити умови праці та підвищити якість ремонту системи мащення дизельних двигунів.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення економічної ефективності відновлення корпусу

Повна собівартість відновлення деталі [23–25]. Собівартість відновлення деталі являє собою сукупність витрат, що виникають у процесі її відновлення за обраним технологічним маршрутом та подальшої реалізації готової продукції:

$$С = С_{п} + С_{вп} \quad (4.1)$$

де $С_{п}$ — повна собівартість відновлення деталі, грн;

$С_{вп}$ — позавиробничі витрати, до складу яких входять витрати на реалізацію продукції: пакування, зберігання на складі готової продукції, транспортування та витрати, пов’язані зі збутом. У розрахунках ці витрати приймають на рівні 3 % від виробничої собівартості.

Виробнича собівартість відновлення деталі включає сукупність усіх витрат, необхідних для організації та виконання виробничого процесу:

$$С_{п} = С_{зн} + С_{м} + З_{пл} + С_{об} + Н_{ц} + Н_{з} + С_{ор} \quad (4.2)$$

де $С_{зн}$ — вартість зношеної деталі, грн;

$С_{рм}$ — витрати на ремонтні та допоміжні матеріали;

$З_{пл}$ — основна і додаткова заробітна плата виробничих працівників з урахуванням відрахувань на соціальне страхування;

$С_{об}$ — витрати, пов’язані з утриманням і експлуатацією обладнання, грн;

$С_{пр}$ — витрати на утримання технологічних пристосувань;

$Н_{ц}$ — цехові накладні витрати, грн;

$Н_{з}$ — загальногосподарські витрати, пов’язані з управлінням і обслуговуванням підприємства.

Після цього вартість зношеної деталі визначають за відповідною залежністю:

$$С_{зн} = М \cdot Ц_{м} \quad (4.3)$$

де М — маса відновлюваної деталі; для розрахунку приймаємо $М = 2{,}8$ кг;

$Ц_{м}$ — вартість одного кілограма матеріалу деталі, яка становить 4,5 грн/кг.

$$С_{зн} = 2{,}8 \cdot 4{,}5 = 12{,}6 \text{ грн}$$

У розрахунку витрати на ремонтні матеріали приймаємо в розмірі $С_{м} = 1{,}50$ грн.

Основну і додаткову заробітну плату виробничих робітників з урахуванням установлених відрахувань визначають на підставі повного комплексу операцій, передбачених технологічним процесом відновлення деталі, за відповідною залежністю:

$$З_{пл} = (\frac{Т_{н1} \cdot С_{р1}}{60} + \frac{Т_{н2} \cdot С_{р2}}{60} + \cdots + \frac{Т_{н6} \cdot С_{р6}}{60}) К_{п} \cdot К_{д} \cdot К_{сс} \cdot К_{2} \cdot К_{3} \quad (4.4)$$

де $Т_{н1} \ldots Т_{н6}$ — норми часу на виконання операцій за розрядами від першого до шостого в розрахунку на одну деталь;

$С_{р1} \ldots С_{р6}$ — погодинні тарифні ставки робітників відповідних розрядів, грн;

$К_{п}, К_{д}, К_{сс}, К_{2}, К_{3}$ — коефіцієнти, які враховують преміальні виплати, додаткову заробітну плату, відрахування на соціальне страхування, інші обов'язкові нарахування та відрахування до фонду зайнятості населення.

Після цього визначають годинну тарифну ставку робітника:

$$С_{ч} = 73{,}5 \text{ грн}; З_{пл} = 904{,}75 \text{ грн}$$

Витрати на утримання й експлуатацію обладнання розраховують у відсотках від величини амортизаційних відрахувань за встановленою залежністю:

$$С_{об} = \sum_{i=1}^{n} 1 \frac{U_{ci} \cdot a_i \cdot t_i}{100 \cdot Ф_{д} \cdot \eta_{oi}} \quad (4.5)$$

де U_{ci} — балансова вартість одиниці технологічного обладнання, грн;

a_i — норматив амортизаційних відрахувань на і-й операції, %; для верстатного обладнання його значення приймається на рівні 20 %;

t_i — трудомісткість виконання і-ї операції;

$Ф_{д}$ — дійсний річний фонд часу роботи обладнання, який приймається 2000 год;

η_{oi}— коефіцієнт завантаження обладнання на відповідній операції; для токарної обробки він становить 0,65, а для шліфувальної — 0,93.

Тоді витрати на утримання та експлуатацію обладнання дорівнюють 167,9 грн.

Після цього визначають витрати на утримання інструменту, пристроїв і спеціального оснащення:

$$С_{пі} = (0{,}1 \ldots 0{,}15) С_{об} \quad (4.6)$$

$С_{об} = 67{,}5$ грн.

Величину цехових витрат визначають за встановленою розрахунковою залежністю:

$$Н_{ц} = 1{,}55(0{,}107 \cdot З_{пл} + 0{,}116 \cdot С_{об}) \quad (4.7)$$

$Н_{ц} = 113{,}5$ грн.

До загальногосподарських витрат відносять витрати, пов'язані з управлінням і загальним обслуговуванням підприємства. У розрахунках їх зазвичай приймають на рівні 18 % від основної та додаткової заробітної плати виробничих працівників з урахуванням відрахувань на соціальне страхування $З_{пл}$:

$Н_з = 181$ грн.

Оскільки втрати від браку враховуються тільки у звітних калькуляціях підприємства, у даних розрахунках за окремими статтями витрат вони не визначаються.

Отримані результати розрахунку повної собівартості відновлення деталі подаємо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок собівартості відновлення і підсумкових показників

Найменування статті	Висновок
Вартість зношеної деталі, $З_{зн}$, грн	12,6
Основна та додаткова зарплата, $З_{пл}$, грн	904,75
Витрати утримання устаткування, оснащення, інструмента, $З_{пі}$, грн	67,50
Витрати на утримання обладнання,	167,900
Цехові витрати, $Н_{ц,\ грн}$	113,5
Загальногосподарські витрати, $Н_ц$, грн	181
Виробнича собівартість відновлення, $С_п$, грн	1447,25

Отже, за результатами виконаних розрахунків повна собівартість відновлення деталі дорівнює:

$$С = 1447,25 + 43,8 = 1491,05 \text{ грн}$$

Ціна нового основного корпусу масляного насоса приймається на рівні $С_н = 1865$ грн.

ВИСНОВОК

У конструкторсько-технологічному розділі було розглянуто порядок розбирання та складання масляного насоса двигуна ЯМЗ-236, а також обґрунтовано технологію відновлення корпусу його основної секції. На основі аналізу конструкції вузла встановлено раціональну послідовність виконання розбирально-складальних операцій, що дає змогу забезпечити зручність ремонту, зменшити ймовірність пошкодження справних деталей і підвищити якість виконання робіт. У роботі також передбачено оформлення повного комплекту технологічної документації, необхідної для практичної реалізації процесу ремонту в умовах ремонтного виробництва.

У результаті дефектування корпусу масляного насоса визначено основні пошкодження, які підлягають усуненню, а саме: спрацювання різьбових отворів, зношування торцевої поверхні гнізд під шестерні та спрацювання отвору під валик веденої шестерні. Для кожного з цих дефектів запропоновано відповідні технологічні операції відновлення із застосуванням свердлильної, слюсарної, шліфувальної та токарної обробки. Обраний маршрут ремонту дає змогу відновити геометричні параметри корпусу, забезпечити його подальшу працездатність і продовжити строк служби масляного насоса.

Отже, розроблений технологічний процес розбирання, складання і відновлення корпусу масляного насоса є технічно обґрунтованим та придатним для використання у ремонтній практиці. Його впровадження сприятиме підвищенню надійності роботи системи мащення двигуна ЯМЗ-236, зменшенню витрат на заміну дорогих корпусних деталей і поліпшенню загальної ефективності ремонтного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Двигуни ЯМЗ-236 і ЯМЗ-238 : технічний опис та інструкція з експлуатації. Ярославль : ЯМЗ, 2010. 176 с.

2. Система мащення дизельних двигунів : будова, технічне обслуговування та ремонт : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2018. 214 с.

3. Технічне обслуговування і ремонт машин в агропромисловому комплексі : навч. посіб. / за ред. В. І. Кравчука. Київ : Урожай, 2017. 312 с.

4. Ремонт автомобілів і тракторів : підручник / О. М. Бондаренко, В. П. Кравець, І. М. Мельник. Київ : Ліра-К, 2019. 368 с.

5. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : наказ МНС України від 09.07.2012 № 964. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z1299-12 (дата звернення: 28.04.2026).

6. Про затвердження Вимог безпеки та захисту здоров’я під час використання виробничого обладнання працівниками : наказ Міністерства соціальної політики України від 28.12.2017 № 2072. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0097-18 (дата звернення: 28.04.2026).

7. ДСТУ EN ISO 13857:2016. Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягненню небезпечних зон верхніми та нижніми кінцівками. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

8. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

9. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15 (дата звернення: 28.04.2026).

10. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : постанова Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1999 № 42. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99 (дата звернення: 28.04.2026).

11. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013.

12. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

13. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014.

14. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://kubg.edu.ua/images/stories/podii/2017/06_21_posylannia/dstu_8302.pdf (дата звернення: 28.04.2026).