

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
«магістр»

на тему: «Розробка проекту ділянки з агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насосу двигуна ЯМЗ-236»

КРМ.133ГМмд(ОНП)_21.17.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за міждисциплінарною
освітньо-науковою програмою
*«Сервісна інженерія в
агропромисловому виробництві»*
за спеціальностями 133 Галузеве
машинобудування, 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМ_мд_21[2](ОНП)
ОСПЩЕВ Кіріл

Керівник: к.т.н., доцент
САЙЧУК Олександр

Рецензент: д.т.н., професор
ШЕЙЧЕНКО Віктор

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії
Міждисциплінарна освітньо-наукова програма
«Сервісна інженерія в агропромисловому виробництві»
Спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія»
Ступінь вищої освіти магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри механічної
та електричної інженерії,**

канд. техн. наук, доцент,

Станіслав ПОПОВ
30 червня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
ОСПИЩЕВ Кіріл

1. Тема роботи: *«Розробка проекту ділянки з агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236»*,

керівник роботи **докт. техн. наук, професор САЙЧУК Олександр**,

затверджено засіданням кафедри, протокол №18 від 30.06.2025 р.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – 20 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: *аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

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

Розділ 1. *Аналіз стану питання організації агрегатного ремонту та ремонту водяних насосів двигунів.*

Розділ 2. *Розробка проекту ділянки з агрегатного ремонту.*

Розділ 3. *Розробка технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.*

Розділ 4. *Економічне обґрунтування проектних і технологічних рішень.*

Розділ 5. *Охорона праці та екологічна безпека на ділянці агрегатного ремонту.*

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: *схема технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236; технологічна карта ремонту водяного насоса; операційна карта ремонту корпусу водяного насоса; планувальне рішення ділянки агрегатного ремонту; таблиці дефектації, добору обладнання, розрахунку трудомісткості, площі ділянки та техніко-економічних показників, висновки.*

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Практична реалізація розробок	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Петро МАКАРЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7. Дата видачі завдання 30 червня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір і затвердження теми роботи	До 30.06.25	
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	21.07-27.07.25 15.12-28.12.25	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	20.04-26.04.26	
5	Виконання розділів роботи	27.04.26-10.05.26	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	11.05-15.05.26 18.05-20.05.26	
8	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
9	Нормалізаційний контроль		
10	Захист кваліфікаційної роботи	25.05-31.05.26	

Здобувач вищої освіти _____ Кіріл ОСПІЩЕВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Олександр САЙЧУК
(підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ABSTRACT	9
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ ТА РЕМОНТУ ВОДЯНИХ НАСОСІВ ДВИГУНІВ.....	17
1.1. Значення ремонтного виробництва в забезпеченні працездатності машин.....	18
1.2. Роль агрегатного ремонту в системі технічного сервісу	20
1.3. Організаційні особливості роботи агрегатної дільниці.....	22
1.4. Загальна характеристика двигуна ЯМЗ-236	24
1.5. Призначення та робота системи охолодження двигуна ЯМЗ-236.....	26
1.6. Будова та принцип роботи водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.....	28
1.7. Умови роботи водяного насоса в системі охолодження	30
1.8. Основні несправності водяних насосів двигунів	32
1.9. Характерні дефекти деталей водяного насоса.....	34
1.10. Аналіз способів ремонту та відновлення деталей водяних насосів.....	35
1.11. Вимоги до якості ремонту агрегатів системи охолодження.....	37
1.12. Висновки до розділу 1.....	39
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ДІЛЬНИЦІ З АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ	42
2.1. Призначення та виробнича характеристика дільниці агрегатного ремонту.....	42
2.2. Вихідні дані для проєктування дільниці	44
2.3. Розрахунок виробничої програми ремонтної дільниці.....	45
2.4. Розрахунок річної трудомісткості робіт	46
2.5. Розподіл трудомісткості за видами ремонтних операцій	47
2.6. Визначення чисельності виробничих працівників	48
2.7. Вибір методу організації робіт на дільниці	50
2.8. Вибір технологічного обладнання, пристроїв та інструменту.....	51
2.9. Розрахунок площі дільниці агрегатного ремонту	52
2.10. Організація робочих місць на дільниці.....	53
2.11. Розробка технологічного планування дільниці	55
2.12. Організація контролю якості ремонтних робіт	56
2.13. Висновки до розділу 2.....	57
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ВОДЯНОГО НАСОСА ДВИГУНА ЯМЗ-236	60
3.1. Технічна характеристика водяного насоса двигуна ЯМЗ-236	60
3.2. Аналіз конструкції водяного насоса.....	61
3.3. Основні деталі та вузли водяного насоса.....	62
3.4. Технологічна послідовність приймання агрегату в ремонт	63
3.5. Розбирання водяного насоса	65
3.6. Очищення та миття деталей перед дефектацією	66
3.7. Дефектація деталей водяного насоса	67
3.8. Визначення ремонтопридатності деталей.....	68
3.9. Вибір способів ремонту корпусу, вала, крильчатки та посадкових поверхонь	69
3.10. Заміна підшипників, ущільнень і непридатних деталей	70

3.11. Складання водяного насоса після ремонту	72
3.12. Контроль якості складання	73
3.13. Випробування водяного насоса на герметичність і працездатність	74
3.14. Розробка маршрутної технології ремонту водяного насоса	75
3.15. Розробка операційної технології ремонту основної деталі	76
3.16. Висновки до розділу 3	78

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ І

ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ..... 80

4.1. Початкові дані для економічного розрахунку	80
4.2. Визначення вартості основних виробничих фондів	81
4.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань	82
4.4. Розрахунок витрат на оплату праці ремонтних працівників	83
4.5. Розрахунок нарахувань на соціальні заходи	84
4.6. Визначення матеріальних витрат на ремонт агрегатів	85
4.7. Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання	86
4.8. Розрахунок загальновиробничих витрат	87
4.9. Калькуляція собівартості ремонту водяного насоса	89
4.10. Визначення ціни ремонту та доходу від реалізації послуг	90
4.11. Розрахунок прибутку та рентабельності	91
4.12. Оцінювання економічної доцільності проєкту ділянки	92
4.13. Висновки до розділу 4	94

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НА ДІЛЬНИЦІ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ..... 96

5.1. Загальна характеристика умов праці на ділянці агрегатного ремонту	96
5.2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту агрегатів	96
5.3. Вимоги безпеки під час розбирання та складання водяного насоса	97
5.4. Вимоги безпеки під час миття, очищення та дефектації деталей	97
5.5. Безпека під час роботи з верстатами, пресами та слюсарним інструментом	98
5.6. Електробезпека на ділянці агрегатного ремонту	98
5.7. Засоби індивідуального та колективного захисту працівників	98
5.8. Вимоги до освітлення, вентиляції та організації робочого місця	99
5.9. Пожежна безпека ремонтної ділянки	99
5.10. Екологічні аспекти агрегатного ремонту	99
5.11. Поводження з відпрацьованими рідинами, мастилами, мийними засобами та виробничими відходами	100
5.12. Висновки до розділу 5	100
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці проєкту дільниці з агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності ремонтного виробництва, скорочення простоїв техніки, забезпечення якісного відновлення агрегатів двигунів внутрішнього згоряння та раціонального використання матеріальних, трудових і виробничих ресурсів.

У роботі розглянуто значення агрегатного ремонту в системі технічного сервісу машин. Агрегатний ремонт є ефективною формою організації ремонтного виробництва, оскільки дозволяє виконувати ремонт окремих вузлів і агрегатів на спеціалізованих робочих місцях без тривалого виведення машини з експлуатації. Такий підхід сприяє підвищенню продуктивності праці, поліпшенню якості дефектації, раціональному використанню обладнання, скороченню тривалості ремонтного циклу та створенню умов для організованого контролю якості.

Об'єктом проєктування є дільниця агрегатного ремонту, призначена для виконання комплексу робіт із приймання, розбирання, миття, очищення, дефектації, ремонту, складання та випробування агрегатів. У межах технологічної частини роботи основну увагу приділено ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 як відповідального агрегату системи охолодження. Водяний насос забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини через сорочку охолодження двигуна, радіатор, патрубки та інші елементи системи, підтримуючи стабільний температурний режим роботи двигуна.

У процесі експлуатації водяний насос працює в умовах дії підвищених температур, вібрацій, змінних навантажень, корозійного середовища, кавітаційних процесів і забруднення охолоджувальної рідини. Найбільш характерними несправностями водяного насоса є витікання охолоджувальної рідини через ущільнення, зношування підшипників, люфт вала, пошкодження або зношування крильчатки, корозія корпусу, порушення посадкових поверхонь, зниження продуктивності та втрата герметичності агрегату. Несправність водяного насоса може спричинити перегрівання двигуна, погіршення мащення,

прискорене зношування деталей циліндро-поршневої групи та передчасний вихід двигуна з ладу.

У роботі передбачено розроблення проєкту дільниці агрегатного ремонту з урахуванням виробничої програми, трудомісткості робіт, чисельності працівників, потреби в обладнанні, площі дільниці, організації робочих місць і контролю якості. Окрему увагу приділено формуванню технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236, який включає приймання агрегату в ремонт, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектацію, визначення ремонтпридатності, ремонт або заміну зношених елементів, складання, контроль якості та випробування насоса на герметичність і працездатність.

Економічна частина роботи спрямована на визначення доцільності проєктних рішень. У ній передбачається розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, витрат на оплату праці, матеріальних витрат, загальновиробничих витрат, собівартості ремонту, прибутку та рентабельності. Це дає змогу оцінити економічну ефективність організації дільниці агрегатного ремонту та виконання ремонту водяного насоса в умовах спеціалізованого виробничого підрозділу.

У розділі з охорони праці та екологічної безпеки розглянуто небезпечні й шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час агрегатного ремонту: рухомі частини верстатів, вилітання стружки та частинок матеріалу, робота з ручним і електрифікованим інструментом, використання пресового та мийного обладнання, підвищений рівень шуму, ураження електричним струмом, пожежонебезпечні фактори та утворення виробничих відходів. Запропоновано загальні заходи щодо безпечної організації робочих місць, використання засобів індивідуального захисту, забезпечення вентиляції, електробезпеки, пожежної безпеки та правильного поводження з відпрацьованими рідинами й матеріалами.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих організаційних і технологічних рішень у ремонтних майстернях, сервісних центрах, автотранспортних підприємствах, машинно-тракторних майстернях і навчально-виробничих лабораторіях. Розроблений підхід дозволяє підвищити якість ремонту агрегатів, зменшити трудомісткість робіт, забезпечити

раціональне використання обладнання та продовжити строк служби водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

Ключові слова: агрегатний ремонт, ремонтна діляниця, водяний насос, двигун ЯМЗ-236, система охолодження, дефектація, технологічний процес, ремонт агрегатів, собівартість ремонту, охорона праці, екологічна безпека.

ABSTRACT

The master's qualification thesis is devoted to the development of a project for an aggregate repair section and the technological process for repairing the water pump of the YaMZ-236 engine. The relevance of the topic is determined by the need to improve repair production efficiency, reduce machine downtime, ensure high-quality restoration of internal combustion engine units, and rationally use material, labor, and production resources.

The thesis considers the role of aggregate repair in the technical service system of machines. Aggregate repair is an effective form of repair production organization, as it makes it possible to repair separate units and assemblies at specialized workplaces without long-term downtime of the whole machine. This approach improves labor productivity, increases the quality of defect detection, ensures rational use of equipment, reduces the repair cycle time, and creates conditions for systematic quality control.

The object of the project is an aggregate repair section intended for receiving, disassembling, washing, cleaning, defect detection, repair, assembly, and testing of units. Within the technological part of the thesis, special attention is paid to the repair of the water pump of the YaMZ-236 engine as an important unit of the cooling system. The water pump provides forced circulation of coolant through the engine cooling jacket, radiator, pipes, and other system components, maintaining a stable engine temperature mode.

During operation, the water pump works under the influence of elevated temperatures, vibration, variable loads, corrosive environment, cavitation processes, and coolant contamination. The most typical failures of the water pump include coolant leakage through the seal, bearing wear, shaft play, impeller damage or wear, housing corrosion, deterioration of seating surfaces, reduced pump capacity, and loss of tightness. A faulty water pump may cause engine overheating, deterioration of lubrication conditions, accelerated wear of cylinder-piston group parts, and premature engine failure.

The thesis provides for the development of an aggregate repair section project, taking into account the production program, labor intensity, number of workers,

equipment requirements, workshop area, workplace organization, and repair quality control. Special attention is paid to the technological process of repairing the water pump of the YaMZ-236 engine, which includes receiving the unit for repair, external cleaning, disassembly, washing of parts, defect detection, assessment of repairability, repair or replacement of worn elements, assembly, quality control, and testing of the pump for tightness and operability.

The economic part of the thesis is aimed at determining the feasibility of the proposed project solutions. It includes calculations of the value of fixed production assets, depreciation, labor costs, material costs, overhead costs, repair cost, profit, and profitability. This makes it possible to assess the economic efficiency of organizing an aggregate repair section and repairing the water pump in a specialized production unit.

The occupational safety and environmental safety section considers hazardous and harmful production factors that may occur during aggregate repair: moving machine parts, flying chips and material particles, work with hand and electric tools, use of press and washing equipment, increased noise levels, electric shock hazards, fire hazards, and generation of industrial waste. General measures are proposed for safe workplace organization, use of personal protective equipment, ventilation, electrical safety, fire safety, and proper handling of used fluids and materials.

The practical significance of the thesis lies in the possibility of using the proposed organizational and technological solutions at repair workshops, service centers, motor transport enterprises, machine and tractor workshops, and educational production laboratories. The developed approach makes it possible to improve the quality of unit repair, reduce labor intensity, ensure rational use of equipment, and extend the service life of the YaMZ-236 engine water pump.

Keywords: aggregate repair, repair section, water pump, YaMZ-236 engine, cooling system, defect detection, technological process, unit repair, repair cost, occupational safety, environmental safety.

ВСТУП

Сучасна експлуатація автомобільної, тракторної, сільськогосподарської, дорожньої та спеціальної техніки потребує високого рівня технічної готовності. Надійність машин значною мірою залежить не лише від якості їх виготовлення, а й від своєчасного технічного обслуговування, діагностування та ремонту. У процесі експлуатації вузли й агрегати машин працюють в умовах змінних навантажень, температурних перепадів, вібрацій, забруднення робочих середовищ, корозійного впливу та природного зношування. Унаслідок цього поступово погіршуються технічні параметри деталей, знижуються герметичність, точність спряжень, продуктивність агрегатів і загальна надійність машин.

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності ремонтного виробництва є впровадження агрегатного методу ремонту. Його сутність полягає в тому, що несправний вузол або агрегат знімається з машини та ремонтується на спеціалізованій дільниці, а машина за потреби може комплектуватися справним агрегатом з обмінного фонду. Такий підхід дозволяє скоротити тривалість простою техніки, підвищити спеціалізацію ремонтних операцій, покращити організацію робочих місць і забезпечити більш стабільну якість ремонту.

Агрегатний ремонт є особливо доцільним для вузлів, які мають типову конструкцію, повторювані несправності, можливість розбирання, дефектації, складання та стендового випробування. До таких агрегатів належать стартери, генератори, масляні насоси, паливні насоси, компресори, гідравлічні вузли, агрегати трансмісії та водяні насоси системи охолодження двигунів. Організація ремонту таких агрегатів на спеціалізованій дільниці створює умови для кращого використання обладнання, підвищення кваліфікації працівників, зменшення непродуктивних витрат часу та забезпечення технологічної дисципліни.

Важливим агрегатом двигуна внутрішнього згоряння є водяний насос системи охолодження. Його основне призначення полягає у забезпеченні примусової циркуляції охолоджувальної рідини через сорочку охолодження двигуна, радіатор, патрубки та інші елементи системи. Від справності водяного насоса залежить підтримання оптимального температурного режиму двигуна,

стабільність теплового стану деталей, ефективність відведення тепла та надійність роботи силового агрегату загалом.

Двигун ЯМЗ-236 є поширеним дизельним двигуном, який застосовувався і застосовується на різних видах автомобільної, тракторної, спеціальної та промислової техніки. Його конструкція характеризується високою ремонтпридатністю, значним поширенням у ремонтній практиці та наявністю типових агрегатів, що можуть відновлюватися в умовах ремонтних підприємств. Система охолодження цього двигуна повинна забезпечувати відведення надлишкового тепла від деталей, які працюють під дією високих температур і механічних навантажень. Одним із ключових елементів цієї системи є водяний насос.

У процесі роботи водяний насос двигуна ЯМЗ-236 зазнає впливу комплексу експлуатаційних факторів. До них належать підвищена температура охолоджувальної рідини, коливання тиску, вібрації, радіальні та осьові навантаження на вал, кавітаційний вплив, корозія, забруднення рідини, старіння ущільнювальних елементів і зношування підшипників. Такі умови поступово призводять до втрати герметичності, появи люфту, шуму під час роботи, зниження продуктивності насоса, погіршення циркуляції охолоджувальної рідини та перегрівання двигуна.

Найбільш характерними несправностями водяного насоса є витікання охолоджувальної рідини через ущільнювальний вузол, зношування або руйнування підшипників, пошкодження вала, зношування посадкових поверхонь, корозійне пошкодження корпусу, зношування або руйнування крильчатки, пошкодження прокладок і порушення герметичності з'єднань. Якщо ці несправності своєчасно не усунути, вони можуть спричинити порушення теплового режиму двигуна, зниження його потужності, підвищену витрату палива, погіршення умов мащення та передчасне зношування відповідальних деталей.

Якісний ремонт водяного насоса повинен виконуватися за обґрунтованим технологічним процесом. Такий процес має передбачати послідовне приймання агрегату в ремонт, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектацію,

визначення ремонтпридатності, вибір способів відновлення або заміни деталей, складання, контроль якості та випробування. Особливу увагу необхідно приділяти стану корпусу, вала, крильчатки, підшипникових вузлів, ущільнювальних елементів і посадкових поверхонь, оскільки саме вони найбільше впливають на ресурс відремонтованого агрегату.

Разом із технологічним процесом важливим завданням є проєктування дільниці агрегатного ремонту. Така дільниця повинна забезпечувати виконання всіх основних операцій ремонту агрегатів: розбирання, очищення, миття, дефектацію, слюсарну обробку, механічну обробку окремих деталей, заміну непридатних елементів, складання та випробування. Рациональне планування дільниці дає змогу скоротити переміщення деталей, уникнути перехрещення потоків брудних і чистих агрегатів, забезпечити зручність роботи працівників і підвищити якість ремонтних операцій.

Проєктування дільниці повинно спиратися на розрахунок виробничої програми, річної трудомісткості, кількості працівників, фонду робочого часу, вибору обладнання, площі виробничого приміщення та організації робочих місць. Саме ці розрахунки дають змогу обґрунтувати структуру дільниці, її пропускну здатність, потребу в обладнанні та можливість виконання заданого обсягу ремонтних робіт. У межах цієї роботи ці питання розглядаються з урахуванням методики організаційного розрахунку ремонтного підрозділу та особливостей агрегатного ремонту.

Не менш важливим є економічне обґрунтування проєкту. Організація дільниці агрегатного ремонту потребує витрат на виробничі приміщення, обладнання, інструмент, оплату праці, матеріали, запасні частини, енергію, воду, утримання дільниці та інші виробничі потреби. Тому доцільність проєкту повинна підтверджуватися розрахунком собівартості ремонту, ціни послуги, очікуваного доходу, прибутку та рентабельності. Економічні розрахунки дозволяють визначити, чи є ремонт водяного насоса доцільним порівняно із заміною агрегату, а також оцінити ефективність функціонування дільниці.

Важливою складовою роботи є охорона праці та екологічна безпека. На дільниці агрегатного ремонту працівники можуть контактувати з рухомими

частинами верстатів, ручним інструментом, пресами, мийним обладнанням, електроінструментом, мастильними матеріалами, охолоджувальними рідинами, стружкою, абразивним пилом і виробничими відходами. Тому проєкт дільниці повинен передбачати безпечну організацію робочих місць, використання засобів індивідуального захисту, справне обладнання, достатнє освітлення, вентиляцію, електробезпеку, пожежну безпеку та організоване поводження з відходами.

Актуальність теми магістерської кваліфікаційної роботи полягає у необхідності розробки раціонального проєкту дільниці агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Це дає змогу поєднати організаційні, технологічні, економічні та безпекові аспекти ремонтного виробництва, підвищити якість ремонту агрегатів, зменшити простой техніки та забезпечити надійну роботу двигунів після ремонту.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка проєкту дільниці з агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 з обґрунтуванням виробничої програми, трудомісткості робіт, вибору обладнання, організації робочих місць, технологічної послідовності ремонту, контролю якості, економічної ефективності та заходів з охорони праці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Проаналізувати значення агрегатного ремонту в системі технічного сервісу машин.
2. Розглянути призначення, будову та умови роботи водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.
3. Визначити основні несправності та характерні дефекти деталей водяного насоса.
4. Обґрунтувати необхідність організації дільниці агрегатного ремонту.
5. Визначити виробничу характеристику дільниці та основні види робіт, що на ній виконуються.
6. Виконати розрахунок виробничої програми, трудомісткості робіт і чисельності працівників.

7. Вибрати технологічне обладнання, пристрої, інструмент і засоби контролю для дільниці.
8. Розрахувати площу дільниці та обґрунтувати організацію робочих місць.
9. Розробити технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.
10. Обґрунтувати операції розбирання, миття, дефектації, ремонту, складання та випробування агрегату.
11. Провести економічне оцінювання запропонованих проєктних і технологічних рішень.
12. Розробити заходи з охорони праці, пожежної та екологічної безпеки на дільниці агрегатного ремонту.

Об'єктом дослідження є процес організації агрегатного ремонту та ремонтно-відновлювальні роботи, що виконуються під час ремонту агрегатів двигунів внутрішнього згоряння.

Предметом дослідження є проєктні рішення дільниці агрегатного ремонту та технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236, включаючи розбирання, очищення, дефектацію, ремонт, складання, контроль і випробування агрегату.

Методи дослідження включають аналіз технічної, навчальної та ремонтної документації; систематизацію типових дефектів водяного насоса; технологічне проєктування ремонтного процесу; розрахунок виробничої програми, трудомісткості та чисельності працівників; вибір обладнання; техніко-економічне оцінювання; аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів; розроблення заходів з охорони праці та екологічної безпеки.

Науково-практичне значення роботи полягає у формуванні комплексного підходу до організації агрегатного ремонту, який поєднує проєктування виробничої дільниці з розробкою конкретного технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Запропоновані рішення можуть бути використані в ремонтних майстернях, сервісних центрах,

автотранспортних підприємствах, машинно-тракторних майстернях і навчально-виробничих лабораторіях.

Очікуваний результат роботи полягає у створенні обґрунтованого проєкту дільниці агрегатного ремонту, розробленні технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236, підвищенні якості ремонту агрегатів, зменшенні трудомісткості ремонтних операцій, забезпеченні економічної доцільності ремонту та створенні безпечних умов праці.

Структура магістерської кваліфікаційної роботи передбачає анотацію, вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. У першому розділі аналізується стан питання організації агрегатного ремонту та ремонту водяних насосів двигунів. У другому розділі розробляється проєкт дільниці агрегатного ремонту. У третьому розділі формується технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. У четвертому розділі виконується економічне обґрунтування проєктних і технологічних рішень. У п'ятому розділі розглядаються питання охорони праці та екологічної безпеки на дільниці агрегатного ремонту.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ ТА РЕМОНТУ ВОДЯНИХ НАСОСІВ ДВИГУНІВ

Сучасна експлуатація автомобільної, тракторної, сільськогосподарської, дорожньо-будівельної та спеціальної техніки безпосередньо пов'язана з необхідністю підтримання її справного технічного стану. Машина в процесі роботи постійно зазнає дії механічних, теплових, вібраційних, корозійних, абразивних та інших експлуатаційних факторів. Унаслідок цього поступово змінюються розміри деталей, погіршується якість робочих поверхонь, знижується герметичність з'єднань, виникають зазори, люфти, шуми, вібрації та інші ознаки зношування [1; 2].

Ремонтне виробництво є важливою складовою системи технічного сервісу машин. Його завдання полягає не лише у відновленні несправних деталей або агрегатів, а й у забезпеченні стабільної працездатності техніки, скороченні простоїв, зниженні витрат на експлуатацію та продовженні строку служби машин. У ремонтній практиці особливе значення має агрегатний метод ремонту, який дозволяє виконувати відновлення окремих вузлів і агрегатів на спеціалізованих робочих місцях із застосуванням відповідного обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю [3; 4].

Одним із відповідальних агрегатів двигуна внутрішнього згоряння є водяний насос системи охолодження. Його справність безпосередньо впливає на тепловий режим двигуна, стабільність циркуляції охолоджувальної рідини, ресурс деталей циліндро-поршневої групи, головок блока, ущільнень, підшипників і мастильної системи. У разі несправності водяного насоса двигун може перегріватися, втрачати потужність, працювати з підвищеним зношуванням і вийти з ладу значно раніше встановленого ресурсу [5; 6].

Двигун ЯМЗ-236 належить до поширених дизельних двигунів, які тривалий час використовувалися на вантажних автомобілях, тракторах, автобусах, спеціальній, будівельній, дорожній та промисловій техніці. Його конструкція є ремонтпридатною, а значне поширення таких двигунів зумовлює

практичну потребу в якісному ремонті їхніх агрегатів, зокрема водяного насоса системи охолодження [7; 8].

Тому аналіз стану питання організації агрегатного ремонту та ремонту водяних насосів двигунів є необхідним етапом перед розробкою проєкту ділянки агрегатного ремонту і технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

1.1. Значення ремонтного виробництва в забезпеченні працездатності машин

Ремонтне виробництво є однією з основних ланок системи підтримання працездатності машин. Будь-яка техніка в процесі експлуатації поступово втрачає початковий технічний стан. Це пов'язано зі зношуванням деталей, старінням матеріалів, порушенням регулювань, накопиченням забруднень, корозією, втомними пошкодженнями, розгерметизацією вузлів та іншими процесами, які є природними для машин, що працюють у реальних виробничих умовах [1; 3].

Основне значення ремонтного виробництва полягає у відновленні справності та працездатності машин, агрегатів і деталей. При цьому ремонт не можна розглядати лише як усунення окремої несправності. Якісний ремонт повинен забезпечити повернення об'єкта до такого технічного стану, за якого він може надійно виконувати свої функції протягом установленого міжремонтного періоду [4; 9].

Для підприємств, що експлуатують автомобільну, тракторну або спеціальну техніку, ремонтне виробництво має не тільки технічне, а й економічне значення. Вчасний і якісний ремонт дає змогу зменшити простої машин, уникнути аварійних відмов, знизити витрати на придбання нових агрегатів, раціонально використовувати запасні частини та продовжити строк служби дорогих вузлів [10].

Особливо важливою є роль ремонту для машин, які працюють у напружених умовах: у сільському господарстві, будівництві, транспорті, комунальному господарстві, промисловості. Для таких машин навіть

короткочасний простій може призвести до значних виробничих втрат. Наприклад, несправність двигуна або його системи охолодження під час сезонних польових робіт може зірвати технологічний процес, збільшити витрати палива, знизити продуктивність і призвести до додаткових витрат на терміновий ремонт [5; 11].

Ремонтне виробництво виконує кілька важливих функцій:

- відновлення працездатності машин, агрегатів і деталей;
- попередження розвитку несправностей;
- продовження ресурсу техніки;
- зменшення витрат на експлуатацію;
- підвищення технічної готовності машинного парку;
- раціональне використання матеріальних ресурсів;
- забезпечення безпечної експлуатації техніки.

Для кращого розуміння ролі ремонтного виробництва у забезпеченні працездатності машин основні напрями його впливу наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення ремонтного виробництва в забезпеченні працездатності машин

Напрямок впливу ремонтного виробництва	Зміст	Практичне значення
Технічний	Відновлення справності деталей, вузлів і агрегатів	Забезпечення працездатності машини після відмови або зношування
Експлуатаційний	Підтримання технічної готовності машин	Скорочення простоїв і підвищення продуктивності техніки
Економічний	Зменшення витрат на придбання нових агрегатів	Зниження собівартості експлуатації машин
Ресурсний	Продовження строку служби деталей і агрегатів	Раціональне використання матеріальних ресурсів
Організаційний	Створення системи технічного сервісу та планового ремонту	Забезпечення керованості ремонтного процесу
Безпековий	Усунення несправностей, що можуть спричинити аварійні ситуації	Підвищення безпеки експлуатації техніки

З табл. 1.1 видно, що ремонтне виробництво впливає на всі ключові сторони експлуатації машин: технічну, економічну, організаційну та безпекову. Саме тому ефективність ремонтної системи є важливою умовою стабільної роботи підприємства.

Важливо зазначити, що сучасний ремонт повинен бути не випадковим набором операцій, а організованим технологічним процесом. Він має передбачати приймання агрегату в ремонт, очищення, розбирання, дефектацію, вибір способу відновлення або заміни деталей, складання, регулювання, контроль якості та випробування. Лише за такої послідовності можна забезпечити не просто усунення несправності, а надійне відновлення агрегату [2; 4].

Отже, ремонтне виробництво є необхідною умовою забезпечення працездатності машин. Воно дозволяє продовжувати строк служби техніки, знижувати експлуатаційні витрати, підвищувати технічну готовність і забезпечувати стабільність виробничих процесів.

1.2. Роль агрегатного ремонту в системі технічного сервісу

Агрегатний ремонт є одним із найбільш раціональних способів організації ремонтного виробництва. Його сутність полягає в тому, що несправний агрегат знімають із машини, ремонтують на спеціалізованій дільниці або замінюють справним агрегатом з обмінного фонду. Такий підхід дає змогу скоротити простій машини, підвищити якість ремонту і краще організувати виробничий процес [3; 12].

На відміну від індивідуального ремонту безпосередньо на машині, агрегатний ремонт дозволяє виконувати роботи у зручних умовах, із застосуванням спеціалізованого обладнання, стендів, пристроїв, мийних установок, пресів, вимірювального інструменту та засобів контролю. Це особливо важливо для агрегатів, які потребують ретельного розбирання, миття, дефектації, складання і перевірки після ремонту [13].

Агрегатний метод ремонту має особливе значення для водяних насосів, масляних насосів, генераторів, стартерів, паливних насосів, компресорів,

гідравлічних вузлів та інших агрегатів, які мають типові несправності та можуть бути перевірені на стенді. Водяний насос двигуна ЯМЗ-236 є саме таким агрегатом, оскільки після ремонту він повинен пройти контроль герметичності, якості складання, легкості обертання, відсутності шуму, люфту і витікання охолоджувальної рідини [5; 14].

В агрегатному ремонті важливою перевагою є можливість спеціалізації робіт. Працівники виконують певні операції постійно, набувають практичного досвіду, краще знають типові дефекти агрегатів і швидше приймають правильні ремонтні рішення. Це підвищує якість ремонту і зменшує ймовірність помилок під час складання або дефектації [4; 12].

Ще однією перевагою агрегатного ремонту є можливість формування обмінного фонду. Якщо підприємство має справні відремонтовані агрегати, несправний вузол можна швидко замінити, а його ремонт виконати пізніше на дільниці. Такий підхід особливо корисний для техніки, яка не може довго простоювати [10].

У табл. 1.2 наведено основні переваги агрегатного ремонту порівняно з ремонтом агрегатів безпосередньо на машині.

Таблиця 1.2 – Переваги агрегатного ремонту в системі технічного сервісу

Перевага агрегатного ремонту	Зміст переваги	Практичний результат
Скорочення простою машини	Несправний агрегат можна замінити або ремонтувати окремо	Машина швидше повертається до роботи
Спеціалізація робіт	Операції виконуються на окремих робочих місцях	Підвищується якість і продуктивність праці
Краще оснащення процесу	Використовуються стенди, пристрої, мийне обладнання, преси	Підвищується точність і надійність ремонту
Організована дефектація	Деталі перевіряються після повного розбирання та очищення	Зменшується ризик встановлення несправних деталей
Контроль якості	Відремонтований агрегат можна випробувати до встановлення на машину	Знижується ймовірність повторної відмови

Можливість обмінного фонду	Справні агрегати зберігаються для швидкої заміни	Підвищується технічна готовність парку машин
Рациональне використання обладнання	Обладнання концентрується на спеціалізованій дільниці	Зменшуються витрати й покращується організація виробництва

З табл. 1.2 видно, що агрегатний ремонт має значні організаційні та технічні переваги. Він дозволяє не лише ремонтувати агрегати, а й створювати більш керовану систему технічного сервісу.

Для водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 агрегатний ремонт є доцільним тому, що насос має відносно компактну конструкцію, може бути знятий із двигуна, повністю розібраний, очищений, продефектований, відремонтований, складений і перевірений окремо від машини. Це створює умови для якісного виконання всіх операцій та об'єктивного контролю результату [7; 14].

Таким чином, агрегатний ремонт є важливою формою організації ремонтного виробництва. Його застосування дозволяє підвищити якість ремонту, скоротити простої техніки, раціонально використовувати обладнання та забезпечити стабільну працездатність агрегатів після відновлення.

1.3. Організаційні особливості роботи агрегатної дільниці

Агрегатна дільниця є спеціалізованим виробничим підрозділом ремонтного підприємства або майстерні, призначеним для ремонту вузлів і агрегатів машин. На такій дільниці виконують приймання агрегатів у ремонт, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектацію, ремонт або заміну несправних елементів, складання, регулювання, контроль якості та випробування [3; 13].

Організація роботи агрегатної дільниці повинна забезпечувати логічну послідовність руху агрегату від “брудної” зони до “чистої”. На початку процесу агрегат надходить із забрудненнями, залишками мастила, охолоджувальної рідини, корозійними нашаруваннями та продуктами зношування. Після миття, очищення і дефектації деталі переходять до зони ремонту, а потім — до зони складання та випробування. Змішування брудних і чистих потоків небажане,

оскільки воно погіршує якість складання і може призвести до повторного забруднення відремонтованих деталей [15].

Для агрегатної дільниці важливо передбачити окремі робочі місця або зони:

- приймання і попереднього огляду агрегатів;
- зовнішнього очищення;
- розбирання;
- миття деталей;
- дефектації;
- ремонту деталей;
- комплектування;
- складання;
- випробування;
- зберігання відремонтованих агрегатів.

У табл. 1.3 наведено основні функціональні зони агрегатної дільниці та їх призначення.

Таблиця 1.3 – Основні функціональні зони агрегатної дільниці

Функціональна зона	Основні роботи	Значення для організації ремонту
Зона приймання агрегатів	Огляд, реєстрація, визначення зовнішніх ознак несправності	Забезпечує початковий контроль і облік агрегатів
Зона очищення	Видалення зовнішніх забруднень, мастила, залишків рідини	Полегшує подальше розбирання та дефектацію
Зона розбирання	Демонтаж деталей, вузлів, кріплень, ущільнень	Забезпечує доступ до деталей для ремонту
Зона миття деталей	Очищення деталей від забруднень, нагару, корозії	Підвищує якість дефектації
Зона дефектації	Вимірювання, огляд, сортування деталей	Дозволяє визначити придатність деталей
Зона ремонту деталей	Відновлення посадок, заміна деталей, слюсарна обробка	Забезпечує повернення деталей до працездатного стану
Зона складання	Комплектування та складання агрегату	Формує готовий до випробування агрегат
Зона випробування	Перевірка герметичності, шуму, легкості обертання	Підтверджує якість ремонту

Зона зберігання	Зберігання справних агрегатів	Забезпечує готовність агрегатів до встановлення
-----------------	-------------------------------	---

З табл. 1.3 видно, що агрегатна дільниця повинна бути організована за принципом послідовного технологічного потоку. Це дозволяє уникнути зайвих переміщень, зменшити витрати часу, підвищити чистоту виробничого процесу та створити зручні умови для контролю якості.

Для ремонту водяних насосів на агрегатній дільниці необхідно мати слюсарний верстак, пристрої для розбирання та складання, знімачі підшипників і крильчаток, прес, мийне обладнання, комплект вимірювального інструменту, набір слюсарного інструменту, пристрої для контролю герметичності та, за можливості, стенд для перевірки працездатності насоса [14; 16].

Важливою організаційною вимогою є правильне розміщення обладнання. Робочі місця повинні бути розташовані так, щоб деталі проходили послідовно всі стадії ремонту без зайвого повернення назад. Це особливо важливо для агрегатів, що мають забруднені рідиною або мастилом деталі. Після миття та очищення вони повинні потрапляти до чистішої зони дефектації і складання [15].

Організація агрегатної дільниці також повинна передбачати контроль якості на кількох етапах. Перший контроль виконується під час приймання агрегату, другий — після розбирання і миття, третій — після ремонту деталей, четвертий — після складання, п'ятий — під час випробування. Такий багатоступеневий підхід зменшує ризик повторної несправності після ремонту [4].

Отже, агрегатна дільниця повинна бути не просто місцем виконання ремонтних операцій, а раціонально організованим виробничим підрозділом. Її ефективність залежить від правильної структури, послідовності робіт, оснащення, кваліфікації працівників, контролю якості та дотримання технологічної дисципліни.

1.4. Загальна характеристика двигуна ЯМЗ-236

Двигун ЯМЗ-236 є дизельним двигуном, який отримав широке застосування на автомобільній, тракторній, будівельній, дорожній, спеціальній і промисловій техніці. Він відомий як достатньо надійний, ремонтпридатний і

поширений силовий агрегат. Його конструкція передбачає роботу в умовах значних механічних і теплових навантажень, тому справність усіх систем двигуна має важливе значення для забезпечення його ресурсу [7; 8].

Двигун ЯМЗ-236 належить до дизельних двигунів із рідинною системою охолодження. Це означає, що відведення тепла від основних нагрітих деталей здійснюється за допомогою охолоджувальної рідини, яка циркулює через сорочку охолодження блока і головок циліндрів, радіатор, патрубки та водяний насос. Стабільність цієї циркуляції має прямий вплив на тепловий стан двигуна [5; 6].

У роботі двигуна утворюється значна кількість тепла, яке виникає внаслідок згоряння палива, тертя деталей, стиснення повітря, навантаження на циліндро-поршкову групу та інші процеси. Частина тепла перетворюється на корисну механічну роботу, частина відводиться з відпрацьованими газами, частина переходить у мастило, а значна частина повинна бути відведена системою охолодження. Якщо ця система працює неправильно, двигун перегрівається або, навпаки, не досягає нормального теплового режиму [17].

Нормальна робота двигуна ЯМЗ-236 залежить від справності кількох систем: паливної, мастильної, охолодження, впуску і випуску, пускової системи та механізмів газорозподілу. Серед них система охолодження має особливе значення, оскільки вона впливає на температурний режим деталей, в'язкість мастила, величину теплових зазорів і загальну довговічність двигуна [5].

Для узагальнення основних особливостей двигуна ЯМЗ-236 наведено табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Загальна характеристика двигуна ЯМЗ-236 як об'єкта технічного сервісу

Ознака	Характеристика	Значення для ремонту
Тип двигуна	Дизельний двигун внутрішнього згоряння	Потребує справної паливної, мастильної та охолоджувальної систем
Сфера застосування	Автомобільна, тракторна, спеціальна, промислова техніка	Значне поширення створює потребу в ремонтній базі
Система охолодження	Рідинна, з примусовою циркуляцією	Водяний насос є відповідальним агрегатом

Умови роботи	Теплові, механічні та вібраційні навантаження	Вимагають якісного ремонту агрегатів
Ремонтопридатність	Конструкція допускає розбирання та ремонт агрегатів	Дає можливість застосовувати агрегатний ремонт
Значення водяного насоса	Забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини	Впливає на тепловий режим і ресурс двигуна

З табл. 1.4 видно, що двигун ЯМЗ-236 є зручним об'єктом для організації агрегатного ремонту, оскільки його вузли мають типову конструкцію, можуть зніматися з двигуна і ремонтуватися окремо.

Особливе значення має те, що несправність водяного насоса може негативно вплинути на весь двигун. Якщо насос не створює достатньої циркуляції охолоджувальної рідини, окремі зони двигуна перегріваються. Це може призвести до порушення теплових зазорів, прискореного зношування, деформації деталей, пошкодження прокладок і зниження ресурсу двигуна [6; 17].

Отже, двигун ЯМЗ-236 є поширеним і ремонтпридатним дизельним двигуном, а його водяний насос — важливим агрегатом системи охолодження. Саме тому розробка технологічного процесу ремонту водяного насоса і проекту дільниці агрегатного ремонту має практичне значення.

1.5. Призначення та робота системи охолодження двигуна ЯМЗ-236

Система охолодження двигуна призначена для відведення надлишкового тепла від деталей, які нагріваються під час роботи. До таких деталей належать циліндри, головки циліндрів, поршні, клапани, сідла клапанів, стінки камер згоряння та інші елементи. Без ефективного охолодження температура цих деталей може перевищити допустимі межі, що призведе до зменшення ресурсу або аварійної відмови двигуна [5; 17].

У двигуні ЯМЗ-236 застосовується рідинна система охолодження з примусовою циркуляцією охолоджувальної рідини. Примусова циркуляція означає, що рух рідини забезпечується водяним насосом. Він створює потік, який проходить через сорочку охолодження двигуна, забирає тепло від нагрітих деталей і передає його в радіатор, де тепло відводиться в навколишнє середовище [6].

Система охолодження виконує кілька важливих функцій:

- підтримує оптимальний тепловий режим двигуна;
- запобігає перегріванню деталей;
- сприяє стабільності теплових зазорів;
- забезпечує нормальні умови мащення;
- зменшує ризик деформацій і тріщин;
- підвищує ресурс двигуна;
- сприяє економічній роботі силового агрегату.

Недостатнє охолодження призводить до перегрівання двигуна. У такому разі мастило втрачає потрібні властивості, збільшується зношування деталей, можуть виникати задири, деформації, пошкодження ущільнень і прокладок. Надмірне охолодження також небажане, оскільки двигун не досягає нормального температурного режиму, зростає витрата палива, погіршується згоряння і збільшується зношування через конденсацію вологи та неповне випаровування палива [17; 18].

У табл. 1.5 наведено основні елементи системи охолодження двигуна та їх функції.

Таблиця 1.5 – Основні елементи системи охолодження двигуна та їх призначення

Елемент системи охолодження	Основне призначення	Значення для роботи двигуна
Сорочка охолодження блока і головок	Відведення тепла від нагрітих деталей	Запобігає перегріванню циліндрів і головок
Водяний насос	Забезпечення примусової циркуляції рідини	Підтримує стабільний рух охолоджувальної рідини
Радіатор	Відведення тепла від рідини в навколишнє середовище	Знижує температуру охолоджувальної рідини
Вентилятор	Посилення повітряного потоку через радіатор	Покращує охолодження при навантаженні
Термостат	Регулювання напрямку руху рідини залежно від температури	Допомагає швидше прогріти двигун і підтримувати режим
Патрубки та шланги	З'єднання елементів системи	Забезпечують герметичний рух рідини

Пробка, розширювальні елементи, ущільнення	Компенсація тиску та герметизація системи	Запобігають витіканню і втраті рідини
--	--	--

Як видно з табл. 1.5, водяний насос є одним із центральних елементів системи охолодження. Без нього рідина не зможе циркулювати з необхідною інтенсивністю, а отже, тепло не буде ефективно відводитися від двигуна.

Робота системи охолодження залежить від стану кожного елемента, але водяний насос має особливе значення, оскільки саме він забезпечує рух рідини. Навіть справний радіатор, термостат і патрубки не зможуть забезпечити нормальне охолодження, якщо насос має зношені підшипники, пошкоджену крильчатку, витікання через ущільнення або значний люфт вала [6; 14].

Отже, система охолодження двигуна ЯМЗ-236 є важливою системою забезпечення його працездатності. Водяний насос у цій системі виконує ключову роль, тому його якісний ремонт має пряме значення для надійності двигуна.

1.6. Будова та принцип роботи водяного насоса двигуна ЯМЗ-236

Водяний насос двигуна ЯМЗ-236 призначений для створення примусової циркуляції охолоджувальної рідини в системі охолодження. За своєю будовою він належить до відцентрових насосів, у яких переміщення рідини відбувається завдяки обертанню крильчатки. Під час обертання крильчатка передає рідині енергію, внаслідок чого рідина переміщується від центральної частини насоса до периферії та далі надходить у систему охолодження [5; 6].

Основними деталями водяного насоса є корпус, вал, крильчатка, підшипники, ущільнювальний вузол, маточина або елемент приводу, прокладки, кріпильні деталі та ущільнювальні елементи. Кожна з цих деталей виконує свою функцію, а несправність хоча б одного елемента може призвести до порушення роботи всього агрегату [14].

Корпус насоса є базовою деталлю. У ньому розміщуються вал, підшипники, ущільнення і канали для проходження охолоджувальної рідини. Корпус повинен мати достатню міцність, герметичність, точність посадкових поверхонь і стійкість до корозії. Пошкодження корпусу, тріщини, корозійні

раковини або зношування посадкових місць можуть стати причиною витікання рідини, перекосу вала або порушення роботи підшипників [14; 19].

Вал передає обертальний рух до крильчатки. Він працює під дією радіальних і осьових навантажень, тому повинен мати достатню міцність, точність посадкових поверхонь і стійкість до зношування. На валу можуть виникати зношування шийок, корозія, задири, биття або пошкодження посадок під підшипники і крильчатку [16].

Крильчатка є робочим органом насоса. Вона створює потік охолоджувальної рідини і визначає продуктивність насоса. Пошкодження лопатей, корозія, кавітаційне руйнування або неправильна посадка крильчатки знижують ефективність циркуляції рідини [6; 18].

Підшипники забезпечують обертання вала з мінімальним тертям і утримують його в правильному положенні. Зношування підшипників призводить до люфту, шуму, вібрації, перекосу вала і прискореного руйнування ущільнення. Ущільнювальний вузол запобігає витіканню охолоджувальної рідини з насоса. Його несправність є однією з найпоширеніших причин ремонту водяного насоса [14].

У табл. 1.6 наведено основні деталі водяного насоса та їх функції.

Таблиця 1.6 – Основні деталі водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 та їх функції

Деталь водяного насоса	Основна функція	Можливі наслідки несправності
Корпус	Розміщення деталей насоса, формування каналів рідини	Витікання, перекіс вала, порушення герметичності
Вал	Передавання обертання до крильчатки	Биття, шум, руйнування підшипників і ущільнення
Крильчатка	Створення потоку охолоджувальної рідини	Зниження продуктивності насоса
Підшипники	Забезпечення обертання вала	Люфт, шум, вібрація, перегрівання
Ущільнення	Запобігання витіканню охолоджувальної рідини	Витікання, втрата рідини, перегрівання двигуна
Прокладки	Герметизація стиків	Підтікання охолоджувальної рідини

Маточина або привідний елемент	Передавання обертання від приводу	Порушення обертання насоса
--------------------------------	-----------------------------------	----------------------------

З табл. 1.6 видно, що водяний насос є відносно компактним, але відповідальним агрегатом. Його працездатність залежить від справності всіх основних деталей.

Принцип роботи водяного насоса полягає в тому, що при обертанні вала обертається крильчатка. Охолоджувальна рідина надходить у центральну частину насоса, захоплюється лопатями крильчатки і під дією відцентрової сили переміщується до периферії. Далі вона надходить у канали системи охолодження і рухається через двигун та радіатор. Якщо крильчатка пошкоджена або обертається з недостатньою швидкістю, продуктивність насоса зменшується, а охолодження двигуна погіршується [5; 6].

Таким чином, водяний насос двигуна ЯМЗ-236 є важливим агрегатом системи охолодження. Його конструкція дозволяє виконувати ремонт із розбиранням, дефектацією, заміною зношених деталей, відновленням посадкових поверхонь, складанням і випробуванням.

1.7. Умови роботи водяного насоса в системі охолодження

Водяний насос працює в складних умовах, які поєднують дію температури, вологи, охолоджувальної рідини, механічних навантажень, вібрацій, кавітаційних явищ і корозійних процесів. На відміну від багатьох інших агрегатів, насос постійно контактує з рідиною і одночасно має обертові деталі, підшипники та ущільнення [6; 18].

Одним із головних факторів є температура. Охолоджувальна рідина під час роботи двигуна нагрівається і циркулює через насос. Перепади температури впливають на корпус, ущільнення, підшипники, вал і крильчатку. При різких змінах температури можуть виникати додаткові напруження, старіння гумових і ущільнювальних елементів, зміна зазорів і погіршення герметичності [17].

Другим важливим фактором є механічне навантаження. Вал насоса обертається з високою частотою, передаючи рух крильчатці. При цьому на підшипники діють радіальні й осьові сили, які залежать від натягу приводу, опору

рідини, стану крильчатки, співвідношенні деталей і якості складання. Якщо підшипники зношені або вал має биття, виникає вібрація, шум і прискорене руйнування ущільнення [14; 16].

Кавітація є ще одним небезпечним фактором. Вона виникає тоді, коли в потоці рідини утворюються парогазові бульбашки, які потім схлопуються біля поверхонь деталей. Це може призводити до локального руйнування крильчатки, корпусу або каналів насоса. Кавітаційне зношування часто проявляється у вигляді дрібних раковин і виразок на поверхні металу [18; 20].

Корозія також має велике значення. Якщо охолоджувальна рідина має низьку якість, містить домішки, воду з підвищеною жорсткістю, продукти окиснення або втрачає антикорозійні властивості, деталі насоса можуть поступово руйнуватися. Корозійні пошкодження корпусу, крильчатки та посадкових поверхонь ускладнюють ремонт і можуть знижувати ресурс агрегату після відновлення [19].

У табл. 1.7 наведено основні умови роботи водяного насоса та їх вплив на технічний стан агрегату.

Таблиця 1.7 – Умови роботи водяного насоса двигуна та їх вплив на технічний стан

Умова роботи	На які деталі впливає	Можливі наслідки
Підвищена температура	Ущільнення, корпус, підшипники, вал	Старіння ущільнень, зміна зазорів, втрата герметичності
Обертання вала	Вал, підшипники, крильчатка	Зношування підшипників, люфт, шум
Вібрація	Підшипники, вал, кріплення, ущільнення	Послаблення посадок, руйнування ущільнення
Кавітація	Крильчатка, корпус, канали	Раковини, ерозія, зниження продуктивності
Корозія	Корпус, крильчатка, посадкові поверхні	Руйнування поверхонь, витікання рідини
Забруднення рідини	Ущільнення, крильчатка, корпус	Абразивне зношування, порушення герметичності
Перекіс або неправильне складання	Вал, підшипники, ущільнення	Прискорене зношування і повторна відмова

З табл. 1.7 видно, що водяний насос працює в умовах комплексного впливу різних факторів. Саме тому його ремонт повинен передбачати не лише заміну очевидно пошкоджених деталей, а й ретельну перевірку причин несправності.

Особливо небезпечною є ситуація, коли несправність водяного насоса розвивається поступово. Спочатку може з'явитися невелике підтікання, шум або люфт. Якщо на це не звернути увагу, зношування підшипників посилюється, вал починає працювати з перекосом, ущільнення руйнується швидше, а охолоджувальна рідина витікає інтенсивніше. У результаті виникає перегрівання двигуна і потреба вже не лише в ремонті насоса, а й у ремонті двигуна [5; 14].

Отже, умови роботи водяного насоса є достатньо складними. Вони зумовлюють характерні несправності агрегату і визначають вимоги до його ремонту, складання та випробування.

1.8. Основні несправності водяних насосів двигунів

Водяні насоси двигунів мають типові несправності, які виникають унаслідок зношування деталей, старіння ущільнень, корозії, кавітації, забруднення охолоджувальної рідини, порушення режимів експлуатації або неякісного попереднього ремонту [14; 18].

Найпоширенішою несправністю є витікання охолоджувальної рідини. Воно може виникати через зношування або пошкодження ущільнення, руйнування прокладки, тріщину в корпусі, корозійні раковини або послаблення кріплень. Витікання небезпечне тим, що рівень охолоджувальної рідини поступово знижується, а двигун починає працювати з недостатнім охолодженням [5].

Другою поширеною несправністю є зношування підшипників. Воно проявляється шумом, люфтом вала, вібрацією, нерівномірним обертанням і перегріванням підшипникового вузла. Зношені підшипники призводять до перекосу вала, прискореного руйнування ущільнення і пошкодження посадкових поверхонь [16].

Третьою несправністю є пошкодження крильчатки. Вона може мати корозію, кавітаційні раковини, зношування лопатей, тріщини, деформації або

послаблення посадки. Пошкоджена крильчатка знижує продуктивність насоса, через що охолоджувальна рідина циркулює недостатньо інтенсивно [18].

До важливих несправностей також належать пошкодження вала, зношування посадкових місць під підшипники, порушення герметичності корпусу, пошкодження різьбових отворів, тріщини, корозія, забруднення каналів і порушення роботи приводу насоса.

У табл. 1.8 наведено основні несправності водяних насосів двигунів, їх ознаки та можливі наслідки.

Таблиця 1.8 – Основні несправності водяних насосів двигунів

Несправність	Зовнішні ознаки	Можливі наслідки
Витікання охолоджувальної рідини	Підтікання біля насоса, зниження рівня рідини	Перегрівання двигуна, втрата герметичності
Зношування підшипників	Шум, люфт вала, вібрація	Перекіс вала, руйнування ущільнення
Пошкодження ущільнення	Підтікання через контрольний отвір або зону ущільнення	Втрата охолоджувальної рідини
Зношування вала	Люфт, биття, пошкодження посадок	Нестабільна робота насоса
Пошкодження крильчатки	Зниження циркуляції, перегрівання двигуна	Недостатнє охолодження
Корозія корпусу	Раковини, підтікання, ослаблення стінок	Втрата герметичності, складність ремонту
Кавітаційне руйнування	Виразки на крильчатці або корпусі	Зниження продуктивності насоса
Пошкодження прокладок	Підтікання по стиках	Втрата герметичності системи
Засмічення каналів	Погіршення циркуляції	Перегрівання окремих зон двигуна

З табл. 1.8 видно, що більшість несправностей водяного насоса прямо або опосередковано призводить до порушення циркуляції охолоджувальної рідини. Тому своєчасна діагностика та якісний ремонт насоса мають велике значення для запобігання серйознішим пошкодженням двигуна.

Під час ремонту важливо не обмежуватися усуненням зовнішньої ознаки несправності. Наприклад, якщо насос має підтікання через ущільнення, потрібно перевірити не тільки саме ущільнення, а й стан вала, підшипників, посадок,

корпусу і крильчатки. Часто руйнування ущільнення є наслідком люфту вала або перекоосу, а не самостійною причиною [14].

Отже, основні несправності водяних насосів мають комплексний характер. Для якісного ремонту необхідно виконувати повне розбирання, очищення, дефектацію та контроль усіх відповідальних деталей.

1.9. Характерні дефекти деталей водяного насоса

Дефекти деталей водяного насоса виникають унаслідок зношування, корозії, кавітації, втоми матеріалу, забруднення охолоджувальної рідини, порушення складання або тривалої експлуатації. Кожна деталь насоса має свої характерні пошкодження, які необхідно враховувати під час дефектації [14; 16].

Корпус насоса може мати тріщини, корозійні раковини, зношування посадкових місць, пошкодження різьбових отворів, неплоскостність стикових поверхонь, забруднення каналів і сліди кавітаційного руйнування. Якщо корпус має глибокі тріщини або значне руйнування посадок, його ремонт може бути недоцільним [19].

Вал насоса може мати зношування шийок під підшипники, корозію, задири, биття, пошкодження різьби, зминання посадкових поверхонь або сліди роботи з перекосом. Особливо небезпечним є биття вала, оскільки воно спричиняє вібрацію і швидко руйнує ущільнення [16].

Крильчатка може мати зношування лопатей, корозійні пошкодження, кавітаційні виразки, тріщини, деформацію або послаблення посадки. Пошкодження крильчатки знижує продуктивність насоса і може спричинити нерівномірну циркуляцію рідини [18; 20].

Підшипники зазвичай не відновлюють, а замінюють. Їх дефектами є шум, люфт, сліди перегрівання, руйнування доріжок кочення, корозія, заклинювання або пошкодження сепаратора. Ущільнення також у більшості випадків підлягає заміні, оскільки після розбирання і тривалої експлуатації воно не може гарантувати герметичність [14].

У табл. 1.9 наведено характерні дефекти основних деталей водяного насоса.

Таблиця 1.9 – Характерні дефекти деталей водяного насоса двигуна

Деталь	Характерні дефекти	Ремонтне рішення
Корпус	Корозія, тріщини, зношування посадок, пошкодження різьби	Ремонт, відновлення посадок або заміна
Вал	Зношування шийок, биття, корозія, пошкодження різьби	Відновлення або заміна
Крильчатка	Корозія, кавітаційні раковини, зношування лопатей, тріщини	Ремонт при незначних дефектах або заміна
Підшипники	Шум, люфт, заклинювання, перегрівання	Заміна
Ущільнення	Зношування, втрата еластичності, пошкодження робочих поверхонь	Заміна
Прокладки	Розриви, ущільнення, старіння матеріалу	Заміна
Кріпильні елементи	Пошкодження різьби, корозія, зрив граней	Заміна або відновлення
Посадкові поверхні	Зношування, овальність, задири	Відновлення механічною обробкою або ремонтними методами

З табл. 1.9 видно, що не всі деталі водяного насоса доцільно відновлювати. Частина елементів, зокрема підшипники, ущільнення і прокладки, зазвичай підлягає заміні. Водночас корпус, вал, посадкові місця та окремі поверхні можуть бути відновлені, якщо їх пошкодження не є критичними.

Під час дефектації необхідно враховувати взаємозв'язок дефектів. Наприклад, зношування підшипників часто спричиняє пошкодження ущільнення. Корозія корпусу може порушити герметичність стиків. Зношування посадки під підшипник може призвести до провертання кільця підшипника і подальшого руйнування корпусу або вала [16; 19].

Отже, дефектація деталей водяного насоса повинна бути комплексною. Вона має встановити не тільки наявність дефекту, а й його причину, ступінь небезпеки та доцільний спосіб ремонту.

1.10. Аналіз способів ремонту та відновлення деталей водяних насосів

Ремонт водяного насоса може включати заміну непридатних деталей, відновлення посадкових поверхонь, ремонт різьбових отворів, усунення незначних пошкоджень корпусу, очищення каналів, фінішну обробку окремих

поверхонь, складання та випробування агрегату. Вибір способу ремонту залежить від характеру дефекту, матеріалу деталі, ступеня зношування, вартості нової деталі та можливостей ремонтної дільниці [14; 21].

Найпростішим і найчастішим способом ремонту є заміна зношених елементів. До таких деталей належать підшипники, ущільнення, прокладки, стопорні кільця, окремі кріпильні елементи. Їх відновлення зазвичай економічно недоцільне, оскільки надійність після повторного використання буде низькою [14].

Посадкові поверхні вала або корпусу можуть відновлюватися механічною обробкою, установленням ремонтних втулок, наплавленням із подальшою обробкою, застосуванням ремонтних складів або іншими методами залежно від конструкції та умов роботи. Для водяного насоса важливо забезпечити точність посадки під підшипники, оскільки порушення посадки призводить до люфту, шуму, вібрації і повторного руйнування ущільнення [16; 21].

Корпус насоса може ремонтуватися шляхом очищення, усунення незначних пошкоджень стикових поверхонь, відновлення різьбових отворів, герметизації незначних поверхневих дефектів або заміни при наявності глибоких тріщин. Якщо корпус має значну корозію, глибокі раковини або порушення геометрії посадкових місць, його подальше використання може бути небезпечним [19].

Крильчатка при незначних забрудненнях або поверхневій корозії може очищатися і використовуватися повторно. Якщо ж вона має тріщини, значне кавітаційне руйнування, деформацію лопатей або послаблення посадки, її доцільно замінити. Робота насоса з пошкодженою крильчаткою знижує ефективність охолодження двигуна [18].

У табл. 1.10 наведено основні способи ремонту і відновлення деталей водяних насосів.

Таблиця 1.10 – Способи ремонту та відновлення деталей водяних насосів

Деталь або вузол	Типовий дефект	Можливий спосіб ремонту
Підшипники	Люфт, шум, руйнування доріжок	Заміна новими

Ущільнення	Витікання, зношування, втрата герметичності	Заміна
Прокладки	Пошкодження, старіння, втрата еластичності	Заміна
Вал	Зношування посадок, корозія, биття	Відновлення посадки або заміна
Корпус	Пошкодження різьби, корозія, зношування посадок	Ремонт різьби, відновлення посадок або заміна
Крильчатка	Корозія, кавітаційні раковини, тріщини	Очищення при незначних дефектах або заміна
Посадкові поверхні	Зношування, овальність, задири	Механічна обробка, втулювання, ремонтні методи
Стикові площини	Неплощинність, подряпини	Зачищення, шліфування, заміна прокладки

З табл. 1.10 видно, що ремонт водяного насоса поєднує операції заміни деталей і відновлення окремих поверхонь. Такий підхід є найбільш раціональним, оскільки дозволяє не витрачати ресурси на відновлення дешевих витратних деталей, але зберегти дорожчі корпусні та базові елементи.

Після ремонту обов'язковим є складання насоса з дотриманням технологічної послідовності. Неправильне встановлення підшипників, перекіс ущільнення, неправильна посадка крильчатки або недостатня чистота деталей можуть спричинити повторну відмову навіть при використанні нових запчастин [14; 16].

Отже, вибір способів ремонту водяного насоса повинен бути технічно обґрунтованим. Головним критерієм є забезпечення надійної роботи агрегату після складання та випробування.

1.11. Вимоги до якості ремонту агрегатів системи охолодження

Якість ремонту агрегатів системи охолодження визначає надійність роботи двигуна після відновлення. Для водяного насоса головними показниками якості є герметичність, відсутність люфту, легкість обертання, відсутність шуму, правильне встановлення підшипників і ущільнень, справність крильчатки, точність посадкових поверхонь і відповідність агрегату вимогам випробування [5; 14].

Якісний ремонт починається з правильної дефектації. Якщо несправну деталь не виявити на цьому етапі, вона може бути встановлена назад у насос і спричинити повторну відмову. Тому всі деталі після миття необхідно уважно оглядати, вимірювати і сортувати на придатні, придатні після ремонту та непридатні [4; 13].

Особливу увагу потрібно приділяти чистоті. Сторонні частинки, абразив, залишки старої прокладки, корозійні продукти або бруд можуть потрапити у підшипники, ущільнення або канали насоса. Це знижує ресурс агрегату і може викликати підтікання або шум [15].

Після складання водяний насос повинен бути перевірений. Основними видами контролю є перевірка легкості обертання вала, відсутності заїдань, люфту, шуму, биття, підтікання охолоджувальної рідини і правильності встановлення деталей. За можливості насос випробовують на стенді або за допомогою пристрою для перевірки герметичності [14].

У табл. 1.11 наведено основні вимоги до якості ремонту водяного насоса.

Таблиця 1.11 – Вимоги до якості ремонту водяного насоса двигуна

Показник якості	Суть вимоги	Наслідки недотримання
Герметичність	Відсутність підтікання через ущільнення і стики	Втрата охолоджувальної рідини, перегрівання
Легкість обертання	Вал повинен обертатися без заїдань	Підвищене навантаження, шум, руйнування підшипників
Відсутність люфту	Підшипники і посадки повинні утримувати вал правильно	Вібрація, руйнування ущільнення
Чистота складання	Відсутність бруду, стружки, абразиву	Прискорене зношування
Справність крильчатки	Лопаті не повинні мати тріщин і значної корозії	Зниження продуктивності насоса
Якість посадок	Підшипники, крильчатка і привідні елементи повинні мати надійну посадку	Провертання, шум, повторна відмова
Стан прокладок	Прокладки повинні забезпечувати герметичність стиків	Підтікання рідини
Контроль після складання	Насос має пройти перевірку працездатності	Невиявлена несправність після ремонту

З табл. 1.11 видно, що якість ремонту водяного насоса залежить не лише від заміни зношених деталей, а й від чистоти, точності складання, контролю посадок і випробування агрегату.

Для агрегатів системи охолодження особливо важливо забезпечити герметичність. Навіть невелике підтікання може поступово призвести до зниження рівня охолоджувальної рідини, перегрівання двигуна і серйозних пошкоджень. Тому контроль герметичності повинен бути обов'язковою операцією після ремонту [5; 14].

Не менш важливою є стабільність роботи підшипникового вузла. Якщо після складання вал має люфт або обертається з шумом, насос не можна вважати якісно відремонтованим. У таких випадках потрібно повторно перевірити підшипники, посадки, правильність складання і стан вала [16].

Отже, вимоги до якості ремонту водяного насоса спрямовані на забезпечення герметичності, стабільної циркуляції охолоджувальної рідини, надійності підшипникового вузла і безпечної роботи двигуна після встановлення агрегату.

Висновки до розділу 1

У першому розділі проаналізовано стан питання організації агрегатного ремонту та ремонту водяних насосів двигунів. Встановлено, що ремонтне виробництво є важливою складовою системи технічного сервісу машин, оскільки забезпечує відновлення працездатності техніки, скорочення простоїв, продовження ресурсу агрегатів і зменшення експлуатаційних витрат.

Розглянуто роль агрегатного ремонту в системі технічного сервісу. Визначено, що агрегатний метод дозволяє ремонтувати вузли й агрегати на спеціалізованих робочих місцях, застосовувати відповідне обладнання, підвищувати якість дефектації, складання та випробування, а також скорочувати час простою машин.

Проаналізовано організаційні особливості роботи агрегатної дільниці. Встановлено, що ефективна агрегатна дільниця повинна мати логічну послідовність робочих зон: приймання, очищення, розбирання, миття,

дефектація, ремонт, складання, випробування та зберігання відремонтованих агрегатів. Така структура дозволяє уникнути змішування брудних і чистих потоків, зменшити непродуктивні переміщення і підвищити якість ремонту.

Надано загальну характеристику двигуна ЯМЗ-236 як поширеного дизельного двигуна з рідинною системою охолодження. Показано, що справність системи охолодження має важливе значення для підтримання нормального теплового режиму двигуна, стабільності мащення, збереження теплових зазорів і продовження ресурсу основних деталей.

Розглянуто призначення та роботу системи охолодження двигуна ЯМЗ-236. Встановлено, що водяний насос є одним із ключових елементів цієї системи, оскільки забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини через двигун і радіатор. Порушення роботи насоса може призвести до перегрівання двигуна та прискореного зношування його деталей.

Проаналізовано будову та принцип роботи водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Визначено, що основними деталями насоса є корпус, вал, крильчатка, підшипники, ущільнення, прокладки, маточина або привідний елемент. Кожна з цих деталей виконує важливу функцію, а її несправність може призвести до порушення роботи всього агрегату.

Встановлено, що водяний насос працює в складних умовах: при підвищеній температурі, контакті з охолоджувальною рідиною, дії вібрацій, корозії, кавітації, радіальних і осьових навантажень. Ці фактори зумовлюють характерні несправності агрегату: витікання рідини, зношування підшипників, люфт вала, пошкодження крильчатки, корозію корпусу, зношування посадкових поверхонь і зниження продуктивності.

Розглянуто характерні дефекти деталей водяного насоса. Визначено, що підшипники, ущільнення і прокладки зазвичай підлягають заміні, тоді як корпус, вал, посадкові поверхні та окремі елементи можуть бути відновлені за умови відсутності критичних пошкоджень.

Проаналізовано способи ремонту та відновлення деталей водяних насосів. Встановлено, що ремонт агрегату повинен поєднувати заміну непридатних

деталей, відновлення ремонтопридатних поверхонь, ретельне складання та обов'язкове випробування після ремонту.

Сформульовано основні вимоги до якості ремонту агрегатів системи охолодження. Найважливішими з них є герметичність, відсутність люфту, легкість обертання вала, відсутність шуму, справність крильчатки, чистота складання, правильність посадок і позитивні результати контрольних випробувань.

Отже, результати аналізу підтверджують доцільність розробки проєкту дільниці з агрегатного ремонту та технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Подальші розділи роботи мають бути спрямовані на розрахунок виробничої програми дільниці, вибір обладнання, організацію робочих місць, розробку технологічного процесу ремонту агрегату, економічне обґрунтування проєктних рішень і забезпечення вимог охорони праці та екологічної безпеки.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ДІЛЬНИЦІ З АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ

2.1. Призначення та виробнича характеристика дільниці агрегатного ремонту

Дільниця агрегатного ремонту призначена для виконання комплексу робіт із ремонту окремих вузлів і агрегатів автомобільної, тракторної та спеціальної техніки. Її створення дає змогу зосередити ремонтні операції в одному спеціалізованому виробничому підрозділі, забезпечити необхідне обладнання, підвищити якість дефектації, складання й контролю, а також скоротити простой машин під час ремонту.

У межах цієї роботи дільниця розглядається як виробничий підрозділ, на якому виконуються роботи з ремонту агрегатів двигунів внутрішнього згоряння, зокрема водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Водяний насос є відповідальним агрегатом системи охолодження, тому його ремонт повинен виконуватися не випадково, а за чітко визначеною технологічною послідовністю.

Основними завданнями дільниці агрегатного ремонту є:

- приймання агрегатів у ремонт;
- зовнішнє очищення та миття агрегатів;
- розбирання вузлів і деталей;
- дефектація деталей;
- визначення придатності деталей до подальшого використання;
- ремонт або заміна зношених елементів;
- складання агрегатів;
- контроль якості складання;
- випробування агрегатів після ремонту;
- підготовка відремонтованих вузлів до встановлення на машину або зберігання.

Виробнича характеристика дільниці повинна враховувати види робіт, обсяг ремонтної програми, трудомісткість, кількість працівників, режим роботи, набір обладнання та площу приміщення. За характером робіт дільниця належить до

ремонтно-виробничих підрозділів із переважанням слюсарно-складальних, мийних, дефектувальних, пресових і контрольних операцій.

Для узагальнення виробничої характеристики проєктованої дільниці наведено табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Виробнича характеристика дільниці агрегатного ремонту

Показник	Характеристика
Назва підрозділу	Дільниця агрегатного ремонту
Основне призначення	Ремонт вузлів і агрегатів машин
Основний об'єкт технологічного опрацювання	Водяний насос двигуна ЯМЗ-236
Основні види робіт	Розбирання, миття, дефектація, ремонт, складання, випробування
Характер виробництва	Дрібносерійний ремонтний
Режим роботи	Однозмінний
Тривалість зміни	8 год
Кількість робочих днів на рік	260 днів
Основні виконавці	Слюсарі з ремонту агрегатів, дефектувальник, випробувач
Основне обладнання	Верстаки, мийна установка, прес, свердлильний верстат, стенд перевірки, вимірювальний інструмент
Основні вимоги до організації	Послідовність робіт, відокремлення брудних і чистих зон, контроль якості

Таким чином, проєктована дільниця повинна забезпечувати повний цикл агрегатного ремонту: від приймання несправного вузла до видачі справного агрегату після контролю та випробування.

2.2. Вихідні дані для проєктування дільниці

Вихідні дані для проєктування дільниці агрегатного ремонту необхідні для визначення виробничої програми, трудомісткості, чисельності працівників, кількості робочих місць, обладнання та площі. Оскільки конкретні фактичні дані підприємства в роботі не задані, для проєктного розрахунку приймаються умовні, але реалістичні вихідні показники, які відповідають невеликій ремонтній майстерні або сервісній дільниці.

Проєктована дільниця передбачає ремонт агрегатів двигунів, трансмісій, допоміжних систем і систем охолодження. Основний технологічний об'єкт — водяний насос двигуна ЯМЗ-236. Річна трудомісткість дільниці приймається на основі методики розрахунку ремонтного підрозділу, де трудомісткість є базовим показником для визначення кількості працівників, робочих місць і площі.

Для подальших розрахунків приймаємо вихідні дані, наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для проєктування дільниці агрегатного ремонту

Показник	Умовне позначення	Значення
Кількість робочих днів на рік	D_p	260 днів
Кількість змін роботи дільниці	C	1 зміна
Тривалість робочої зміни	$t_{зм}$	8 год
Номінальний фонд часу одного працівника	Φ_n	2074 год
Дійсний фонд часу одного працівника	Φ_d	1887 год
Коефіцієнт виконання норм виробітку	K_v	1,05
Річна трудомісткість дільниці	T_d	19746,11 люд.-год
Орієнтовна річна кількість агрегатів, що ремонтуються	N_{agr}	1200 шт.
Орієнтовна кількість водяних насосів у програмі	$N_{вн}$	260 шт.
Середня трудомісткість ремонту одного водяного насоса	$t_{вн}$	4,8 люд.-год
Режим роботи дільниці	—	однорічний

Прийняті вихідні дані дозволяють виконати організаційний розрахунок дільниці агрегатного ремонту та визначити її основні виробничі параметри. При впровадженні проєкту на конкретному підприємстві ці значення можуть бути уточнені за фактичною виробничою програмою, кількістю техніки, структурою ремонтів і наявним обладнанням.

2.3. Розрахунок виробничої програми ремонтної дільниці

Виробнича програма дільниці агрегатного ремонту визначає кількість агрегатів, які необхідно відремонтувати за рік. До неї можуть входити водяні насоси, масляні насоси, стартери, генератори, компресори, паливні насоси, дрібні агрегати систем живлення, охолодження, мащення та інші вузли.

У цій роботі основну увагу приділено водяному насосу двигуна ЯМЗ-236, однак сама дільниця проєктується як агрегатна, тобто така, що може виконувати ремонт різних вузлів. Тому річна програма формується за групами агрегатів.

Річну кількість агрегатів певного виду можна визначити за формулою:

$$N_i = N_{\text{заг}} \cdot \alpha_i,$$

де N_i — кількість агрегатів певного виду за рік, шт.;
 $N_{\text{заг}}$ — загальна кількість агрегатів, що ремонтуються на дільниці за рік, шт.;
 α_i — частка агрегатів певного виду у загальній програмі.

Для проєктного розрахунку приймаємо загальну річну програму дільниці:

$$N_{\text{заг}} = 1200 \text{ агрегатів.}$$

Структуру виробничої програми дільниці наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Річна виробнича програма дільниці агрегатного ремонту

Вид агрегату	Частка в програмі, %	Кількість за рік, шт.
Водяні насоси двигунів	21,7	260
Масляні насоси	12,5	150
Стартери	15,0	180
Генератори	15,0	180
Компресори	10,0	120
Паливні насоси низького тиску	8,3	100
Інші дрібні агрегати	17,5	210
Усього	100,0	1200

З табл. 2.3 видно, що водяні насоси займають значну частину виробничої програми дільниці. Це обґрунтовує доцільність детального розроблення технологічного процесу ремонту саме водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

Кількість водяних насосів, що ремонтуються за зміну, визначаємо за формулою:

$$N_{\text{зм.вн}} = \frac{N_{\text{вн}}}{D_p \cdot C},$$

де $N_{\text{зм.вн}}$ — кількість водяних насосів за зміну, шт.;

$N_{\text{вн}}$ — річна кількість водяних насосів, шт.;

D_p — кількість робочих днів на рік;

C — кількість змін.

$$N_{\text{зм.вн}} = \frac{260}{260 \cdot 1} = 1 \text{ насос/зміну.}$$

Отже, у середньому дільниця повинна забезпечувати ремонт одного водяного насоса за робочу зміну, паралельно виконуючи ремонт інших агрегатів.

2.4. Розрахунок річної трудомісткості робіт

Річна трудомісткість є основним розрахунковим показником під час проектування ремонтної дільниці. Вона визначає загальні витрати праці на виконання всієї виробничої програми. На основі річної трудомісткості визначають чисельність працівників, кількість робочих місць, потребу в обладнанні та площу дільниці.

Загальна річна трудомісткість дільниці визначається за формулою:

$$T_d = \sum N_i \cdot t_i,$$

де T_d — загальна річна трудомісткість дільниці, люд.-год;

N_i — кількість агрегатів певного виду за рік, шт.;

t_i — середня трудомісткість ремонту одного агрегату, люд.-год.

Для розрахунку приймаємо середні трудомісткості ремонту агрегатів за видами робіт. Результати наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок річної трудомісткості робіт дільниці

Вид агрегату	Кількість за рік, шт.	Середня трудомісткість одиниці, люд.-год	Річна трудомісткість, люд.-год
Водяні насоси двигунів	260	4,8	1248,00
Масляні насоси	150	6,5	975,00
Стартери	180	9,0	1620,00
Генератори	180	8,5	1530,00
Компресори	120	12,0	1440,00
Паливні насоси низького тиску	100	7,0	700,00

Інші дрібні агрегати	210	5,5	1155,00
Додаткові та супутні роботи	—	—	11078,11
Усього	1200	—	19746,11

З табл. 2.4 видно, що загальна річна трудомісткість робіт проєктованої ділянки становить:

$$T_d = 19746,11 \text{ люд.-год.}$$

Додаткові та супутні роботи включають підготовчо-завершальні операції, транспортування агрегатів у межах ділянки, очищення робочих місць, допоміжні слюсарні операції, контроль, комплектування, облік, підготовку інструменту та інші роботи, які супроводжують основний ремонтний процес.

Річна трудомісткість ремонту водяних насосів становить:

$$T_{\text{вн}} = N_{\text{вн}} \cdot t_{\text{вн}} = 260 \cdot 4,8 = 1248 \text{ люд.-год.}$$

Частка ремонту водяних насосів у загальній трудомісткості ділянки:

$$P_{\text{вн}} = \frac{T_{\text{вн}}}{T_d} \cdot 100 = \frac{1248}{19746,11} \cdot 100 = 6,32\%.$$

Отже, ремонт водяних насосів є окремим стабільним напрямом роботи ділянки, але її виробнича програма охоплює також інші агрегати, що забезпечує рівномірне завантаження працівників протягом року.

2.5. Розподіл трудомісткості за видами ремонтних операцій

Для правильної організації ділянки необхідно розподілити загальну трудомісткість за видами ремонтних операцій. Це дає змогу визначити, які робочі місця повинні бути створені, яке обладнання необхідне та які операції найбільше впливають на завантаження ділянки.

Ремонт агрегатів включає такі основні групи робіт:

- приймання та попередній огляд;
- зовнішнє очищення і миття;
- розбирання;
- дефектація;
- слюсарно-ремонтні операції;
- заміна деталей;

- складання;
- контроль і випробування;
- допоміжні роботи.

Розподіл трудомісткості за видами робіт виконуємо у відсотках від загальної річної трудомісткості. Результати наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Розподіл річної трудомісткості дільниці за видами ремонтних операцій

Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год
Приймання агрегатів і попередній огляд	3	592,38
Зовнішнє очищення та миття	8	1579,69
Розбирання агрегатів	12	2369,53
Дефектація деталей	10	1974,61
Слюсарно-ремонтні операції	22	4344,14
Механічна обробка окремих деталей	10	1974,61
Комплектування і заміна деталей	8	1579,69
Складання агрегатів	15	2961,92
Контроль і випробування	7	1382,23
Допоміжні роботи	5	987,31
Усього	100	19746,11

З табл. 2.5 видно, що найбільшу частку займають слюсарно-ремонтні операції, розбирання, складання та дефектація. Саме ці роботи визначають основне завантаження дільниці та потребують найбільш уважної організації робочих місць.

Для водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 найбільш відповідальними є розбирання, дефектація, заміна підшипників і ущільнення, ремонт посадкових поверхонь, складання та контроль герметичності. Тому на дільниці обов'язково повинні бути передбачені робочі місця для цих операцій.

2.6. Визначення чисельності виробничих працівників

Чисельність виробничих працівників визначається за річною трудомісткістю робіт, фондом робочого часу одного працівника та коефіцієнтом виконання норм виробітку. У розрахунках розрізняють технологічно необхідну, або явочну, чисельність і штатну чисельність.

Явочна чисельність показує, скільки працівників повинні щоденно бути присутніми на робочих місцях для виконання виробничої програми. Штатна

чисельність враховує відпустки, хвороби та інші причини відсутності працівників.

Технологічно необхідну чисельність визначаємо за формулою:

$$P_{\text{яв}} = \frac{T_{\text{д}}}{\Phi_{\text{н}} \cdot K_{\text{в}}},$$

де $P_{\text{яв}}$ — явочна чисельність працівників, люд.;

$T_{\text{д}}$ — річна трудомісткість дільниці, люд.-год;

$\Phi_{\text{н}}$ — номінальний річний фонд часу одного працівника, год;

$K_{\text{в}}$ — коефіцієнт виконання норм виробітку.

$$P_{\text{яв}} = \frac{19746,11}{2074 \cdot 1,05} = \frac{19746,11}{2177,7} = 9,07.$$

Приймаємо:

$$P_{\text{яв}} = 9 \text{ працівників.}$$

Штатну чисельність визначаємо за формулою:

$$P_{\text{шт}} = \frac{T_{\text{д}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{в}}},$$

де $P_{\text{шт}}$ — штатна чисельність працівників, люд.;

$\Phi_{\text{д}}$ — дійсний річний фонд часу одного працівника, год.

$$P_{\text{шт}} = \frac{19746,11}{1887 \cdot 1,05} = \frac{19746,11}{1981,35} = 9,96.$$

Приймаємо:

$$P_{\text{шт}} = 10 \text{ працівників.}$$

Отже, для забезпечення річної виробничої програми дільниці необхідно передбачити 9 явочних і 10 штатних працівників.

Розподіл працівників за кваліфікацією наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Розподіл виробничих працівників дільниці за професіями та розрядами

Професія	Розряд	Кількість, осіб	Основні функції
Слюсар з ремонту агрегатів	3	1	Допоміжні операції, миття, просте розбирання
Слюсар з ремонту агрегатів	4	3	Розбирання, складання, заміна деталей

Слюсар з ремонту агрегатів	5	3	Дефектація, ремонт посадок, відповідальне складання
Слюсар-ремонтник / випробувач	6	2	Контроль, регулювання, випробування агрегатів
Майстер дільниці	—	1	Організація робіт, контроль якості, облік
Усього штатних працівників	—	10	—

Такий розподіл дозволяє забезпечити виконання як простих, так і складних операцій ремонту. Наявність працівників вищої кваліфікації необхідна для дефектації, контролю якості, ремонту відповідальних посадкових поверхонь і випробування агрегатів.

2.7. Вибір методу організації робіт на дільниці

Вибір методу організації робіт залежить від виробничої програми, номенклатури агрегатів, трудомісткості операцій і рівня спеціалізації дільниці. Для агрегатного ремонту можуть застосовуватися такі методи:

- індивідуальний метод;
- універсальні робочі місця;
- спеціалізовані робочі місця;
- потокова організація робіт;
- операційно-постовий метод.

Для проєктованої дільниці доцільно прийняти метод спеціалізованих робочих місць з елементами операційно-постової організації. Це пояснюється тим, що дільниця ремонтує різні агрегати, а їх конструкція та трудомісткість відрізняються. Повноцінна потокова лінія для такого обсягу робіт є недоцільною, оскільки програма не є достатньо великою для жорсткого потоку. Водночас використання лише універсальних робочих місць знижувало б продуктивність і ускладнювало контроль якості.

На дільниці доцільно виділити такі спеціалізовані робочі місця:

- робоче місце приймання і попереднього огляду;
- робоче місце розбирання;
- мийно-очисне робоче місце;
- робоче місце дефектації;

- робоче місце слюсарного ремонту;
- робоче місце механічної обробки;
- робоче місце складання;
- робоче місце контролю та випробування.

Для обґрунтування вибору методу організації робіт наведено табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Обґрунтування вибору методу організації робіт на агрегатній дільниці

Метод організації	Переваги	Недоліки	Доцільність для проєктованої дільниці
Індивідуальний ремонт	Простий в організації	Низька продуктивність, складний контроль	Недоцільний як основний метод
Універсальні робочі місця	Гнучкість, можливість ремонту різних агрегатів	Менша спеціалізація, більша трудомісткість	Можливий для допоміжних робіт
Спеціалізовані робочі місця	Вища якість, краща організація, швидше виконання операцій	Потребує правильного планування	Доцільний як основний метод
Потоковий метод	Висока продуктивність при великій програмі	Недоцільний при різній номенклатурі агрегатів	Недоцільний для всієї дільниці
Операційно-постовий метод	Поєднує спеціалізацію і гнучкість	Потребує дисципліни переміщення агрегатів	Доцільний для агрегатного ремонту

Отже, для проєктованої дільниці приймаємо спеціалізовані робочі місця з операційно-постовою організацією. Такий метод забезпечує достатню гнучкість, якість і продуктивність при ремонті різних агрегатів, зокрема водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

2.8. Вибір технологічного обладнання, пристроїв та інструменту

Технологічне обладнання дільниці агрегатного ремонту повинно забезпечувати виконання всіх основних операцій: розбирання, миття, очищення, дефектації, ремонту, складання та випробування агрегатів. Обладнання

вибирається з урахуванням характеру робіт, виробничої програми, площі дільниці та вимог безпеки.

Для ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 особливо потрібні пристрої для демонтажу підшипників і крильчатки, прес для запресовування деталей, слюсарні верстаки, мийна установка, вимірювальний інструмент, засоби контролю герметичності та пристрої для складання.

Перелік основного обладнання наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Основне технологічне обладнання дільниці агрегатного ремонту

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Призначення
Слюсарний верстак двомісний	3	Розбирання, складання, слюсарні операції
Верстак для дефектації	1	Огляд, вимірювання, сортування деталей
Мийна установка для деталей	1	Очищення деталей від мастила, бруду, накипу
Гідравлічний прес	1	Випресовування і запресовування підшипників, втулок, посадкових деталей
Настільний свердлильний верстат	1	Свердління, відновлення отворів, ремонт різбових з'єднань
Точильно-шліфувальний верстат	1	Зачищення, підготовка дрібних деталей
Стенд для перевірки водяних насосів	1	Контроль герметичності та працездатності насоса
Стелаж для деталей	3	Зберігання деталей після миття і дефектації
Шафа для інструменту	2	Зберігання слюсарного та вимірювального інструменту
Візок технологічний	2	Переміщення агрегатів і деталей
Ванна для промивання дрібних деталей	1	Додаткове очищення дрібних елементів
Компресорна установка або підведення стисненого повітря	1	Продування каналів, очищення деталей
Комплект знімачів	2	Демонтаж підшипників, шківів, крильчаток
Комплект вимірювального інструменту	2	Контроль розмірів, зазорів, посадок

Крім основного обладнання, на ділянці необхідно передбачити комплект ручного інструменту: ключі, викрутки, молотки, оправки, вибивачі, щупи, штангенциркулі, мікрометри, індикатори, нутроміри, різьбоміри, калібри, пристрої для встановлення підшипників та ущільнень.

Обладнання повинно розміщуватися так, щоб забезпечити логічну послідовність руху агрегату: приймання — розбирання — миття — дефектація — ремонт — складання — випробування.

2.9. Розрахунок площі ділянки агрегатного ремонту

Площа ділянки агрегатного ремонту залежить від кількості обладнання, робочих місць, проходів, зон зберігання деталей, безпечних відстаней між обладнанням і організації технологічного потоку.

Орієнтовну площу ділянки можна визначити за формулою:

$$F_d = F_{\text{обл}} \cdot K_{\text{п}},$$

де F_d — загальна площа ділянки, м^2 ;

$F_{\text{обл}}$ — сумарна площа, зайнята обладнанням, м^2 ;

$K_{\text{п}}$ — коефіцієнт, що враховує проходи, робочі зони, обслуговування обладнання та переміщення деталей.

Для агрегатної ділянки приймаємо:

$$K_{\text{п}} = 3,5.$$

Розрахунок площі, зайнятої обладнанням, наведено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок площі, зайнятої обладнанням ділянки

Обладнання	Кількість, шт.	Площа одиниці, м^2	Загальна площа, м^2
Слюсарний верстак двомісний	3	2,4	7,2
Верстак для дефектації	1	2,0	2,0
Мийна установка	1	3,0	3,0
Гідравлічний прес	1	1,8	1,8
Свердлильний верстат	1	1,2	1,2
Точильно-шліфувальний верстат	1	1,0	1,0
Стенд перевірки насосів	1	2,5	2,5
Стелажі для деталей	3	1,0	3,0
Шафи для інструменту	2	0,8	1,6

Технологічні візки	2	0,9	1,8
Ванна промивання дрібних деталей	1	1,2	1,2
Усього	—	—	26,3

Загальна площа ділянки:

$$F_d = 26,3 \cdot 3,5 = 92,05 \text{ м}^2.$$

Приймаємо площу ділянки:

$$F_d = 92 \text{ м}^2.$$

Така площа дозволяє розмістити основне обладнання, забезпечити проходи, робочі місця, зони тимчасового зберігання агрегатів, а також відокремити брудну та чисту частини ремонтного процесу.

2.10. Організація робочих місць на ділянці

Організація робочих місць повинна забезпечувати зручність, безпеку, послідовність операцій і мінімальні втрати часу. Кожне робоче місце повинно мати чітке призначення, необхідний інструмент, пристрої, засоби контролю і достатню площу для роботи.

На ділянці доцільно передбачити такі робочі місця:

1. Робоче місце приймання агрегатів.
2. Робоче місце розбирання.
3. Мийно-очисне робоче місце.
4. Робоче місце дефектації.
5. Робоче місце слюсарного ремонту.
6. Робоче місце механічної обробки.
7. Робоче місце складання.
8. Робоче місце контролю та випробування.

Для узагальнення організації робочих місць наведено табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Організація робочих місць на ділянці агрегатного ремонту

Робоче місце	Основні операції	Необхідне оснащення
Приймання агрегатів	Огляд, реєстрація, попереднє визначення несправності	Стіл, журнал обліку, стелаж, тара
Розбирання	Демонтаж деталей, зняття підшипників, ущільнень, крильчатки	Верстак, знімачі, ключі, прес

Миття та очищення	Видалення бруду, мастила, накипу, залишків рідин	Мийна установка, ванна, щітки, стиснене повітря
Дефектація	Огляд, вимірювання, сортування деталей	Верстак, мікрометри, штангенциркулі, індикатори
Слюсарний ремонт	Зачищення, ремонт різби, підготовка посадок	Верстак, напилки, мітчики, плашки, оправки
Механічна обробка	Свердління, зачищення, дрібна обробка деталей	Свердлильний і точильно-шліфувальний верстати
Складання	Установлення підшипників, ущільнень, крильчатки, прокладок	Верстак, прес, оправки, динамометричний ключ
Контроль і випробування	Перевірка герметичності, шуму, легкості обертання	Стенд, індикатор, пристрої для перевірки

Кожне робоче місце повинно бути забезпечене виробничою тарою для придатних, ремонтпридатних і непридатних деталей. Це дає змогу уникнути плутанини під час ремонту та підвищити якість складання.

Особливо важливо правильно організувати робоче місце складання. Воно має бути чистим, добре освітленим і відокремленим від зони миття та грубого очищення. Потрапляння бруду, абразиву або металевої стружки у підшипники чи ущільнення водяного насоса може призвести до швидкої повторної відмови агрегату.

2.11. Розробка технологічного планування ділянки

Технологічне планування ділянки повинно забезпечувати раціональний рух агрегатів і деталей у процесі ремонту. Основний принцип планування полягає у послідовному переміщенні агрегату від зони приймання до зони випробування без перехрещення брудних і чистих потоків.

Для агрегатної ділянки доцільно прийняти таку послідовність розміщення зон:

Приймання → Розбирання → Миття → Дефектація → Ремонт → Складання
→ Випробування.

Брудні операції, тобто приймання, попереднє очищення, розбирання і миття, доцільно розмістити ближче до входу на ділянку. Чисті операції — дефектацію, комплектування, складання і випробування — необхідно розмішувати далі від джерел забруднення.

Для опису планувальної структури ділянки наведено табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Планувальна структура ділянки агрегатного ремонту

Зона ділянки	Орієнтовна площа, м ²	Основне призначення
Зона приймання і тимчасового зберігання агрегатів	8	Приймання несправних агрегатів
Зона розбирання	14	Розбирання насосів та інших агрегатів
Мийно-очисна зона	12	Миття, очищення, продування деталей
Зона дефектації	10	Вимірювання та сортування деталей
Зона слюсарного ремонту	16	Відновлення деталей, ремонт посадок, різьб
Зона механічної обробки	10	Свердління, зачищення, дрібна обробка
Зона складання	14	Складання агрегатів після ремонту
Зона випробування	6	Перевірка герметичності та працездатності
Проходи, місця для тари та допоміжні площі	2	Переміщення деталей і безпечна робота
Усього	92	—

З табл. 2.11 видно, що прийнята площа ділянки розподілена між основними технологічними зонами. Найбільша площа відводиться на слюсарний ремонт, розбирання та складання, оскільки саме ці операції займають найбільшу частку трудомісткості.

У плануванні необхідно передбачити достатню ширину проходів, зручний доступ до обладнання, безпечне розміщення преса, мийної установки, верстатів і стенда випробування. Вимірювальні прилади та чисті деталі повинні зберігатися окремо від брудних агрегатів і деталей після розбирання.

2.12. Організація контролю якості ремонтних робіт

Контроль якості є обов'язковою частиною роботи ділянки агрегатного ремонту. Він повинен виконуватися не лише наприкінці ремонту, а на всіх основних етапах технологічного процесу. Це дозволяє вчасно виявити дефекти, не допустити встановлення непридатних деталей і забезпечити надійну роботу агрегату після ремонту.

Контроль якості на дільниці включає:

- вхідний контроль агрегату;
- контроль після розбирання і миття;
- дефектацію деталей;
- контроль якості ремонтних операцій;
- контроль правильності складання;
- випробування агрегату після ремонту;
- остаточне оформлення результатів контролю.

Для водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 основними контрольними параметрами є стан корпусу, вала, крильчатки, підшипників, ущільнення, посадкових поверхонь, прокладок, легкість обертання, відсутність люфту, герметичність і працездатність.

Для систематизації контролю якості наведено табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Організація контролю якості ремонтних робіт на дільниці

Етап ремонту	Що контролюється	Метод контролю
Приймання агрегату	Комплектність, зовнішні пошкодження, ознаки несправності	Візуальний огляд, запис у журналі
Розбирання	Стан кріплень, посадок, ущільнень, підшипників	Огляд, сортування деталей
Миття деталей	Чистота поверхонь, відсутність бруду і накипу	Візуальний контроль
Дефектація	Розміри, зношування, тріщини, корозія, биття	Вимірювання, огляд, індикаторний контроль
Ремонт деталей	Якість відновлення посадок, різьб, поверхонь	Вимірювання, пробне складання
Складання	Правильність установлення підшипників, ущільнень, крильчатки	Огляд, контроль зусилля, перевірка обертання
Випробування	Герметичність, шум, люфт, працездатність	Стендова або контрольна перевірка
Остаточний контроль	Готовність агрегату до експлуатації	Оформлення результатів контролю

З табл. 2.12 видно, що контроль якості повинен бути безперервним. Якщо виявити дефект лише після складання, доведеться повторно розбирати агрегат, що збільшує трудомісткість і знижує ефективність ремонту.

Особливо важливим є контроль після складання водяного насоса. Вал повинен обертатися легко, без заїдань і шуму. Підшипники не повинні мати люфту. Ущільнення повинно забезпечувати герметичність. Крильчатка повинна бути надійно встановлена і не торкатися корпусу. Лише після позитивного результату перевірки насос може бути допущений до встановлення на двигун.

Висновки до розділу 2

У другому розділі розроблено проєкт дільниці з агрегатного ремонту, призначеної для виконання робіт із ремонту вузлів і агрегатів машин, зокрема водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

Визначено, що дільниця повинна забезпечувати повний цикл ремонтного процесу: приймання агрегатів, очищення, розбирання, миття, дефектацію, ремонт деталей, складання, контроль і випробування. Така структура дозволяє підвищити якість ремонту та забезпечити стабільну працездатність агрегатів після відновлення.

Прийнято вихідні дані для проєктування: однозмінний режим роботи, 260 робочих днів на рік, тривалість зміни 8 год, річна трудомісткість дільниці 19746,11 люд.-год, річна програма 1200 агрегатів, зокрема 260 водяних насосів.

Розраховано, що середня програма ремонту водяних насосів становить один насос за зміну. Річна трудомісткість ремонту водяних насосів становить 1248 люд.-год, а загальна трудомісткість дільниці — 19746,11 люд.-год.

Виконано розподіл трудомісткості за видами ремонтних операцій. Найбільшу частку займають слюсарно-ремонтні роботи, розбирання, складання і дефектація, що визначає потребу у відповідних робочих місцях та обладнанні.

Визначено чисельність виробничих працівників. Для виконання річної програми необхідно передбачити 9 явочних і 10 штатних працівників. Запропоновано розподіл працівників за кваліфікацією, що дає змогу виконувати як прості, так і відповідальні ремонтні операції.

Обґрунтовано вибір методу організації робіт. Для проєктованої дільниці прийнято спеціалізовані робочі місця з елементами операційно-постової

організації, що забезпечує гнучкість, якість і раціональну послідовність ремонтного процесу.

Підібрано основне технологічне обладнання, пристрої та інструмент: слюсарні верстаки, мийна установка, гідравлічний прес, свердлильний верстат, точильно-шліфувальний верстат, стенд перевірки водяних насосів, стелажі, шафи для інструменту, технологічні візки, знімачі та вимірювальний інструмент.

Розраховано площу дільниці агрегатного ремонту. За результатами розрахунку прийнято площу 92 м², що дозволяє розмістити основне обладнання, робочі місця, проходи, зони зберігання і забезпечити безпечне виконання робіт.

Розроблено організацію робочих місць і технологічне планування дільниці. Передбачено послідовність руху агрегатів від приймання і розбирання до миття, дефектації, ремонту, складання та випробування. Це дозволяє розділити брудні й чисті операції та підвищити якість ремонту.

Визначено систему контролю якості ремонтних робіт. Контроль повинен виконуватися на всіх етапах: під час приймання, розбирання, миття, дефектації, ремонту, складання і випробування. Для водяного насоса особливо важливо перевіряти герметичність, легкість обертання, відсутність люфту, шуму і правильність установа підшипників та ущільнення.

Отже, запропонований проєкт дільниці агрегатного ремонту є організаційно обґрунтованим і може бути використаний як основа для подальшої розробки технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ВОДЯНОГО НАСОСА ДВИГУНА ЯМЗ-236

3.1. Технічна характеристика водяного насоса двигуна ЯМЗ-236

Водяний насос двигуна ЯМЗ-236 є одним із основних агрегатів системи охолодження. Його призначення полягає у створенні примусової циркуляції охолоджувальної рідини через сорочку охолодження блока циліндрів, головки циліндрів, радіатор, патрубки та інші елементи системи. Завдяки роботі насоса забезпечується відведення надлишкового тепла від нагрітих деталей двигуна та підтримання нормального температурного режиму.

За принципом дії водяний насос належить до відцентрових насосів. Основним робочим органом є крильчатка, яка під час обертання створює потік охолоджувальної рідини. Рідина надходить до центральної частини насоса, захоплюється лопатями крильчатки й під дією відцентрової сили спрямовується до вихідних каналів системи охолодження.

Водяний насос працює безперервно під час роботи двигуна, тому його технічний стан має прямий вплив на надійність силового агрегату. Несправність насоса може спричинити перегрівання двигуна, витікання охолоджувальної рідини, зниження ефективності охолодження, пошкодження ущільнень, підвищене зношування деталей циліндро-поршневої групи та передчасний вихід двигуна з ладу.

Основні технічні ознаки водяного насоса як ремонтного об'єкта наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 як об'єкта ремонту

Показник	Характеристика
Найменування агрегату	Водяний насос двигуна ЯМЗ-236
Призначення	Забезпечення примусової циркуляції охолоджувальної рідини
Тип насоса	Відцентровий
Робочий орган	Крильчатка
Основні деталі	Корпус, вал, крильчатка, підшипники, ущільнення, прокладки, кріпильні елементи

Робоче середовище	Охолоджувальна рідина
Основні умови роботи	Температура, вібрація, корозійний вплив, кавітація, обертальні навантаження
Типові несправності	Витікання рідини, зношування підшипників, люфт вала, пошкодження ущільнення, корозія корпусу, зношування крильчатки
Основний вид ремонту	Розбирання, миття, дефектація, заміна зношених деталей, відновлення посадок, складання, випробування

Таким чином, водяний насос є компактним, але відповідальним агрегатом. Його ремонт повинен виконуватися за чітко визначеним технологічним процесом із обов'язковим контролем якості після складання.

3.2. Аналіз конструкції водяного насоса

Конструкція водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 включає корпус, вал, крильчатку, підшипниковий вузол, ущільнення, прокладки, маточину або інший елемент приводу, а також кріпильні деталі. Кожна з цих частин виконує конкретну функцію, а їх взаємодія забезпечує стабільну циркуляцію охолоджувальної рідини.

Корпус є базовою деталлю насоса. У ньому розміщуються внутрішні канали для проходження рідини, посадкові місця для підшипників, ущільнення та інших елементів. Корпус повинен бути герметичним, міцним і мати точні посадкові поверхні. Його пошкодження може спричинити витікання рідини або порушення співвісності вала.

Вал передає обертання від приводу до крильчатки. Він працює в умовах обертового руху, сприймає навантаження від приводу та крильчатки, тому повинен мати точні посадки під підшипники й крильчатку. Зношування вала або його биття призводить до шуму, вібрації, руйнування підшипників і ущільнення.

Крильчатка створює потік охолоджувальної рідини. Вона працює в умовах постійного контакту з рідиною, тому може зазнавати корозії, кавітаційного руйнування, ерозії та механічного пошкодження лопатей.

Підшипники забезпечують обертання вала з мінімальним тертям. Їх зношування проявляється у вигляді шуму, люфту, підвищеного нагрівання та вібрації. Ущільнення запобігає витіканню охолоджувальної рідини з насоса. Саме

несправність ущільнення часто є першою зовнішньою ознакою потреби в ремонті.

Для узагальнення конструктивних елементів водяного насоса наведено табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Конструктивні елементи водяного насоса та їх функції

Елемент насоса	Функціональне призначення	Основні вимоги
Корпус	Розміщення деталей, формування каналів рідини, забезпечення герметичності	Відсутність тріщин, точність посадок, герметичність
Вал	Передавання обертання крильчатці	Відсутність биття, зношування та пошкоджень посадок
Крильчатка	Створення потоку охолоджувальної рідини	Цілісність лопатей, надійна посадка, відсутність тріщин
Підшипники	Забезпечення обертання вала	Відсутність люфту, шуму, заклинювання
Ущільнення	Запобігання витіканню охолоджувальної рідини	Герметичність, правильне встановлення
Прокладки	Герметизація стиків	Цілісність, відповідність розмірам, правильне прилягання
Кріпильні елементи	З'єднання деталей насоса	Справна різьба, достатня міцність, відсутність корозії

Отже, конструкція водяного насоса є ремонтпридатною, але потребує уважної дефектації кожної деталі. Особливо важливо перевіряти підшипники, вал, ущільнення, корпус і крильчатку, оскільки саме вони найчастіше визначають працездатність агрегату після ремонту.

3.3. Основні деталі та вузли водяного насоса

Під час розробки технологічного процесу ремонту необхідно чітко визначити основні деталі та вузли насоса, оскільки для кожного з них характерні різні дефекти й різні ремонтні рішення. Частину деталей доцільно відновлювати, а частину — замінювати новими.

До деталей, які можуть підлягати відновленню, належать корпус, вал, окремі посадкові поверхні, різьбові отвори, стикові площини. До деталей, які

переважно замінюються, належать підшипники, ущільнення, прокладки, стопорні кільця та інші витратні елементи.

Перед розбиранням і дефектацією доцільно подати перелік основних деталей водяного насоса, їх призначення та типові ремонтні рішення. Це наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні деталі водяного насоса та можливі ремонтні рішення

Деталь або вузол	Призначення	Типове ремонтне рішення
Корпус насоса	Базування деталей і формування каналів охолоджувальної рідини	Очищення, контроль, ремонт різьби, відновлення посадок або заміна
Вал	Передавання обертання від приводу до крильчатки	Контроль биття, відновлення посадок або заміна
Крильчатка	Забезпечення циркуляції охолоджувальної рідини	Очищення при незначних дефектах або заміна
Підшипники	Підтримка вала та забезпечення обертання	Заміна
Ущільнення	Герметизація насоса	Заміна
Прокладки	Герметизація стикових поверхонь	Заміна
Кріпильні деталі	З'єднання елементів насоса	Очищення, контроль різьби, заміна при пошкодженні
Посадкові поверхні	Забезпечення точного встановлення підшипників, вала, крильчатки	Відновлення або механічна обробка

Такий поділ деталей дозволяє правильно організувати ремонтний процес. Відновлювати доцільно ті елементи, які мають достатню залишкову міцність і можуть після ремонту забезпечити нормальну роботу насоса. Деталі, що безпосередньо впливають на герметичність і мають обмежений ресурс, краще замінювати.

3.4. Технологічна послідовність приймання агрегату в ремонт

Приймання водяного насоса в ремонт є початковою операцією технологічного процесу. На цьому етапі встановлюють комплектність агрегату, зовнішній стан, характер видимих пошкоджень і попередню причину відмови.

Під час приймання перевіряють:

- наявність усіх основних деталей;

- стан корпусу;
- наявність слідів витікання охолоджувальної рідини;
- люфт вала;
- легкість обертання;
- наявність шуму або заїдання;
- стан крильчатки, якщо вона доступна для огляду;
- стан кріпильних елементів;
- наявність тріщин, корозії, забруднень.

Попередній огляд не замінює повної дефектації, але дозволяє визначити загальний стан агрегату і підготувати його до розбирання. Результати приймання бажано фіксувати у відомості дефектації або журналі обліку ремонтних робіт.

У табл. 3.4 наведено послідовність приймання водяного насоса в ремонт.

Таблиця 3.4 – Технологічна послідовність приймання водяного насоса в ремонт

№ операції	Зміст операції	Контрольний результат
1	Приймання агрегату на дільницю	Агрегат зареєстровано в журналі ремонту
2	Перевірка комплектності	Встановлено наявність основних деталей
3	Зовнішній огляд корпусу	Виявлено тріщини, корозію або механічні пошкодження
4	Перевірка слідів витікання	Встановлено ймовірну зону втрати герметичності
5	Перевірка люфту вала	Попередньо оцінено стан підшипникового вузла
6	Перевірка легкості обертання	Виявлено заїдання, шум або туге обертання
7	Прийняття рішення про розбирання	Агрегат направлено на очищення та розбирання

Приймання агрегату дозволяє уникнути хаотичного ремонту. Уже на цьому етапі можна визначити, які дефекти є найбільш імовірними та які операції потребуватимуть особливої уваги.

3.5. Розбирання водяного насоса

Розбирання водяного насоса виконується для доступу до його деталей, очищення, дефектації та подальшого ремонту. Операція повинна виконуватися обережно, щоб не пошкодити корпус, вал, посадкові поверхні та крильчатку.

Перед розбиранням насос очищують від зовнішніх забруднень. Потім знімають кріпильні елементи, приводні деталі, кришки, прокладки, крильчатку, ущільнення, вал і підшипники. Для демонтажу деталей, установлених із натягом, необхідно застосовувати знімачі або прес. Ударне вибивання деталей без оправок небажане, оскільки воно може пошкодити посадкові поверхні.

Послідовність розбирання наведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Послідовність розбирання водяного насоса двигуна ЯМЗ-236

№ операції	Назва операції	Обладнання та інструмент	Технічні вимоги
1	Зовнішнє очищення насоса	Щітки, мийна ванна, серветки	Видалити бруд і залишки рідини
2	Закріплення насоса на верстаку	Верстак, лещата з м'якими накладками	Не пошкодити корпус
3	Зняття кріпильних елементів	Набір ключів	Не допустити зриву різьби
4	Демонтаж кришок і прокладок	Викрутки, знімачі, оправки	Старі прокладки замінити
5	Демонтаж крильчатки	Знімач або прес	Не деформувати лопаті
6	Демонтаж ущільнення	Оправки, знімачі	Ущільнення після демонтажу не використовувати повторно
7	Випресовування вала з підшипниками	Прес, оправки	Не пошкодити посадкові поверхні
8	Зняття підшипників	Прес або знімач	Підшипники направити на заміну
9	Сортування деталей	Тара для деталей	Розділити деталі на групи для миття та дефектації

Після розбирання всі деталі укладають у спеціальну тару. Придатні, ремонтпридатні й непридатні деталі не можна змішувати. Це полегшує подальшу дефектацію та зменшує ризик помилок при складанні.

3.6. Очищення та миття деталей перед дефектацією

Очищення та миття деталей є необхідною умовою якісної дефектації. Забруднення, залишки охолоджувальної рідини, мастило, накип, корозійні продукти та абразивні частинки можуть приховувати дефекти або ускладнювати вимірювання.

Деталі водяного насоса очищують у такій послідовності:

- попереднє видалення грубих забруднень;
- миття у мийній установці або ванні;
- очищення каналів;
- видалення залишків старих прокладок;
- продування стисненим повітрям;
- сушіння;
- підготовка до дефектації.

Особливо уважно очищують корпусні канали, стикові поверхні, посадки під підшипники, отвори під кріплення, поверхні під ущільнення та крильчатку. Залишки старих прокладок або корозії на стикових площинах можуть призвести до порушення герметичності після складання.

Основні операції очищення наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Очищення та миття деталей водяного насоса перед дефектацією

Деталь	Вид забруднення	Спосіб очищення	Контроль якості
Корпус	Бруд, накип, корозія, залишки прокладок	Миття, механічне очищення, продування	Чисті канали, відсутність залишків прокладок
Вал	Мастило, корозія, продукти зношування	Протирання, очищення, полірування при потребі	Чисті посадкові поверхні
Крильчатка	Накип, корозія, відкладення	Миття, щітки, обережне очищення	Не пошкоджені лопаті
Кріпильні деталі	Корозія, бруд	Миття, очищення різьби	Справна різьба
Стикові поверхні	Залишки прокладок, забруднення	Зачищення без пошкодження площини	Рівна чиста поверхня

Після миття деталі не повинні мати залишків мийних речовин, вологи, бруду або абразивних частинок. Перед дефектацією вони мають бути сухими, чистими і придатними для огляду та вимірювання.

3.7. Дефектація деталей водяного насоса

Дефектація є основною операцією, яка визначає подальший маршрут ремонту деталей. Її мета — встановити фактичний технічний стан кожної деталі та прийняти рішення: використовувати без ремонту, відновити або замінити.

Під час дефектації деталей водяного насоса перевіряють:

- наявність тріщин;
- корозійні пошкодження;
- кавітаційні раковини;
- зношування посадкових поверхонь;
- биття вала;
- стан різбових отворів;
- стан крильчатки;
- стан підшипників;
- стан ущільнення;
- площинність стикових поверхонь.

Підшипники, ущільнення і прокладки після розбирання доцільно замінювати незалежно від їх зовнішнього стану, оскільки повторне використання таких деталей знижує надійність ремонту.

Для систематизації дефектації наведено табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Дефектація деталей водяного насоса

Деталь	Можливий дефект	Метод контролю	Ремонтне рішення
Корпус	Тріщини, корозія, зношування посадок	Огляд, вимірювання, контроль різби	Ремонтувати або замінити
Вал	Биття, зношування шийок, корозія	Індикатор, мікрометр, огляд	Відновити або замінити
Крильчатка	Тріщини, кавітація, пошкодження лопатей	Огляд, контроль посадки	Очистити або замінити

Підшипники	Люфт, шум, заклинювання	Обертання вручну, огляд	Замінити
Ущільнення	Зношування, втрата герметичності	Огляд	Замінити
Прокладки	Розриви, старіння, деформація	Огляд	Замінити
Різьбові отвори	Зрив або пошкодження різьби	Різьбовий калібр, огляд	Відновити різьбу
Стикові площини	Подряпини, неплоскостність	Лінійка, щуп, огляд	Зачистити або відновити

Після дефектації складається відомість дефектів. У ній зазначають стан деталей, характер пошкоджень і прийняте ремонтне рішення. Це необхідно для подальшого комплектування насоса і контролю якості ремонту.

3.8. Визначення ремонтпридатності деталей

Ремонтпридатність деталей визначається за результатами дефектації. Деталь вважається ремонтпридатною, якщо її можна відновити до стану, який забезпечить надійну роботу насоса після складання. Якщо дефект суттєво знижує міцність, герметичність або точність посадок, деталь підлягає заміні.

До деталей, які найчастіше є ремонтпридатними, належать корпус, вал і окремі посадкові поверхні. До деталей, які переважно не відновлюють, належать підшипники, ущільнення, прокладки та сильно пошкоджені кріпильні елементи.

Критерії ремонтпридатності наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Критерії ремонтпридатності деталей водяного насоса

Деталь	Придатна до ремонту, якщо	Підлягає заміні, якщо
Корпус	Немає наскрізних тріщин, посадки можна відновити	Є глибокі тріщини, значна корозія, руйнування посадок
Вал	Биття і зношування можна усунути відновленням	Є значне биття, тріщини, глибокі задири
Крильчатка	Є лише поверхнева корозія або незначні забруднення	Є тріщини, деформація, руйнування лопатей
Підшипники	Не розглядаються як ремонтпридатні	Є шум, люфт, зношування або після демонтажу

Ущільнення	Не розглядається як ремонтпридатне	Завжди замінюється після розбирання
Прокладки	Не розглядаються як ремонтпридатні	Замінюються при кожному складанні
Різьбові отвори	Різьбу можна відновити мітчиком або вставкою	Є значне руйнування тіла корпусу
Посадкові поверхні	Зношування не перевищує можливості ремонту	Посадка втратила міцність або співвісність

Таким чином, ремонтпридатність визначається не тільки розміром дефекту, а й його впливом на майбутню роботу насоса. Основним критерієм є надійність агрегату після складання та випробування.

3.9. Вибір способів ремонту корпусу, вала, крильчатки та посадкових поверхонь

Вибір способу ремонту залежить від характеру дефекту, матеріалу деталі, ступеня зношування та економічної доцільності. Для водяного насоса доцільно застосовувати такі способи ремонту, які забезпечують достатню точність, герметичність і довговічність без надмірного ускладнення технології.

Корпус насоса ремонтують шляхом очищення, відновлення різьбових отворів, зачищення стикових площин, усунення незначних пошкоджень посадкових поверхонь. При наявності глибоких тріщин або значного руйнування корпус замінюють.

Вал може відновлюватися шліфуванням, поліруванням, наплавленням із подальшою механічною обробкою або встановленням ремонтної втулки залежно від конструкції. Якщо вал має значне биття, тріщини або глибокі пошкодження, його доцільно замінити.

Крильчатку очищують від накипу та корозійних відкладень. Якщо лопаті пошкоджені, є тріщини або значне кавітаційне руйнування, крильчатка підлягає заміні.

Посадкові поверхні під підшипники повинні забезпечувати надійне встановлення деталей без провертання, перекосу або люфту. Якщо посадка ослаблена, її відновлюють ремонтними методами або деталь замінюють.

Основні способи ремонту наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Способи ремонту основних деталей водяного насоса

Деталь або поверхня	Характер дефекту	Спосіб ремонту
Корпус	Пошкодження різбових отворів	Відновлення різьби мітчиком або ремонтною вставкою
Корпус	Корозія стикових поверхонь	Зачищення, контроль площинності
Корпус	Зношування посадки під підшипник	Відновлення посадки або заміна корпусу
Вал	Незначне зношування посадок	Полірування або шліфування
Вал	Значне зношування шийок	Відновлення з подальшою обробкою або заміна
Вал	Биття понад допустиме	Правка або заміна
Крильчатка	Забруднення, незначна корозія	Очищення
Крильчатка	Тріщини, деформація, руйнування лопатей	Заміна
Посадкові поверхні	Задири, овальність, ослаблення посадки	Механічна обробка, втулювання або заміна деталі

Вибрані способи ремонту повинні забезпечувати не лише відновлення форми деталей, а й нормальну роботу насоса після складання. Особливо важливо не допустити перекосу вала, ослаблення посадки підшипників і порушення герметичності ущільнення.

3.10. Заміна підшипників, ущільнень і непридатних деталей

Підшипники, ущільнення та прокладки є деталями, від технічного стану яких безпосередньо залежить ресурс водяного насоса. Після розбирання насоса ці елементи доцільно замінювати новими, оскільки їх повторне використання може спричинити підтікання, шум, люфт або повторну відмову агрегату.

Підшипники замінюють у випадках:

- наявності шуму під час обертання;
- люфту;

- слідів перегрівання;
- корозії;
- пошкодження доріжок кочення;
- заклинювання;
- демонтажу з натягом, який міг пошкодити підшипник.

Ущільнення замінюють обов'язково, якщо насос розбирався. Навіть якщо ущільнення зовні виглядає справним, після демонтажу воно вже не гарантує стабільної герметичності.

Прокладки також не використовують повторно. Під час складання встановлюють нові прокладки або герметизувальні елементи, передбачені ремонтною документацією.

Для систематизації заміни деталей наведено табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – Заміна підшипників, ущільнень і непридатних деталей водяного насоса

Деталь	Причина заміни	Вимоги під час встановлення
Підшипники	Зношування, шум, люфт, демонтаж	Запресовувати через відповідне кільце, не допускати перекосу
Ущільнення	Втрата герметичності або розбирання насоса	Встановлювати без пошкодження робочих поверхонь
Прокладки	Старіння, деформація, розбирання стику	Встановлювати нові прокладки на чисті поверхні
Стопорні кільця	Деформація або втрата пружності	Забезпечити надійну фіксацію
Кріпильні деталі	Пошкодження різьби або корозія	Замінити або відновити різьбу
Крильчатка	Тріщини, деформація, руйнування лопатей	Встановити з дотриманням посадки

Заміна цих деталей є важливою умовою якісного ремонту. Економія на підшипниках або ущільненні недоцільна, оскільки повторна відмова водяного насоса може призвести до значно більших витрат, пов'язаних із перегріванням двигуна.

3.11. Складання водяного насоса після ремонту

Складання водяного насоса виконується після очищення, дефектації, ремонту деталей і комплектування новими підшипниками, ущільненнями та прокладками. Перед складанням усі деталі повинні бути чистими, сухими та перевіреними.

Основними вимогами до складання є:

- використання справних і чистих деталей;
- правильне встановлення підшипників;
- недопущення перекосу вала;
- правильне встановлення ущільнення;
- надійна посадка крильчатки;
- герметичність стиків;
- відсутність сторонніх частинок;
- контроль легкості обертання після складання.

Підшипники встановлюють із використанням преса та оправок. Зусилля запресовування має передаватися на те кільце підшипника, яке встановлюється з натягом. Це запобігає пошкодженню доріжок кочення.

Ущільнення встановлюють обережно, не допускаючи пошкодження робочих поверхонь. Стикові площини корпусу повинні бути чистими, без залишків старих прокладок, задирів або корозійних виступів.

Послідовність складання наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Послідовність складання водяного насоса після ремонту

№ операції	Зміст операції	Технічна вимога
1	Підготовка деталей до складання	Деталі чисті, сухі, продефектовані
2	Встановлення підшипників на вал або в корпус	Не допускати перекосу і ударного монтажу
3	Встановлення вала в корпус	Вал повинен обертатися без заїдання
4	Встановлення ущільнення	Забезпечити герметичність і правильне положення
5	Встановлення крильчатки	Посадка надійна, лопаті не торкаються корпусу

6	Встановлення прокладок і кришок	Стикові поверхні чисті, прокладки нові
7	Затягування кріплень	Виконати рівномірно, без перекосу
8	Попередній контроль обертання	Вал обертається легко, без шуму
9	Підготовка до випробування	Насос укомплектований і очищений зовні

Після складання насос не допускається до експлуатації без контролю. Навіть правильно зібраний агрегат повинен бути перевірений на легкість обертання, герметичність і відсутність шуму.

3.12. Контроль якості складання

Контроль якості складання водяного насоса є обов'язковим етапом технологічного процесу. Він дозволяє виявити помилки складання до встановлення агрегату на двигун.

Після складання контролюють:

- легкість обертання вала;
- відсутність заїдання;
- відсутність люфту;
- відсутність стороннього шуму;
- правильність встановлення крильчатки;
- відсутність торкання крильчатки корпусу;
- якість установа уцільнення;
- герметичність стиків;
- стан різьбових з'єднань;
- комплектність насоса.

Основні показники контролю наведено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Контроль якості складання водяного насоса

Контрольований параметр	Метод контролю	Вимога
Легкість обертання вала	Обертання вручну	Обертання плавне, без заїдань
Люфт вала	Перевірка вручну, індикатор за потреби	Люфт не допускається понад норму

Шум підшипників	Прослуховування під час обертання	Сторонній шум відсутній
Положення крильчатки	Огляд, контроль зазору	Крильчатка не торкається корпусу
Стан ущільнення	Огляд, подальша перевірка герметичності	Ущільнення встановлене без перекосу
Герметичність стиків	Огляд, випробування	Підтікання не допускається
Кріплення	Огляд, перевірка затягування	Кріплення надійне
Комплектність	Візуальний контроль	Усі елементи встановлено

Якщо під час контролю виявлено заїдання, шум, люфт або підтікання, насос необхідно повторно розібрати, встановити причину дефекту та усунути її. Допуск насоса до експлуатації без усунення таких недоліків є недопустимим.

3.13. Випробування водяного насоса на герметичність і працездатність

Випробування водяного насоса після ремонту проводиться для підтвердження його працездатності. Це завершальна операція технологічного процесу, яка дозволяє оцінити якість складання, герметичність, роботу ущільнення, стан підшипникового вузла і здатність насоса забезпечувати циркуляцію рідини.

Випробування може виконуватися на спеціальному стенді або за допомогою пристрою для перевірки герметичності. Основними параметрами контролю є:

- відсутність витікання рідини;
- стабільне обертання вала;
- відсутність шуму;
- відсутність вібрації;
- відсутність перегрівання підшипників;
- працездатність крильчатки;
- герметичність стиків і ущільнення.

Для систематизації випробувань наведено табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Випробування водяного насоса після ремонту

Вид випробування	Що перевіряється	Ознака придатності
------------------	------------------	--------------------

Перевірка герметичності	Ущільнення, стики, корпус	Підтікання не допускається
Перевірка обертання	Вал, підшипники, крильчатка	Обертання плавне, без заїдань
Перевірка шуму	Підшипники, посадки, вал	Сторонній шум відсутній
Перевірка вібрації	Вал, крильчатка, підшипники	Вібрація не перевищує допустимий рівень
Перевірка нагрівання	Підшипниковий вузол	Перегрівання не допускається
Перевірка комплектності	Усі деталі насоса	Агрегат повністю укомплектований

Після позитивних результатів випробування насос очищують зовні, маркують як придатний, оформлюють результати контролю і передають на склад відремонтованих агрегатів або безпосередньо на встановлення.

3.14. Розробка маршрутної технології ремонту водяного насоса

Маршрутна технологія ремонту визначає загальну послідовність проходження агрегатом усіх ремонтних операцій. Вона потрібна для організації роботи дільниці, планування завантаження обладнання, визначення відповідальних виконавців і контролю якості.

Маршрут ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 наведено в табл. 3.14.

Таблиця 3.14 – Маршрутна технологія ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236

№ операції	Назва операції	Робоче місце	Обладнання та інструмент	Контроль
1	Приймання насоса в ремонт	Місце приймання	Стіл, журнал обліку	Комплектність, зовнішній стан
2	Зовнішнє очищення	Мийно-очисна зона	Щітки, мийна ванна	Видалення бруду
3	Розбирання насоса	Верстак розбирання	Ключі, знімачі, прес	Відсутність пошкодження деталей

4	Миття деталей	Мийна зона	Мийна установка, ванна	Чистота деталей
5	Дефектація деталей	Місце дефектації	Мікрометр, індикатор, штангенциркуль	Відомість дефектів
6	Ремонт корпусу	Слюсарне місце	Напилки, мітчики, оправки	Стан різьби, площин, посадок
7	Ремонт або заміна вала	Слюсарно-механічне місце	Прес, верстат, вимірювальний інструмент	Биття, стан посадок
8	Очищення або заміна крильчатки	Слюсарне місце	Щітки, пристрої, знімачі	Стан лопатей і посадки
9	Заміна підшипників	Складальне місце	Прес, оправки	Правильність запресування
10	Заміна ущільнення	Складальне місце	Оправки, ручний інструмент	Відсутність перекосу
11	Складання насоса	Складальне місце	Верстак, ключі, оправки	Легкість обертання
12	Контроль складання	Контрольне місце	Індикатор, щупи, огляд	Відсутність люфту, шуму
13	Випробування	Стендова зона	Стенд або пристрій перевірки	Герметичність, працездатність
14	Оформлення результатів	Місце контролю	Журнал, бирка	Допуск до експлуатації

Маршрутна технологія показує, що ремонт водяного насоса повинен виконуватися як послідовний процес. Порушення цієї послідовності може знизити якість ремонту, особливо якщо деталі будуть складатися без повної дефектації або очищення.

3.15. Розробка операційної технології ремонту основної деталі

Як основну деталь для операційної технології доцільно прийняти корпус водяного насоса, оскільки він є базовою деталлю, у якій розміщуються підшипниковий вузол, ущільнення, канали охолоджувальної рідини та стикові поверхні. Від стану корпусу залежить герметичність, правильне базування вала та загальна надійність насоса.

Операційна технологія ремонту корпусу наведена в табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Операційна технологія ремонту корпусу водяного насоса

№ операції	Назва операції	Зміст роботи	Обладнання та інструмент	Технічні вимоги
1	Очищення корпусу	Видалити бруд, залишки рідини, накип	Мийна ванна, щітки	Корпус має бути чистим
2	Огляд корпусу	Перевірити тріщини, корозію, пошкодження	Лупа, лампа, оглядовий стіл	Тріщини не допускаються
3	Контроль стикових площин	Перевірити стан площин під прокладки	Лінійка, щупи	Поверхні без глибоких рисок
4	Очищення каналів	Видалити накип і відкладення	Щітки, стиснене повітря	Канали мають бути прохідними
5	Контроль різбових отворів	Перевірити стан різби	Різбові калібри, мітчики	Різьба повинна бути справною
6	Відновлення різби	Прогнати або відновити пошкоджену різбу	Мітчики, ремонтні вставки	Кріплення має затягуватися надійно
7	Контроль посадок	Перевірити посадки під підшипники та ущільнення	Нутромір, штангенциркуль	Посадки без значного зношування
8	Відновлення посадкової поверхні	Усунути незначні задири, підготувати поверхню	Шабер, дрібний абразив, оправки	Не порушити співвісність
9	Остаточне миття	Видалити стружку, пил, залишки абразиву	Мийна ванна, стиснене повітря	Забруднення не допускаються
10	Остаточний контроль	Перевірити корпус перед складанням	Огляд, вимірювальний інструмент	Корпус придатний до складання

Операційна технологія ремонту корпусу передбачає не лише усунення видимих дефектів, а й підготовку деталі до якісного складання. Особливо важливо забезпечити чистоту каналів, справність різбових отворів і точність посадкових поверхонь.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі розроблено технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

Визначено, що водяний насос є відповідальним агрегатом системи охолодження, який забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини та підтримання нормального теплового режиму двигуна. Його несправність може призвести до перегрівання двигуна, втрати герметичності системи охолодження та прискореного зношування деталей.

Проаналізовано конструкцію водяного насоса. Встановлено, що основними деталями є корпус, вал, крильчатка, підшипники, ущільнення, прокладки та кріпильні елементи. Найбільш відповідальними є корпус, вал, підшипниковий вузол і ущільнення.

Розроблено технологічну послідовність приймання агрегату в ремонт, яка передбачає перевірку комплектності, зовнішній огляд, оцінювання люфту вала, легкості обертання та наявності слідів витікання охолоджувальної рідини.

Визначено порядок розбирання водяного насоса. Показано, що демонтаж деталей, установлених із натягом, необхідно виконувати із застосуванням знімачів, оправок або преса, щоб не пошкодити посадкові поверхні.

Обґрунтовано необхідність очищення та миття деталей перед дефектацією. Чистота деталей є обов'язковою умовою якісного огляду, вимірювання та подальшого складання.

Розроблено порядок дефектації деталей водяного насоса. Встановлено, що корпус, вал і посадкові поверхні можуть бути відновлені за умови відсутності критичних пошкоджень, а підшипники, ущільнення і прокладки переважно підлягають заміні.

Обґрунтовано способи ремонту корпусу, вала, крильчатки та посадкових поверхонь. Визначено, що вибір способу ремонту повинен залежати від характеру дефекту, ступеня зношування та можливості забезпечення надійної роботи насоса після складання.

Розроблено маршрутну технологію ремонту водяного насоса та операційну технологію ремонту корпусу як базової деталі. Запропонований технологічний

процес охоплює всі основні етапи: приймання, очищення, розбирання, миття, дефектацію, ремонт, складання, контроль і випробування.

Отже, запропонований технологічний процес забезпечує послідовний і якісний ремонт водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 та може бути використаний на проєктованій ділянці агрегатного ремонту.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

4.1. Початкові дані для економічного розрахунку

Економічне обґрунтування необхідне для визначення доцільності створення дільниці агрегатного ремонту та впровадження технологічного процесу ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Розрахунок дає змогу оцінити вартість основних фондів, витрати на оплату праці, матеріальні витрати, загальновиробничі витрати, собівартість ремонту, прибуток і рентабельність.

Початкові дані для економічного розрахунку сформовано на основі організаційного розділу. Основними показниками є річна трудомісткість робіт, площа дільниці, фонд робочого часу, кількість працівників, вартість обладнання та річна програма ремонту.

Початкові дані наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Початкові дані для економічного розрахунку

Показник	Умовне позначення	Значення
Річна трудомісткість дільниці	T_d	19746,11 люд.-год
Площа дільниці	F_d	92 м ²
Номінальний фонд робочого часу	Φ_n	2074 год
Дійсний фонд робочого часу	Φ_d	1887 год
Коефіцієнт виконання норм	K_v	1,05
Явочна чисельність робітників	$P_{яв}$	9 осіб
Штатна чисельність	$P_{шт}$	10 осіб
Середній розряд робіт	—	4,7
Середня годинна тарифна ставка	$C_{год}$	91,78 грн/год
Вартість нового обладнання	$C_{обл.н}$	480000 грн
Річна програма ремонту агрегатів	$N_{агр}$	1200 шт.
Річна програма ремонту водяних насосів	$N_{вн}$	260 шт.
Трудомісткість ремонту одного водяного насоса	$t_{вн}$	4,8 люд.-год

Наведені дані використовуються для подальшого розрахунку витрат і показників економічної ефективності.

4.2. Визначення вартості основних виробничих фондів

До основних виробничих фондів діляниці агрегатного ремонту належать будівлі або виробничі приміщення, технологічне обладнання, пристрої, інструмент, виробничий інвентар та оснащення.

Первинну вартість виробничого приміщення визначаємо за формулою:

$$C_{\text{буд}} = F_{\text{д}} \cdot C_{1\text{м}^2} \cdot K_{\text{буд}},$$

де $C_{\text{буд}}$ — первинна вартість будівлі, грн;

$F_{\text{д}}$ — площа діляниці, м²;

$C_{1\text{м}^2}$ — вартість 1 м² виробничої площі, грн;

$K_{\text{буд}}$ — коефіцієнт, що враховує придатність і використання приміщення.

Приймаємо:

$$C_{1\text{м}^2} = 4500 \text{ грн}, K_{\text{буд}} = 0,85.$$

Тоді:

$$C_{\text{буд}} = 92 \cdot 4500 \cdot 0,85 = 351900 \text{ грн.}$$

Первинну вартість обладнання, що підлягає амортизації, визначаємо за формулою:

$$C_{\text{обл}} = C_{\text{обл.н}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{пр}},$$

де $C_{\text{обл}}$ — вартість обладнання, грн;

$C_{\text{обл.н}}$ — вартість нового обладнання, грн;

$K_{\text{м}}$ — коефіцієнт монтажу;

$K_{\text{пр}}$ — коефіцієнт придатності обладнання.

Приймаємо:

$$K_{\text{м}} = 1,1, K_{\text{пр}} = 0,76.$$

$$C_{\text{обл}} = 480000 \cdot 1,1 \cdot 0,76 = 401280 \text{ грн.}$$

Вартість інструменту, пристроїв та інвентарю приймаємо у розмірі 15 % від вартості обладнання:

$$C_{\text{інстр}} = C_{\text{обл}} \cdot 0,15.$$

$$C_{\text{інстр}} = 401280 \cdot 0,15 = 60192 \text{ грн.}$$

Загальна вартість основних виробничих фондів:

$$C_{\text{осн}} = C_{\text{буд}} + C_{\text{обл}} + C_{\text{інстр}}.$$

$$C_{\text{осн}} = 351900 + 401280 + 60192 = 813372 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вартість основних виробничих фондів дільниці

Вид основних фондів	Вартість, грн
Будівлі та виробничі приміщення	351900
Виробниче і додаткове обладнання	401280
Інструмент, пристрої та виробничий інвентар	60192
Усього основних фондів	813372

Отже, загальна вартість основних виробничих фондів проектованої дільниці становить 813372 грн.

4.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування враховують поступове перенесення вартості основних фондів на собівартість ремонтних робіт. Для розрахунку приймаємо такі норми амортизації:

- для будівель і споруд — 10 %;
- для обладнання — 24 %;
- для інструменту та виробничого інвентарю — 24 %.

Амортизація обладнання:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{обл}} \cdot H_{\text{обл}}}{100},$$

$$A_{\text{обл}} = \frac{401280 \cdot 24}{100} = 96307,20 \text{ грн.}$$

Амортизація будівлі:

$$A_{\text{буд}} = \frac{C_{\text{буд}} \cdot H_{\text{буд}}}{100},$$

$$A_{\text{буд}} = \frac{351900 \cdot 10}{100} = 35190 \text{ грн.}$$

Амортизація інструменту:

$$A_{\text{інстр}} = \frac{C_{\text{інстр}} \cdot H_{\text{інстр}}}{100},$$

$$A_{\text{інстр}} = \frac{60192 \cdot 24}{100} = 14446,08 \text{ грн.}$$

Загальна сума амортизації:

$$A_{\text{заг}} = A_{\text{обл}} + A_{\text{буд}} + A_{\text{інстр.}}$$

$$A_{\text{заг}} = 96307,20 + 35190 + 14446,08 = 145943,28 \text{ грн.}$$

Результати наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Вид основних фондів	Вартість, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Будівлі та споруди	351900	10	35190,00
Обладнання	401280	24	96307,20
Інструмент та інвентар	60192	24	14446,08
Усього	813372	—	145943,28

Отже, річна сума амортизаційних відрахувань становить 145943,28 грн.

4.4. Розрахунок витрат на оплату праці ремонтних працівників

Витрати на оплату праці є однією з основних статей собівартості ремонтних робіт. Вони залежать від трудомісткості, тарифної ставки, кваліфікації працівників, премій, доплат і додаткової заробітної плати.

Відрядний фонд заробітної плати визначаємо за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{від}} = T_{\text{д}} \cdot C_{\text{год}},$$

де $\Phi ЗП_{\text{від}}$ — відрядний фонд заробітної плати, грн;

$T_{\text{д}}$ — річна трудомісткість, люд.-год;

$C_{\text{год}}$ — середня годинна тарифна ставка, грн/год.

$$\Phi ЗП_{\text{від}} = 19746,11 \cdot 91,78 = 1812297,98 \text{ грн.}$$

Основний фонд заробітної плати приймаємо:

$$\Phi ЗП_{\text{осн}} = 1812297,98 \text{ грн.}$$

Надбавка за професійну майстерність приймається за кваліфікаційним складом працівників:

$$\Phi ЗП_{\text{проф}} = 231571,23 \text{ грн.}$$

Виробничі премії:

$$\Phi ЗП_{\text{прем}} = (\Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{проф}}) \cdot 0,20.$$

$$\Phi ЗП_{\text{прем}} = (1812297,98 + 231571,23) \cdot 0,20 = 408773,84 \text{ грн.}$$

Оплата щорічних і додаткових відпусток:

$$\Phi ЗП_{\text{відп}} = (\Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{проф}} + \Phi ЗП_{\text{прем}}) \cdot 0,11.$$

$$\Phi ЗП_{\text{відп}} = (1812297,98 + 231571,23 + 408773,84) \cdot 0,11 = 269790,74 \text{ грн.}$$

Додатковий фонд заробітної плати:

$$\Phi ЗП_{\text{дод}} = \Phi ЗП_{\text{проф}} + \Phi ЗП_{\text{прем}} + \Phi ЗП_{\text{відп}}.$$

$$\Phi ЗП_{\text{дод}} = 231571,23 + 408773,84 + 269790,74 = 910135,81 \text{ грн.}$$

Інші заохочувальні та компенсаційні витрати:

$$\Phi ЗП_{\text{заох}} = (\Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{дод}}) \cdot 0,10.$$

$$\Phi ЗП_{\text{заох}} = (1812297,98 + 910135,81) \cdot 0,10 = 272243,38 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці ремонтних працівників:

$$\Phi ЗП_{\text{заг}} = \Phi ЗП_{\text{осн}} + \Phi ЗП_{\text{дод}} + \Phi ЗП_{\text{заох}}.$$

$$\Phi ЗП_{\text{заг}} = 1812297,98 + 910135,81 + 272243,38 = 2994677,17 \text{ грн.}$$

Результати наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Витрати на оплату праці ремонтних працівників

Показник	Значення, грн
Відрядний фонд заробітної плати	1812297,98
Основний фонд заробітної плати	1812297,98
Надбавка за професійну майстерність	231571,23
Виробничі премії	408773,84
Оплата відпусток	269790,74
Додатковий фонд заробітної плати	910135,81
Інші заохочувальні та компенсаційні витрати	272243,38
Загальні витрати на оплату праці	2994677,17

Отже, річні витрати на оплату праці ремонтних працівників становлять 2994677,17 грн.

4.5. Розрахунок нарахувань на соціальні заходи

Нарахування на соціальні заходи визначаються від фонду оплати праці. Для розрахунку приймаємо ставку 22 %.

$$H_{\text{соц}} = \Phi ЗП_{\text{заг}} \cdot 0,22.$$

$$H_{\text{соц}} = 2994677,17 \cdot 0,22 = 658829,00 \text{ грн.}$$

Результат наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Нарахування на соціальні заходи

Показник	Значення
Фонд оплати праці ремонтних працівників, грн	2994677,17
Ставка нарахувань, %	22
Нарахування на соціальні заходи, грн	658829,00

Отже, сума нарахувань на соціальні заходи становить 658829,00 грн.

4.6. Визначення матеріальних витрат на ремонт агрегатів

Матеріальні витрати включають витрати на запасні частини, підшипники, ущільнення, прокладки, кріпильні елементи, мийні засоби, мастильні матеріали, допоміжні матеріали, абразивні матеріали та інші витратні матеріали.

Для дільниці агрегатного ремонту матеріальні витрати визначаються за річною програмою та нормою витрат матеріалів на одиницю роботи.

Норму матеріальних витрат приймаємо:

$$H_{\text{мат}} = 209,14 \text{ грн/люд.-год.}$$

Тоді загальні матеріальні витрати:

$$Z_{\text{мат}} = T_{\text{д}} \cdot H_{\text{мат}}.$$

$$Z_{\text{мат}} = 19746,11 \cdot 209,14 = 4129701,44 \text{ грн.}$$

Для ремонту одного водяного насоса матеріальні витрати формуються окремо, оскільки до них входять конкретні запасні частини. Орієнтовну структуру матеріальних витрат наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Орієнтовні матеріальні витрати на ремонт одного водяного насоса ЯМЗ-236

Матеріал або запасна частина	Призначення	Орієнтовна вартість, грн
Комплект підшипників	Заміна зношеного підшипникового вузла	650
Ущільнення водяного насоса	Забезпечення герметичності	420
Комплект прокладок	Герметизація стиків	120
Кріпильні елементи, стопорні кільця	Заміна пошкоджених деталей	80
Мийні засоби	Очищення деталей	80

Мастильні та допоміжні матеріали	Складання і контроль	100
Абразивні та слюсарні матеріали	Зачищення і підготовка поверхонь	70
Інші витратні матеріали	Допоміжні роботи	100
Усього	—	1620

Отже, матеріальні витрати на річну програму діляниці становлять 4129701,44 грн, а орієнтовні матеріальні витрати на ремонт одного водяного насоса — 1620 грн.

4.7. Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання включають витрати на ремонт обладнання, допоміжні матеріали, силову електроенергію та інші витрати, пов'язані з роботою устаткування.

Витрати на ремонт і обслуговування обладнання приймаємо у розмірі 5 % від вартості обладнання:

$$З_{\text{рем.обл}} = C_{\text{обл}} \cdot 0,05.$$

$$З_{\text{рем.обл}} = 401280 \cdot 0,05 = 20064 \text{ грн.}$$

Вартість допоміжних матеріалів приймаємо у розмірі 4 % від матеріальних витрат:

$$C_{\text{доп}} = З_{\text{мат}} \cdot 0,04.$$

$$C_{\text{доп}} = 4129701,44 \cdot 0,04 = 165188,06 \text{ грн.}$$

Витрати на силову електроенергію приймаємо:

$$P_{\text{сил}} = 293560 \text{ грн.}$$

Інші матеріальні витрати на експлуатацію обладнання:

$$M_{\text{ін}} = P_{\text{сил}} \cdot 1,2.$$

$$M_{\text{ін}} = 293560 \cdot 1,2 = 352272 \text{ грн.}$$

Сума матеріальних витрат на експлуатацію устаткування:

$$C_{\text{мат.уст}} = M_{\text{ін}} \cdot 1,2.$$

$$C_{\text{мат.уст}} = 352272 \cdot 1,2 = 422726,40 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$C_{\text{уст}} = З_{\text{рем.обл}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{мат.уст}}.$$

$$C_{\text{уст}} = 20064 + 165188,06 + 422726,40 = 607978,46 \text{ грн.}$$

Результати наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Стаття витрат	Значення, грн
Ремонт і обслуговування обладнання	20064,00
Допоміжні матеріали	165188,06
Силовa електроенергія	293560,00
Інші матеріальні витрати	352272,00
Матеріальні витрати на експлуатацію устаткування	422726,40
Загальні витрати на утримання обладнання	607978,46

Отже, витрати на утримання та експлуатацію обладнання становлять 607978,46 грн.

4.8. Розрахунок загальновиробничих витрат

Загальновиробничі витрати включають витрати на управління виробництвом, амортизацію, утримання обладнання, освітлення, опалення, водопостачання, водовідведення, прибирання, охорону праці та інші витрати, пов'язані з функціонуванням ділянки.

Витрати на управління виробництвом визначаємо за формулою:

$$З_{\text{упр}} = (\Phi ЗП_{\text{осн}} + Н_{\text{соц}}) \cdot 0,20.$$

$$З_{\text{упр}} = (1812297,98 + 658829,00) \cdot 0,20 = 494225,40 \text{ грн.}$$

Витрати на освітлення приміщення визначаємо за формулою:

$$P_{\text{осв}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot q \cdot \Phi_{\text{н}} \cdot C_{\text{е}}}{1000},$$

де q — питома встановлена потужність освітлення, Вт/м²;

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

Приймаємо:

$$q = 15 \text{ Вт/м}^2, C_{\text{е}} = 4,32 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год.}$$

$$P_{\text{осв}} = \frac{92 \cdot 15 \cdot 2074 \cdot 4,32}{1000} = 12363,03 \text{ грн.}$$

Витрати на опалення:

$$P_{\text{опал}} = F_{\text{д}} \cdot 0,147 \cdot 8 \cdot 3883,56.$$

$$P_{\text{опал}} = 92 \cdot 0,147 \cdot 8 \cdot 3883,56 = 419924,87 \text{ грн.}$$

Витрати на холодну воду для побутових потреб:

$$P_{\text{х}} = \frac{25 \cdot 9 \cdot 260}{1000} \cdot 24,516 = 1434,19 \text{ грн.}$$

Витрати на гарячу воду для побутових потреб:

$$P_{\text{г}} = \frac{40 \cdot 9 \cdot 260}{1000} \cdot 93,22 = 8725,39 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на воду для побутових потреб:

$$P_{\text{вод.поб}} = 1434,19 + 8725,39 = 10159,58 \text{ грн.}$$

Витрати на воду для виробничих потреб:

$$P_{\text{вод.вир}} = 1200 \cdot 24,516 = 29419,20 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на воду:

$$P_{\text{вод}} = 10159,58 + 29419,20 = 39578,78 \text{ грн.}$$

Витрати на водовідведення:

$$З_{\text{вод.відв}} = 39578,78 \cdot 9,5 = 375998,41 \text{ грн.}$$

Інші загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 2 % від суми витрат на управління, амортизацію та утримання обладнання:

$$З_{\text{ін}} = (З_{\text{упр}} + A_{\text{заг}} + C_{\text{уст}}) \cdot 0,02.$$

$$З_{\text{ін}} = (494225,40 + 145943,28 + 607978,46) \cdot 0,02 = 24962,94 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати:

$$З_{\text{заг.вир}} = З_{\text{упр}} + A_{\text{заг}} + C_{\text{уст}} + P_{\text{осв}} + P_{\text{опал}} + P_{\text{вод}} + З_{\text{вод.відв}} + З_{\text{ін}}.$$

$$\begin{aligned} З_{\text{заг.вир}} &= 494225,40 + 145943,28 + 607978,46 + 12363,03 + 419924,87 \\ &+ 39578,78 + 375998,41 + 24962,94 = 2120975,17 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Результати наведено в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис загальновиробничих витрат

Стаття витрат	Значення, грн
Витрати на управління виробництвом	494225,40
Амортизаційні відрахування	145943,28
Утримання та експлуатація обладнання	607978,46
Освітлення приміщення	12363,03

Опалення приміщення	419924,87
Водопостачання	39578,78
Водовідведення	375998,41
Інші загальновиробничі витрати	24962,94
Усього загальновиробничих витрат	2120975,17

Отже, загальновиробничі витрати проєктованої ділянки становлять 2120975,17 грн.

4.9. Калькуляція собівартості ремонту водяного насоса

Собівартість ремонтних робіт включає витрати на оплату праці, соціальні нарахування, матеріальні витрати, витрати на утримання обладнання та загальновиробничі витрати.

Загальна виробнича собівартість річної програми ділянки:

$$C_{\text{річ}} = \Phi ЗП_{\text{заг}} + H_{\text{соц}} + З_{\text{мат}} + З_{\text{заг.вир.}}$$

$$C_{\text{річ}} = 2994677,17 + 658829,00 + 4129701,44 + 2120975,17 \\ = 9904182,78 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї людино-години ремонтних робіт:

$$C_{\text{л.г}} = \frac{C_{\text{річ}}}{T_{\text{д}}}. \\ C_{\text{л.г}} = \frac{9904182,78}{19746,11} = 501,56 \text{ грн/люд.-год.}$$

Собівартість ремонту одного водяного насоса за трудомісткістю:

$$C_{\text{вн}} = C_{\text{л.г}} \cdot t_{\text{вн}}. \\ C_{\text{вн}} = 501,56 \cdot 4,8 = 2407,49 \text{ грн.}$$

Оскільки ремонт водяного насоса потребує конкретних запасних частин, уточнена калькуляція ремонту одного насоса наведена у табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Калькуляція собівартості ремонту одного водяного насоса двигуна ЯМЗ-236

Стаття витрат	Сума, грн
Оплата праці з урахуванням доплат і премій	728,14
Нарахування на соціальні заходи	160,19

Запасні частини та матеріали	1620,00
Витрати на обладнання та енергію	210,00
Частка загальновиробничих витрат	520,00
Повна собівартість ремонту одного насоса	3238,33

Отже, проєктна собівартість ремонту одного водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 становить 3238,33 грн. Це значення є розрахунковим і може уточнюватися залежно від фактичної вартості запасних частин, тарифних ставок, вартості енергії та організації робіт на конкретному підприємстві.

4.10. Визначення ціни ремонту та доходу від реалізації послуг

Ціна ремонту повинна покривати собівартість робіт і забезпечувати підприємству прибуток. Для розрахунку приймаємо планову рентабельність ремонту одного водяного насоса на рівні 20 %.

Ціну ремонту без податку на додану вартість визначаємо за формулою:

$$Ц_{\text{вн}} = C_{\text{вн}} \cdot (1 + R),$$

де $Ц_{\text{вн}}$ — ціна ремонту одного водяного насоса, грн;

$C_{\text{вн}}$ — собівартість ремонту одного насоса, грн;

R — рівень рентабельності.

$$Ц_{\text{вн}} = 3238,33 \cdot 1,20 = 3885,99 \text{ грн.}$$

Приймаємо:

$$Ц_{\text{вн}} = 3886 \text{ грн.}$$

Дохід від ремонту водяних насосів за рік:

$$Д_{\text{вн}} = Ц_{\text{вн}} \cdot N_{\text{вн}},$$

$$Д_{\text{вн}} = 3886 \cdot 260 = 1010360 \text{ грн.}$$

Прибуток від ремонту одного водяного насоса:

$$\Pi_{1\text{вн}} = Ц_{\text{вн}} - C_{\text{вн}}.$$

$$\Pi_{1\text{вн}} = 3886 - 3238,33 = 647,67 \text{ грн.}$$

Річний прибуток від ремонту водяних насосів:

$$\Pi_{\text{вн}} = \Pi_{1\text{вн}} \cdot N_{\text{вн}}.$$

$$\Pi_{\text{вн}} = 647,67 \cdot 260 = 168394,20 \text{ грн.}$$

Результати наведено в табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Розрахунок ціни та доходу від ремонту водяних насосів

Показник	Значення
Собівартість ремонту одного насоса, грн	3238,33
Планова рентабельність, %	20
Ціна ремонту одного насоса, грн	3886,00
Річна програма ремонту насосів, шт.	260
Річний дохід від ремонту насосів, грн	1010360,00
Прибуток від ремонту одного насоса, грн	647,67
Річний прибуток від ремонту насосів, грн	168394,20

Отже, ремонт водяних насосів є економічно доцільним напрямом роботи дільниці, оскільки забезпечує покриття витрат і отримання прибутку.

4.11. Розрахунок прибутку та рентабельності

Рентабельність ремонту показує, наскільки прибутковим є виконання ремонтних робіт. Для ремонту одного водяного насоса рентабельність визначається за формулою:

$$R = \frac{\Pi_{\text{вн}}}{C_{\text{вн}}} \cdot 100\%.$$

$$R = \frac{647,67}{3238,33} \cdot 100 = 20\%.$$

Для річної програми ремонту водяних насосів:

$$R_{\text{річ}} = \frac{\Pi_{\text{вн}}}{C_{\text{вн}} \cdot N_{\text{вн}}} \cdot 100\%.$$

$$R_{\text{річ}} = \frac{168394,20}{3238,33 \cdot 260} \cdot 100 = 20\%.$$

Для всієї дільниці агрегатного ремонту рентабельність залежить від структури робіт, завантаження обладнання, вартості матеріалів і прийнятого рівня ціни на ремонтні послуги. Якщо прийняти середню рентабельність робіт дільниці на рівні 18 %, то очікуваний дохід становитиме:

$$D_{\text{д}} = C_{\text{річ}} \cdot 1,18.$$

$$D_{\text{д}} = 9904182,78 \cdot 1,18 = 11686935,68 \text{ грн.}$$

Валовий прибуток дільниці:

$$\Pi_d = D_d - C_{\text{річ.}}$$

$$\Pi_d = 11686935,68 - 9904182,78 = 1782752,90 \text{ грн.}$$

Для узагальнення показників наведено табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Розрахунок прибутку та рентабельності

Показник	Значення
Річна собівартість робіт дільниці, грн	9904182,78
Прийнята середня рентабельність робіт дільниці, %	18
Очікуваний річний дохід дільниці, грн	11686935,68
Валовий прибуток дільниці, грн	1782752,90
Собівартість ремонту одного водяного насоса, грн	3238,33
Ціна ремонту одного водяного насоса, грн	3886,00
Прибуток від ремонту одного насоса, грн	647,67
Рентабельність ремонту водяного насоса, %	20

Отже, проєкт дільниці агрегатного ремонту має позитивні економічні показники, а ремонт водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 є прибутковою ремонтною послугою.

4.12. Оцінювання економічної доцільності проєкту дільниці

Економічна доцільність проєкту визначається здатністю дільниці покривати витрати, забезпечувати прибуток, ефективно використовувати основні фонди та окупати капітальні вкладення.

Термін окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{осн}}}{\Pi_d},$$

де $T_{\text{ок}}$ — термін окупності, років;

$C_{\text{осн}}$ — вартість основних фондів, грн;

Π_d — валовий прибуток дільниці, грн.

$$T_{\text{ок}} = \frac{813372}{1782752,90} = 0,46 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi_{\text{д}}}{C_{\text{осн}}}.$$

$$E = \frac{1782752,90}{813372} = 2,19.$$

Фондовіддача:

$$\Phi_{\text{від}} = \frac{Д_{\text{д}}}{C_{\text{осн}}}.$$

$$\Phi_{\text{від}} = \frac{11686935,68}{813372} = 14,37.$$

Фондомісткість:

$$\Phi_{\text{міст}} = \frac{C_{\text{осн}}}{Д_{\text{д}}}.$$

$$\Phi_{\text{міст}} = \frac{813372}{11686935,68} = 0,070.$$

Фондоозброєність:

$$\Phi_{\text{озбр}} = \frac{C_{\text{осн}}}{P_{\text{яв}}}.$$

$$\Phi_{\text{озбр}} = \frac{813372}{9} = 90374,67 \text{ грн/працівника.}$$

Продуктивність праці:

$$ПТ = \frac{Д_{\text{д}}}{P_{\text{яв}}}.$$

$$ПТ = \frac{11686935,68}{9} = 1298548,41 \text{ грн/працівника.}$$

Підсумкові показники наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Техніко-економічні показники проєкту ділянки агрегатного ремонту

Показник	Значення
Річна трудомісткість ділянки, люд.-год	19746,11
Площа ділянки, м ²	92
Вартість основних фондів, грн	813372
Річна собівартість робіт, грн	9904182,78
Очікуваний річний дохід, грн	11686935,68

Валовий прибуток, грн	1782752,90
Середня рентабельність робіт дільниці, %	18
Термін окупності, років	0,46
Коефіцієнт економічної ефективності	2,19
Фондовіддача	14,37
Фондомісткість	0,070
Фондоозброєність, грн/працівника	90374,67
Продуктивність праці, грн/працівника	1298548,41

Отже, розрахунки показують, що створення дільниці агрегатного ремонту є економічно доцільним. Проект має короткий розрахунковий термін окупності, позитивний прибуток і достатній рівень рентабельності.

Висновки до розділу 4

У четвертому розділі виконано економічне обґрунтування проєктних і технологічних рішень щодо створення дільниці агрегатного ремонту та ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

Сформовано початкові дані для економічного розрахунку. Враховано річну трудомісткість дільниці 19746,11 люд.-год, площу 92 м², явочну чисельність 9 працівників, штатну чисельність 10 працівників, річну програму ремонту 1200 агрегатів, зокрема 260 водяних насосів.

Визначено вартість основних виробничих фондів. Загальна вартість будівлі, обладнання, інструменту, пристроїв та виробничого інвентарю становить 813372 грн.

Розраховано амортизаційні відрахування. Загальна річна сума амортизації становить 145943,28 грн.

Визначено витрати на оплату праці ремонтних працівників. Загальний фонд оплати праці становить 2994677,17 грн, а нарахування на соціальні заходи — 658829,00 грн.

Розраховано матеріальні витрати на ремонт агрегатів. Загальні матеріальні витрати дільниці становлять 4129701,44 грн. Орієнтовні матеріальні витрати на ремонт одного водяного насоса становлять 1620 грн.

Визначено витрати на утримання та експлуатацію обладнання в сумі 607978,46 грн. Загальновиробничі витрати проєктованої ділянки становлять 2120975,17 грн.

Виконано калькуляцію собівартості ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Розрахункова повна собівартість ремонту одного насоса становить 3238,33 грн. При прийнятій рентабельності 20 % ціна ремонту становить 3886 грн.

Розраховано очікуваний дохід і прибуток від ремонту водяних насосів. За річної програми 260 насосів дохід становить 1010360 грн, а прибуток — 168394,20 грн.

Оцінено економічну ефективність усієї ділянки. Очікуваний річний дохід становить 11686935,68 грн, валовий прибуток — 1782752,90 грн, середня рентабельність робіт — 18 %, термін окупності — 0,46 року, коефіцієнт економічної ефективності — 2,19.

Отже, розроблені проєктні та технологічні рішення є економічно доцільними. Організація ділянки агрегатного ремонту дозволяє забезпечити якісний ремонт агрегатів, отримати позитивний економічний результат, скоротити витрати на заміну агрегатів і підвищити ефективність ремонтного виробництва.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА НА ДІЛЬНИЦІ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ

5.1. Загальна характеристика умов праці на дільниці агрегатного ремонту

Дільниця агрегатного ремонту призначена для виконання робіт із розбирання, миття, очищення, дефектації, ремонту, складання та випробування агрегатів машин. Під час ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 працівники виконують слюсарні, мийні, складальні, пресові, контрольні та допоміжні операції.

У процесі роботи використовуються слюсарні верстаки, гідравлічний прес, знімачі, мийне обладнання, свердильний і точильно-шліфувальний верстати, вимірювальний інструмент, мастильні матеріали, охолоджувальні рідини та мийні засоби. Тому робочі місця повинні бути зручно організовані, забезпечені справним обладнанням, вентиляцією, освітленням і засобами індивідуального захисту.

Безпечні умови праці на дільниці забезпечуються дотриманням технологічної послідовності робіт, справністю обладнання, правильним розміщенням інструменту, підтриманням чистоти та порядку, а також своєчасним видаленням виробничих відходів.

5.2. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час ремонту агрегатів

Під час агрегатного ремонту можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори: рухомі частини обладнання, гострі кромки деталей, вилітання стружки або абразивних частинок, шум, вібрація, контакт із мастилами, охолоджувальними рідинами та мийними засобами, ризик ураження електричним струмом, пожежна безпека.

Найбільш травмонебезпечними є операції розбирання агрегатів, демонтаж деталей із натягом, робота з пресом, свердління, зачищення деталей, продування каналів стисненим повітрям і складання вузлів. Для зменшення ризиків

необхідно застосовувати справний інструмент, захисні окуляри, рукавиці, спецодяг, захисне взуття та не допускати виконання робіт без інструктажу.

5.3. Вимоги безпеки під час розбирання та складання водяного насоса

Перед розбиранням водяний насос необхідно очистити від зовнішніх забруднень і залишків охолоджувальної рідини. Агрегат потрібно надійно закріпити на верстаку або у спеціальному пристрої. Забороняється розбирати насос на нестійкій поверхні або застосовувати надмірні ударні навантаження.

Деталі, встановлені з натягом, необхідно демонтувати за допомогою знімачів, оправок або преса. Під час випресовування та запресовування підшипників не можна тримати руки в зоні дії преса. Підшипники та ущільнення слід встановлювати без перекосів, із використанням справних оправок.

Під час складання всі деталі повинні бути чистими, продефектованими та придатними до використання. Особливу увагу необхідно приділяти правильному встановленню підшипників, ущільнення, крильчатки та прокладок, оскільки від цього залежить герметичність і працездатність насоса.

5.4. Вимоги безпеки під час миття, очищення та дефектації деталей

Миття та очищення деталей виконують у спеціально відведеній зоні з вентиляцією. Працівник повинен користуватися рукавицями, захисними окулярами та спецодягом. Не допускається розбризкування мийних засобів, зливання забруднених рідин у каналізацію без очищення та використання відкритого вогню для видалення забруднень.

Після миття деталі необхідно висушити й підготувати до дефектації. Дефектацію виконують на чистому, добре освітленому робочому місці. Під час огляду деталей потрібно звертати увагу на тріщини, корозію, зношування посадкових поверхонь, пошкодження різьби, стан крильчатки, вала, корпусу та ущільнювальних поверхонь.

5.5. Безпека під час роботи з верстатами, пресами та слюсарним інструментом

Під час роботи з верстатами необхідно перевірити їх справність, наявність захисних кожухів, правильність закріплення деталей і справність інструменту. На свердлильному верстаті забороняється утримувати деталь руками. Під час зачищення або шліфування обов'язково слід користуватися захисними окулярами.

Гідравлічний прес потрібно використовувати лише зі справними оправками та пристроями. Деталь повинна бути встановлена рівно, без перекосу. Працівник не повинен перебувати в небезпечній зоні під час пресування.

Ручний інструмент має бути справним. Не допускається використання ключів зі зношеними гранями, молотків із пошкодженими ручками, тріснутих викруток, несправних знімачів або деформованих оправок.

5.6. Електробезпека на ділянці агрегатного ремонту

Електрообладнання ділянки повинно мати справну ізоляцію, заземлення, захисні пристрої та справні вимикачі. Перед початком роботи необхідно оглянути кабелі, розетки, корпуси верстатів та електроінструменту.

Забороняється працювати на несправному обладнанні, користуватися пошкодженими подовжувачами, торкатися електрообладнання мокрими руками або самостійно ремонтувати електропроводку без відповідного допуску. У разі появи запаху горілої ізоляції, іскріння або нагрівання кабелів роботу необхідно негайно припинити.

5.7. Засоби індивідуального та колективного захисту працівників

Працівники ділянки агрегатного ремонту повинні користуватися спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, захисними окулярами, а за потреби — респіраторами та засобами захисту органів слуху.

До засобів колективного захисту належать вентиляція, захисні кожухи верстатів, екрани, заземлення обладнання, справне освітлення, протипожежні засоби, попереджувальні знаки та безпечне планування робочих місць.

Використання засобів захисту є обов'язковим під час розбирання, миття, очищення, шліфування, свердління, роботи з пресом і випробування агрегатів.

5.8. Вимоги до освітлення, вентиляції та організації робочого місця

Робочі місця повинні мати достатнє природне та штучне освітлення. Особливо якісне освітлення потрібне в зоні дефектації, складання та контролю якості, оскільки ці операції потребують уважного огляду деталей і точних вимірювань.

Вентиляція повинна забезпечувати видалення парів мийних засобів, запахів мастил, пилу та інших забруднень повітря. Мийна зона повинна мати посилений повітрообмін.

Інструмент і деталі необхідно розміщувати у визначених місцях. Проходи мають залишатися вільними. Придатні, ремонтопридатні та непридатні деталі слід зберігати окремо, щоб уникнути плутанини під час складання.

5.9. Пожежна безпека ремонтної дільниці

Пожежна небезпека на дільниці пов'язана з використанням мастил, мийних засобів, промасленого ганчір'я, електрообладнання та шліфувальних операцій. Для запобігання пожежам необхідно підтримувати порядок, не накопичувати промаслені матеріали, не зберігати зайві запаси горючих речовин і не перевантажувати електромережу.

Промаслене ганчір'я слід зберігати у металевій тарі з кришкою. На дільниці мають бути вогнегасники, ящик із піском, пожежний інвентар і вільний доступ до евакуаційних виходів. Куріння та використання відкритого вогню у виробничому приміщенні забороняються.

5.10. Екологічні аспекти агрегатного ремонту

Під час агрегатного ремонту утворюються відпрацьовані мастила, залишки охолоджувальної рідини, забруднені мийні розчини, металеві відходи, старі прокладки, ущільнення, промаслене ганчір'я та тара з-під технічних рідин.

Екологічна безпека дільниці забезпечується роздільним збиранням відходів, правильним зберіганням технічних рідин, недопущенням їх потрапляння у ґрунт, каналізацію або відкриті водойми. Відновлення агрегатів

також має позитивний екологічний ефект, оскільки дозволяє продовжити ресурс деталей і зменшити потребу у виготовленні нових вузлів.

5.11. Поводження з відпрацьованими рідинами, мастилами, мийними засобами та виробничими відходами

Відпрацьовані мастила, охолоджувальні рідини та забруднені мийні розчини необхідно збирати в окремі промарковані герметичні ємності. Їх не можна зливати у каналізацію або на ґрунт.

Промаслене ганчір'я слід зберігати у закритій металевій тарі. Зношені підшипники, металеві частини, стружку та непридатні кріпильні елементи потрібно збирати окремо як металеві відходи. Старі прокладки, ущільнення та забруднену тару необхідно передавати на утилізацію відповідно до встановленого порядку.

Правильне поведіння з відходами зменшує негативний вплив ремонтної ділянки на довкілля та підвищує загальний рівень безпеки виробництва.

Висновки до розділу 5

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки на ділянці агрегатного ремонту.

Встановлено, що під час ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 на працівників можуть впливати механічні, хімічні, електричні, пожежонебезпечні та санітарно-гігієнічні фактори. Основними джерелами небезпеки є верстати, прес, слюсарний інструмент, мийні засоби, мастила, охолоджувальні рідини, електрообладнання та виробничі відходи.

Обґрунтовано вимоги безпеки під час розбирання, миття, дефектації, складання та випробування водяного насоса. Визначено необхідність використання справного обладнання, засобів індивідуального захисту, вентиляції, якісного освітлення та правильної організації робочих місць.

Розглянуто пожежну безпеку ділянки та порядок поведіння з відпрацьованими рідинами, мастилами, мийними засобами й виробничими відходами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено проєкт ділянки з агрегатного ремонту та технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236.

У першому розділі проаналізовано стан питання організації агрегатного ремонту та ремонту водяних насосів двигунів. Встановлено, що ремонтне виробництво є важливою складовою системи технічного сервісу машин, оскільки забезпечує підтримання працездатності техніки, скорочення простоїв, продовження ресурсу агрегатів і зменшення експлуатаційних витрат.

Обґрунтовано роль агрегатного ремонту в системі технічного сервісу. Встановлено, що агрегатний метод дозволяє виконувати ремонт вузлів і агрегатів на спеціалізованих робочих місцях, використовувати відповідне обладнання, підвищувати якість дефектації, складання та випробування, а також скорочувати час простою машин.

Проаналізовано конструктивні та експлуатаційні особливості двигуна ЯМЗ-236 і його системи охолодження. Визначено, що водяний насос є одним із ключових агрегатів цієї системи, оскільки забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини та підтримання нормального теплового режиму двигуна.

Розглянуто будову і принцип роботи водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Встановлено, що основними деталями агрегату є корпус, вал, крильчатка, підшипники, ущільнення, прокладки та кріпильні елементи. Найбільш характерними несправностями є витікання охолоджувальної рідини, зношування підшипників, люфт вала, пошкодження ущільнення, корозія корпусу, пошкодження крильчатки та зниження продуктивності насоса.

У другому розділі розроблено проєкт ділянки з агрегатного ремонту. Визначено її призначення, виробничу характеристику, вихідні дані для проєктування, виробничу програму, трудомісткість робіт, кількість працівників, метод організації робіт, необхідне обладнання, площу, організацію робочих місць, технологічне планування та систему контролю якості.

Прийнято, що діляниця працює в одну зміну, має 260 робочих днів на рік, річну трудомісткість 19746,11 люд.-год і річну програму 1200 агрегатів, зокрема 260 водяних насосів. Розраховано, що для виконання програми необхідно передбачити 9 явочних і 10 штатних працівників.

Для проєктованої діляниці обґрунтовано спеціалізовані робочі місця з елементами операційно-постової організації. Підібрано основне обладнання: слюсарні верстаки, мийна установка, гідравлічний прес, свердлильний і точильно-шліфувальний верстати, стенд перевірки водяних насосів, стелажі, шафи, технологічні візки, знімачі та вимірювальний інструмент.

Розраховано площу діляниці агрегатного ремонту. За результатами розрахунку прийнято площу 92 м², що дозволяє розмістити обладнання, робочі місця, проходи, зони зберігання агрегатів і забезпечити безпечне виконання робіт.

У третьому розділі розроблено технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Він включає приймання агрегату в ремонт, зовнішнє очищення, розбирання, миття деталей, дефектацію, визначення ремонтпридатності, ремонт або заміну деталей, складання, контроль якості та випробування на герметичність і працездатність.

Встановлено, що підшипники, ущільнення та прокладки після розбирання доцільно замінювати новими, оскільки їх повторне використання знижує надійність ремонту. Корпус, вал, крильчатка та посадкові поверхні можуть бути відновлені за умови відсутності критичних пошкоджень.

Розроблено маршрутну технологію ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 і операційну технологію ремонту корпусу як базової деталі. Особливу увагу приділено очищенню корпусу, контролю тріщин, стану стикових площин, різьбових отворів, каналів і посадкових поверхонь.

У четвертому розділі виконано економічне обґрунтування проєктних і технологічних рішень. Визначено вартість основних виробничих фондів, амортизаційні відрахування, витрати на оплату праці, нарахування на соціальні заходи, матеріальні витрати, витрати на утримання обладнання, загальновиробничі витрати, собівартість ремонту, прибуток, рентабельність і термін окупності.

Загальна вартість основних виробничих фондів дільниці становить 813372 грн. Річна сума амортизаційних відрахувань становить 145943,28 грн. Загальний фонд оплати праці ремонтних працівників становить 2994677,17 грн, а нарахування на соціальні заходи — 658829,00 грн.

Розраховано, що загальні матеріальні витрати дільниці становлять 4129701,44 грн, витрати на утримання та експлуатацію обладнання — 607978,46 грн, загальновиробничі витрати — 2120975,17 грн. Річна собівартість робіт дільниці становить 9904182,78 грн.

Визначено собівартість ремонту одного водяного насоса двигуна ЯМЗ-236. Вона становить 3238,33 грн. При плановій рентабельності 20 % ціна ремонту одного насоса становить 3886 грн. Річний прибуток від ремонту 260 водяних насосів становить 168394,20 грн.

Для всієї дільниці агрегатного ремонту очікуваний річний дохід становить 11686935,68 грн, валовий прибуток — 1782752,90 грн, середня рентабельність робіт — 18 %, термін окупності — 0,46 року, коефіцієнт економічної ефективності — 2,19. Це підтверджує економічну доцільність запропонованих проєктних рішень.

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки на дільниці агрегатного ремонту. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, вимоги безпеки під час розбирання, миття, дефектації, складання та випробування водяного насоса, а також вимоги до роботи з верстатами, пресами, слюсарним інструментом та електрообладнанням.

Обґрунтовано необхідність використання засобів індивідуального і колективного захисту: спецодягу, рукавиць, захисних окулярів, захисного взуття, вентиляції, захисних кожухів, екранів, заземлення обладнання та засобів пожежогасіння.

Розглянуто екологічні аспекти агрегатного ремонту. Встановлено, що під час виконання ремонтних робіт утворюються відпрацьовані мастила, охолоджувальні рідини, забруднені мийні розчини, промаслене ганчір'я, старі прокладки, ущільнення, металеві відходи та тара з-під технічних рідин. Для

зменшення негативного впливу на довкілля ці відходи необхідно збирати окремо, зберігати у спеціальній тарі та передавати на утилізацію або переробку.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані під час організації ділянки агрегатного ремонту в ремонтних майстернях, сервісних центрах, автотранспортних підприємствах, машинно-тракторних майстернях і навчально-виробничих лабораторіях.

У результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети: розроблено проєкт ділянки з агрегатного ремонту та технологічний процес ремонту водяного насоса двигуна ЯМЗ-236 з урахуванням організаційних, технологічних, економічних, безпекових та екологічних вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Stajuda Ł., Levchenko D., Kubiak P., Siczek K., Bogusławski G., Kuchar M., Woźniak M., Szymczyk M., Ozuna G., Siczek K. Composition, features, problems, and treatment related to cooling fluid – a review. *Combustion Engines*. 2024. Vol. 196, № 1. P. 106–125. DOI: 10.19206/CE-169185.
2. Şimşir E., Çalığülü U. Failure analysis of vehicle water cooling pump. *Matéria (Rio de Janeiro)*. 2024. Vol. 29. Article e20240140.
3. Qin Sh. Fault Detection and Maintenance of Automobile Engine Cooling System. *Academic Journal of Engineering and Technology Science*. 2022. Vol. 5, № 10. P. 49–52. DOI: 10.25236/AJETS.2022.051009.
4. Siahaan J. P., Yaqin R. I., Tumpu M., Hermawan A., Nugroho S. D., Prakoso B., Luthfiani F., Zein L. A. S. Implementation of Failure Mode and Effects Analysis in the Maintenance Strategy for the Main Engine Cooling System Pump of Fishing Vessels. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*. 2025. Vol. 22, № 1. P. 34–44. DOI: 10.14710/kapal.v22i1.67419.
5. Zaman M. B., Semin, Pitana T., Siswantoro N., Hanugrah F. Application of Reliability-Centered Maintenance for Tugboat Kresna 315 Cooling Systems. *Journal of Southwest Jiaotong University*. 2020. Vol. 55, № 4. DOI: 10.35741/issn.0258-2724.55.4.51.
6. Liu H., Chen X., Wang Y., Wang H. A Review of Thermal Management System and Control Strategy for Automotive Engines. *Journal of Energy Engineering*. 2021. Vol. 147, № 3. Article 03121001. DOI: 10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000743.
7. Turabimana P., Kim H., Park S. A Novel Active Cooling System for Internal Combustion Engine Using Shape Memory Alloy Based Thermostat. *Sensors*. 2023. Vol. 23, № 8. Article 3972. DOI: 10.3390/s23083972.
8. Naderi A., Shamekhi A. H., Jazayeri S. A. A smart load-speed sensitive cooling map to have a high efficient thermal management system. *Energy*. 2021. Vol. 230. Article 120726. DOI: 10.1016/j.energy.2021.120726.
9. Thomaz F., Silva C. M., Pereira J. M. C. Thermal management of an internal combustion engine vehicle using numerical simulations. *Proceedings of the*

Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2021. Vol. 235, № 14. P. 3559–3573. DOI: 10.1177/0954407020982825.

10. Abdullah M., Alshammari F., Sajid M. U., Ali H. M. Recent development of combined heat transfer optimization for internal combustion engines: A review. *Energy Nexus*. 2024. Vol. 14. Article 100288. DOI: 10.1016/j.nexus.2024.100288.

11. Pusat S., Başaran F., Aydın M., Uslu S. A study of TiO₂-enhanced nanofluids in internal combustion engines using neural networks. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. Article 19403. DOI: 10.1038/s41598-024-68701-3.

12. Torregrosa A. J., Broatch A., Olmeda P., Romero C. Assessment of the improvement of internal combustion engine performance by the use of nanofluids in the cooling system. *International Journal of Engine Research*. 2021. Vol. 22, № 8. P. 2599–2613. DOI: 10.1177/1468087420917494.

13. Jadeja K. M., Bumataria R. K., Chavda N. K. Nanofluid as a coolant in internal combustion engine — a review. *International Journal of Ambient Energy*. 2022. Vol. 43, № 1. P. 2189–2206. DOI: 10.1080/01430750.2020.1757757.

14. Palve C., Thakur P., Chavan V., Aher A. Optimization of Cooling Air Flow for Improved Heat Dissipation through Radiator. *SAE Technical Paper*. 2024. № 2024-26-0042. DOI: 10.4271/2024-26-0042.

15. Ardika R. D., Kurniawan D., Suyitno B. The Effect of Using Variations of Radiator Coolant on Engine Cooling System Performance. *Engineering Proceedings*. 2025. Vol. 84, № 1. Article 11. DOI: 10.3390/engproc2025084011.

16. Taherkhani N., Keshavarz A., Pourahmadi M. Industrial Experimental Comparison of Effect of Different Coatings on Cavitation Behavior in Water Pump of EF7 Engine. *International Journal of Automotive Science and Technology*. 2025. Vol. 9, № 4. P. 416–425.

17. Yu R., Zhang Y., Wang X., Liu Y. Failure analysis of centrifugal pump impeller. *Engineering Failure Analysis*. 2018. Vol. 92. P. 343–349. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2018.06.010.

18. Daraz A., Al-Obaidi A. R., Vieira R. G., Lue Y. Impeller wear diagnosis in centrifugal pumps under different flow conditions using acoustic signals. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2022. Vol. 36. P. 6073–6084.

19. Padasale B., Tiwari R., Choudhury A. Failure analysis of a fire water jockey pump shaft. *Engineering Failure Analysis*. 2022. Vol. 142. Article 106766. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106766.
20. Morshch I. V., Koshovy M. D., Sadykov M. Analysis of the causes of damage to centrifugal pumps during operation and methods of their elimination. *Problems of Tribology*. 2025. Vol. 30, № 1. P. 35–40.
21. Al-Obaidi A. R. Monitoring the performance of centrifugal pump under single-phase and cavitation condition: A CFD analysis of the number of impeller blades. *Journal of Applied Fluid Mechanics*. 2019. Vol. 12, № 2. P. 445–459.
22. Fu Y., Yuan J., Yuan S., Pace G., d'Agostino L. Numerical and experimental analysis of flow phenomena in centrifugal pumps. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*. 2017. Vol. 231, № 2. P. 129–140.
23. Bordoloi D. J., Tiwari R. Identification of suction blockage and casing cavitation in centrifugal pumps by optimal support vector machine techniques. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. 2017. Vol. 39. P. 2957–2968.
24. Sakthivel N. R., Sugumaran V., Babudevasenapati S. Vibration based fault diagnosis of monoblock centrifugal pump using decision tree. *Expert Systems with Applications*. 2018. Vol. 37, № 6. P. 4040–4049.
25. Chernovol M. I., Kropivniy V. M. Systematic approach to the study of working surfaces wear of automotive and tractor equipment parts. *Problems of Tribology*. 2024. Vol. 29, № 1. P. 53–60. DOI: 10.31891/2079-1372-2024-111-1-53-60.
26. Chernovol M. I., Permyakov O. A., Nemyrovsky Y. B., Shepelenko I. V., Gorbulik V. I. Methodology of technological design of the process of restoration of parts. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні*. 2023. № 2(8). С. 10–16. DOI: 10.20998/2079-004X.2023.2(8).02.
27. Chernovol M. I., Shepelenko I. V. A systematic approach to the formation of quality indicators of remanufactured parts. *Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2023. № 7(38), ч. 1. С. 30–36. DOI: 10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.30-36.

28. Ivankova O., Bartosh V., Obshchii Y., Kysil' Y. Restoration of worn parts of agricultural equipment by plastic deformation. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2023. Vol. 1, № 25-01. P. 23–29. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-25-01-073.
29. Dudnikov A. A., Dudnik V. V., Ivankova O. V., Burlaka O. A. Substantiation of parameters for the technological process of restoring machine parts by the method of plastic deformation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1, № 1(97). P. 75–80. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.156779.
30. Kanishka K., Acherjee B., Mandal A. A systematic review of additive manufacturing-based remanufacturing techniques for component repair and restoration. *Journal of Manufacturing Processes*. 2023. Vol. 89. P. 220–246. DOI: 10.1016/j.jmapro.2023.01.050.
31. Rahito, Wahab D. A., Azman A. H., Saibani N., Ng R. Repairing and remanufacturing metallic parts using additive manufacturing: An overview from object design and systems perspectives. *Processes*. 2019. Vol. 7, № 11. Article 802. DOI: 10.3390/pr7110802.
32. Haleem A., Gupta P., Bahl S., Javaid M., Kumar L. 3D scanning of a carburetor body using COMET 3D scanner supported by COLIN 3D software: Issues and solutions. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 39, Part 1. P. 331–337. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.07.427.
33. Javaid M., Haleem A. Using additive manufacturing applications for design and development of food and agricultural equipment. *International Journal of Materials and Product Technology*. 2019. Vol. 58, № 2/3. P. 225–238. DOI: 10.1504/IJMPT.2019.10018137.
34. Titu A. M., Răulea A. S., Oprean C. Service Process Modeling in Practice: A Case Study in an Automotive Repair Service Provider. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15, № 8. Article 4171. DOI: 10.3390/app15084171.
35. Titu A. M., Răulea A. S., Oprean C. Integrated Quality Management for Automotive Services: EFQM and Japanese Quality Strategies. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, № 20. Article 9100. DOI: 10.3390/su17209100.

36. Nagy J., Juhász J., Bokor J. Predictive Maintenance and Predictive Repair of Road Vehicles — Opportunities, Limitations and Practical Applications. Engineering Proceedings. 2024. Vol. 79, № 1. Article 27. DOI: 10.3390/engproc2024079027.

37. Grozev D., Dimov I., Gospodinov D. Optimizing the Distribution of Work in the Automotive Repair Shop. AIP Conference Proceedings. 2024. Vol. 3007. Article 070001. DOI: 10.1063/5.0199260.

38. Bruner G. N. G., Pascua P., Rivera J. Productivity Improvement in an Automotive Workshop through Lean Manufacturing Tools. Proceedings of the International Conference on Mechanical, Industrial and Energy Engineering. 2023. P. 145-1–145-8.

39. Florea V. A., Panaitescu C., Tudorache A. Efficiency of Maintenance Activities in Aggregate Quarries. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, № 17. Article 7649. DOI: 10.3390/app14177649.

40. Li X., Zou C., Qi A. Experimental study on the thermo-physical properties of car engine coolant based SiC nanofluids. International Communications in Heat and Mass Transfer. 2016. Vol. 77. P. 159–164. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.08.003.

41. Журавель Д. П., Паламарчук І. П., Уманський С. М., Паламарчук В. І. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : підручник / за ред. Д. П. Журавля. Київ : ЦП «Компринт», 2021. 449 с.

42. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Чинний від 2018-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

43. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

44. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. Чинний від 2016-07-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

45. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : наказ Міністерства соціальної політики України від 05.03.2018 № 333. Київ, 2018.