

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО
ЗАХИСТУ**

**В.о. завідувача кафедри
технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені
М. П. Момотенка**

_____ **Руслан ШАТРОВ**

«_____» _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Розробка конструкції знімачів технологічного процесу ремонту
зернозбирального комбайна Tuscato 440»**

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Гарант освітньої програми

_____ **Д.Т.Н., професор** _____ **Володимир БУЛГАКОВ**
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

_____ **К.Т.Н., доц.** _____ **Тітова Людмила Леонідівна**

Виконав

_____ **Музиченко Роман Олександрович**

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного менеджменту

імені М. П. Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Музиченку Роману Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи «Розробка конструкції знімачів технологічного процесу ремонту зернозбирального комбайна Тусано 440»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «15» квітня 2026 р. № 1044
«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 20 травня 2026 року
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Матеріали первинного бухгалтерського обліку, нормативно-методичні матеріали, науково-технічна література

Перелік питань, які потрібно розробити:

Провести аналіз сучасних конструкцій знімачів технологічного процесу ремонту зернозбирального комбайна Тусано 440

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

2. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА ПРОГРАМИ РОБІТ

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГОЛОВОК БЛОКІВ

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Перелік графічних документів: Електронна презентація на 14 слайдів

Дата видачі завдання «06» січня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Тітова Людмила Леонідівна

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Музиченко Роман Олександрович

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розрахунково-пояснювальна записка проекту включає в себе п'ять розділів.

В першому розділі проаналізовано стан ремонтно-обслуговуючої бази господарства та висунуто основні задачі проекту.

В другому розділі розраховано програму та загальну трудомісткість робіт для відділення з ремонту двигунів, яка складає 3932 люд.-год. Розглянуто питання по розробленню загального технологічного процесу ремонту автотракторних двигунів та обґрунтована кількість обладнання для відділення з ремонту двигунів.

Третій розділ присвячено проектуванню конструкції стенда для дефектації головок блоку двигуна гідравлічним опресуванням.

Загальні положення з охорони праці для відділення з ремонту двигунів наведено в четвертому розділі.

В п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку проектних рішень.

Ключові слова: ремонт, відновлення, двигун, дефектація, технологічне планування, відділення.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	7
1.1. Коротка характеристика селянського фермерського господарства «Іванково».....	7
1.2. Характеристика ремонтно-обслуговуючої бази.....	8
1.3. Аналіз існуючої технології ремонту двигуна	14
1.4. Аналіз існуючої організації ремонтно-обслуговуючих робіт	18
1.5. Основні висновки та задачі проекту	20
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА ПРОГРАМИ РОБІТ	22
2.1. Розрахунок програми поточного ремонту двигунів	22
2.2. Розрахунок загальної трудомісткості ремонтних робіт.....	25
2.3. Проектування загального технологічного процесу ремонту машинно-тракторного парку	28
2.4. Розроблення загального технологічного процесу ремонту двигунів в майстерні	32
2.5. Перевірочний розрахунок потреби відділення в технологічному обладнанні	35
2.6. Визначення площі відділення з ремонту двигунів	40
2.7. Визначення чисельності робочих.....	42
3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГОЛОВОК БЛОКІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ.....	43
3.1. Призначення та область використання стенда.....	43
3.2. Огляд аналогічних існуючих конструкцій та обґрунтування застосованих рішень	44
3.3. Опис і обґрунтування конструкції стенду	45
3.4. Розрахунки, підтверджуючі працездатність конструкції.....	47
3.5. Технічна характеристика стенду	50
3.6. Рівень нормалізаційної оцінки і уніфікації стенду	52

3.7. Організація робіт з використанням розробленої конструкції	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	55
4.1. Організація охорони праці в господарстві	55
4.2 Заходи з охорони праці. Організація охорони праці в господарстві	57
4.3. Заходи із захисту навколишнього середовища	59
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	62
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68

ВСТУП

В забезпеченні експлуатаційної надійності автотракторного парку та зменшення витрат на його технічне утримання і експлуатацію головна роль належить виробничим підрозділам з ремонту та обслуговування автомобілів та тракторів [1].

Але останнім часом ці підрозділи ремонтно-обслуговуючої бази не забезпечують висунуті вимоги. В першу чергу це обумовлюється якістю ремонтно-обслуговуючих робіт та їх вартістю. По-друге, існуючий технічний рівень виробництва практично не підвищується, а питання організації та технології виробництва потребують вдосконалення.

Забезпечення працездатності мобільних машин в наш час можливе за рахунок реалізації питань з удосконалення технології ремонту вузлів та агрегатів вантажних автомобілів та тракторів. Одним із таких вузлів мобільних машин являється двигун, відказ якого в першу чергу обумовлює втрату їх працездатності.

Метою роботи є - удосконалення технології поточного ремонту автотракторних двигунів розробленням прогресивних технологічних процесів та засобів технологічного оснащення.

Задачі проекту:

- обґрунтувати оптимальну програму поточного ремонту двигунів для існуючого МТП та визначити трудомісткість цих робіт;
- провести удосконалення технологічного процесу поточного ремонту двигунів на ділянці з ремонту двигунів;
- обґрунтувати кількісний склад робочих для відділення; провести технологічне проектування відділення з ремонту двигунів згідно розробленого технологічного процесу;
- спроектувати конструкцію стенда для проведення дефектувальних робіт деталей газорозподільчастого механізму при ремонті двигунів;
- розглянути заходи з охорони праці на ділянці з ремонту двигунів;
- провести техніко-економічну оцінку проектних рішень.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Коротка характеристика селянського фермерського господарства «Іванково»

Селянське фермерське господарства «Іванково» виникло в 1993 р. під час реструктуризації агропромислового комплексу в Кам'янському р-ні, село Теплівка, Дніпропетровської обл. Село Теплівка розміщене біля витоків річки Саксагань, за 0,5 км від селища Адамівське і за 1,5 км від сіл Саксаганське і Зелена Долина. По селу протікає пересихаюча Балка Довга із загатою.

Поруч проходять автомобільна дорога Т 0429 і залізниця, зупинний пункт Адамівське за 0,5 км.

Господарство розміщується в с. Теплівка на відстані 45 км від м. Кам'янське, та на відстані 35 км. від обласного центра м. Дніпро.

Кам'янський район відноситься до центрального помірно-посушливого агрокліматичного району Дніпропетровської області. Він характеризується спекотним сухим літом і відносно м'якою зимою з частими потепліннями. Відповідно до даних метеостанції середньорічна температура повітря складає $+8,2^{\circ}\text{C}$.

Польові роботи завершуються на початку листопаду і в зв'язку зі змінністю погоди строки закінчення польових робіт можуть знаходитися в межах від 30 серпня до 15 листопада.

Район характеризується недостатньою кількістю річних опадів. За даними метеорологічної служби середньорічна кількість опадів складає 380-400 мм рт. ст.

Ґрунт за даними обстеження в основному чорнозем звичайний, малопотужний. Рельєф вузько хвилястий, перерізаний балками. Ґрунтові води залягають на глибині 12...15 м.

При утворенні селянського фермерського господарства «Іванково»

площа землі складала 200 га. В 2023 р. цей показник становить 1000 га. Збільшення площі землі обумовлюється тим, що до фермерського господарства були приєднані паї селян, які до цього знаходилися в іншому господарстві. В розрахунковій структурі посівних площ 80 % займають зернові, зернобобові – 20 %. Показники урожайності господарства за 2022 рік наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Показники урожайності основних культур фермерського господарства «Іванково»

№ з/п	Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га
1	Озима пшениця	170	30
2	Кукурудза	220	50
3	Ярий ячмінь	110	20
4	Соняшник	160	25
5	Соя	343	9,5

Перехід від одного сезону до іншого як правило проходить повільно. Переважний напрямок вітрів в зимову і весняну пори року – північно-східний, влітку – південно-східний.

Ґрунти – чорноземи звичайні та суглинисті. Рельєф території має вузько хвильовий характер.

На території села де розміщується фермерське господарство розташована середня школа, бібліотека, дитячий садок, пошта та інше.

1.2 Характеристика ремонтно-обслуговуючої бази

До об'єктів ремонтно-обслуговуючої бази селянського фермерського господарства «Іванково» входить машинний двір, автогараж, ремонтна майстерня з технічного обслуговування тракторів та комбайнів.

Ремонтна майстерня селянського фермерського господарства (СФГ) «Іванково» була введена в дію в 1963 році за типовим проектом № 86-1-

5083 [2, 3].

Ремонтна майстерня призначена для проведення трудомістських періодичних технічних обслуговувань (ТО-1 і ТО-2) тракторів, технічного обслуговування (ТО-2) для комбайнів, а також для виконання ремонту сільськогосподарської техніки та її вузлів. Вона розрахована на сумісну роботу з центральними ремонтними майстернями та пересувними засобами діагностування, обслуговування і ремонту.

Склад дільниць майстерні та їх площі наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Склад і площі дільниць ремонтної майстерні

№ п/п	Найменування дільниці	Площа дільниці, м ²
1	Ремонту сільськогосподарських машин	72
2	Діагностування і технічного обслуговування	72
3	Ковальсько-зварювальна	33
4	Слюсарно-механічна	19
5	Матеріально-технічний склад	13
6	Дільниця з ремонту двигунів	100
	Всього	296

Аналіз складу дільниці майстерні показав, що дільниця з поточного ремонту двигунів практично не працює на повну потужність, а площа майстерні використовується не раціонально. Крім того, в технологічному плануванні майстерні не передбачені дільниці для проведення технічних обслуговувань ТО-3 та поточних ремонтів тракторів і комбайнів. Це підтверджується і відсутністю планів проведення ремонтно-обслуговуючих робіт. В майстерні також відсутня дільниця для проведення обкатки та випробовування двигунів.

Відсутність ряду дільниць в майстерні та не ефективна робота існуючих, на сьогоднішній день суттєво впливає на підтримання працездатного стану машинно-тракторного парку господарства в зв'язку з розбудовую ремонтно-обслуговуючої бази районного рівня.

Перелік основного обладнання, яке розміщується на дільницях майстерні, а також допоміжного наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основне та допоміжне ремонтно-технологічне обладнання майстерні

№	Найменування обладнання	Тип, марка	Кількість
I. Ковальсько-зварювальна дільниця			
1	Зварювальний інвертор	PATON ProMIG-270	1
2	Плазморіз	CUT-60	1
3	Зварювальний стіл	C3-1200	1
4	Витяжна установка	ВУ-1500	1
5	Лещата слюсарні	200 мм	1
6	Шліфувальний верстат	3K634	1
7	Шафа для інструменту	ШІ-01	1
8	Візок інструментальний	VIGOR V2481	1
II. Слюсарно-механічна дільниця			
9	Верстак слюсарний	BC-2000	2
10	Настільний свердлильний верстат	Bosch PBD 40	1
11	Токарний верстат	ТВ-6М	1
12	Настільний прес	ПГ-10	1
13	Шафа для оснащення	ШО-01	1
III. Дільниця ремонту агрегатів техсервісного обладнання			
14	Стенд для розбирання агрегатів	CPA-500	1
15	Підйомний візок	ГП-500	1
16	Гідравлічний прес	П6324	1
17	Стенд перевірки підшипників	СПП-01	1
18	Мийна ванна	МВ-250	1
IV. Пост технічного обслуговування обладнання			
19	Компресор повітряний	AirCast CB4/C-100	1
20	Установка заміни мастила	UZM-80	1
21	Оливороздавальна установка	MPY-60	1
22	Солідолонагнітач пневматичний	Pressol 18024	1
23	Бак для відпрацьованого мастила	BBM-120	1
24	Комплект діагностичного обладнання	Launch X-431	1
25	Ноутбук оператора	Dell Latitude	1
26	Пересувний кран-гусьок	КГ-1000	1
27	Набір вимірювального інструменту	Mitutoyo	1
V. Дільниця цифрового моніторингу та обслуговування			
28	Робоча станція оператора	Intel Core i7	1
29	Сервер бази даних ТО	Rack Server	1
30	IoT-шлюз збору даних	Industrial Gateway	1

31	Мережевий комутатор	Cisco Industrial	1
32	Панель моніторингу	LED 43"	1



Аналіз таблиці 1.3 Аналіз оснащення майстерні технічного обслуговування техсервісного обладнання. Проведений аналіз складу ремонтно-технологічного обладнання свідчить, що майстерня має комплексне оснащення для виконання основних операцій технічного обслуговування, діагностування та ремонту техсервісного обладнання. Структура обладнання сформована за функціональним принципом і включає п'ять основних виробничих зон.

Ковальсько-зварювальна дільниця

Ковальсько-зварювальна дільниця оснащена сучасним зварювальним інвертором PATON ProMIG-270, плазморізом CUT-60 та шліфувальним верстатом 3K634, що дозволяє виконувати широкий спектр операцій з відновлення та виготовлення металоконструкцій. Наявність витяжної установки ВУ-1500 забезпечує дотримання вимог охорони праці та покращує умови роботи персоналу. Допоміжне оснащення у вигляді інструментальної

шафи та пересувного візка сприяє раціональній організації робочого місця та скороченню непродуктивних витрат часу.

Слюсарно-механічна дільниця

Слюсарно-механічна дільниця є базовою виробничою зоною майстерні. Наявність двох слюсарних верстаків забезпечує одночасне виконання декількох ремонтних операцій. Свердлильний верстат Bosch PBD 40 та токарний верстат ТВ-6М дозволяють виконувати механічну обробку деталей, а настільний прес ПГ-10 використовується для монтажно-демонтажних робіт. Оснащення дільниці забезпечує виконання більшості ремонтних операцій без залучення сторонніх підприємств.

Дільниця ремонту агрегатів техсервісного обладнання

На даній дільниці зосереджене спеціалізоване обладнання для ремонту складальних одиниць та агрегатів. Стенд для розбирання агрегатів СРА-500, гідравлічний прес П6324 та стенд перевірки підшипників СПП-01 дозволяють виконувати повний цикл відновлювальних робіт. Мийна ванна МВ-250 забезпечує очищення деталей перед дефектацією та складанням, а підйомний візок ГП-500 полегшує транспортування важких вузлів.

Пост технічного обслуговування обладнання

Пост технічного обслуговування оснащений сучасним обладнанням для виконання регламентних робіт. Повітряний компресор AirCast СБ4/С-100 забезпечує роботу пневматичного інструменту, а установка заміни мастила UZM-80 та маслороздавальна установка МРУ-60 дозволяють механізувати процес обслуговування. Використання солідолонагнітача Pressol 18024 підвищує якість мащення вузлів тертя. Для проведення діагностичних робіт передбачений комплект Launch X-431, що дає можливість контролювати технічний стан сучасного обладнання та електронних систем. Пересувний кран-гусьок КГ-1000 забезпечує виконання вантажопідіймальних операцій під час ремонту агрегатів.

Дільниця цифрового моніторингу та обслуговування

Особливістю запропонованої майстерні є наявність дільниці цифрового

моніторингу, яка реалізує принципи концепції Industry 4.0. Робоча станція оператора, сервер бази даних, IoT-шлюз збору інформації та мережевий комутатор забезпечують безперервний контроль технічного стану обладнання. Панель моніторингу дозволяє в режимі реального часу відображати параметри роботи обладнання, планувати технічне обслуговування та вести електронний журнал ремонтів.

Загалом майстерня оснащена 32 одиницями основного технологічного обладнання, з яких:

- ковальсько-зварювальна дільниця — 8 одиниць (25 %);
- слюсарно-механічна дільниця — 6 одиниць (18,8 %);
- дільниця ремонту агрегатів — 5 одиниць (15,6 %);
- пост технічного обслуговування — 9 одиниць (28,1 %);
- дільниця цифрового моніторингу — 5 одиниць (15,6 %).

Найбільшу питому вагу займає обладнання поста технічного обслуговування, що відповідає основному призначенню майстерні. Водночас наявність цифрової інфраструктури забезпечує впровадження сучасних методів моніторингу технічного стану, прогнозування відмов та планування технічного обслуговування, що дозволяє підвищити ефективність використання обладнання, скоротити простої та збільшити його експлуатаційний ресурс.

Наявність в господарстві «Іванково» тракторів, автомобілів та комбайнів представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Кількісний склад МТП фермерського господарства «Іванково»

Назва і марка машини	Кількість
Трактор МТЗ-82	2
Трактор John Deere 8200	1
Зернозбиральний комбайн Claas Dominator	1
Сівалка СЗ-3.6	2
Плуг ПЛН-3-35	2

Культиватор КПС-4	1
Причіп 2ПТС-4	2
Обприскувач ОП-2000	1

Аналіз таблиці 1.4 вказує, що в (СФГ) «Іванково» достатня кількість машинно-тракторного парку для проведення сільськогосподарських робіт в задані агротехнічні строки.

1.3 Аналіз існуючої технології ремонту двигуна

Враховуючи те, що дипломний проект розглядає питання з удосконалення технології ремонту автотракторних двигунів проведемо аналіз існуючого технологічного процесу.

Ремонт двигуна внутрішнього згоряння є одним із найбільш відповідальних процесів технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, оскільки від його технічного стану залежить надійність роботи машини, паливна економічність та продуктивність агрегату.

Існуюча технологія ремонту двигунів у більшості ремонтних підприємств та фермерських господарств передбачає послідовне виконання таких основних етапів: діагностування технічного стану, демонтаж двигуна з машини, розбирання на складові частини, дефектація деталей, відновлення або заміна зношених елементів, складання, регулювання та випробування.

На першому етапі проводиться **діагностика двигуна**, яка включає вимірювання компресії, перевірку тиску масла, аналіз шумів та вібрацій, а також оцінку димності вихлопних газів. За результатами діагностики визначається ступінь зносу циліндро-поршневої групи, кривошипно-шатунного механізму та газорозподільного механізму.

Далі виконується **демонтаж двигуна** з базової машини, його очищення від забруднень та підготовка до розбирання. Розбирання здійснюється у визначеній послідовності із застосуванням спеціального інструменту та

пристосувань для уникнення пошкодження деталей.

Після розбирання проводиться **дефектація деталей**, під час якої виявляються зношені або пошкоджені елементи. Основними методами контролю є візуальний огляд, вимірювання мікрометром, нутроміром, індикаторними приладами, а також неруйнівні методи контролю (магнітопорошковий, ультразвуковий).

На етапі відновлення застосовуються різні технології ремонту: шліфування колінчастого вала, розточування та хонінгування циліндрів, відновлення клапанного механізму, заміна поршневих кілець, вкладишів та ущільнень. У разі значного зносу окремі вузли або двигун у цілому замінюються.

Завершальним етапом є складання двигуна, регулювання зазорів, перевірка герметичності систем, а також стендові випробування або обкатка в реальних умовах.

Аналіз існуючої технології показує, що її основним недоліком є висока трудомісткість та значна залежність якості ремонту від кваліфікації персоналу. Крім того, часто відсутня сучасна діагностична база, що ускладнює точне визначення ресурсу деталей. Водночас перевагою є універсальність технології та можливість її застосування для різних типів двигунів.

Організація ремонтно-обслуговуючих робіт сучасних сільськогосподарських машин, оснащених двигунами John Deere або Cummins, базується на сервісно-орієнтованій та діагностичній системі технічної експлуатації. На відміну від вітчизняних двигунів, ці силові агрегати мають високий рівень електронізації, що визначає специфіку їх обслуговування та ремонту.

Двигуни John Deere PowerTech та дизельні агрегати Cummins (QSB, QSL, ISLe та ін.) оснащені електронними системами управління впорскуванням палива (ECU), турбонаддувом зі змінною геометрією, системами EGR та SCR (AdBlue). Це забезпечує високу економічність і екологічність, але ускладнює процес ремонту без використання спеціального

діагностичного обладнання.

У сучасних умовах технічне обслуговування таких двигунів виконується за регламентом виробника і включає:

- щозмінне обслуговування (контроль рівня масла, охолоджуючої рідини, перевірка витоків);
- планове ТО через встановлені інтервали напрацювання (250–500 мотогодин);
- сезонне обслуговування;
- комп'ютерну діагностику електронних систем.

Особливістю організації ремонтних робіт є широке використання діагностичних сканерів (John Deere Service Advisor, Cummins INSITE), які дозволяють визначати несправності в режимі реального часу, зчитувати коди помилок та аналізувати параметри роботи двигуна.

Поточний ремонт таких двигунів зазвичай виконується у спеціалізованих сервісних центрах і включає заміну форсунок Common Rail, турбокомпресорів, датчиків тиску та температури, елементів паливної системи високого тиску. Капітальний ремонт передбачає значні витрати і часто здійснюється з використанням оригінальних комплектуючих або модульною заміною вузлів.

Організація ремонтно-обслуговуючих робіт у фермерських господарствах і агрохолдингах має змішаний характер: базове технічне обслуговування виконується власними силами, тоді як складні діагностичні та ремонтні операції передаються офіційним дилерським сервісам.

Основними проблемами існуючої системи обслуговування двигунів John Deere / Cummins є:

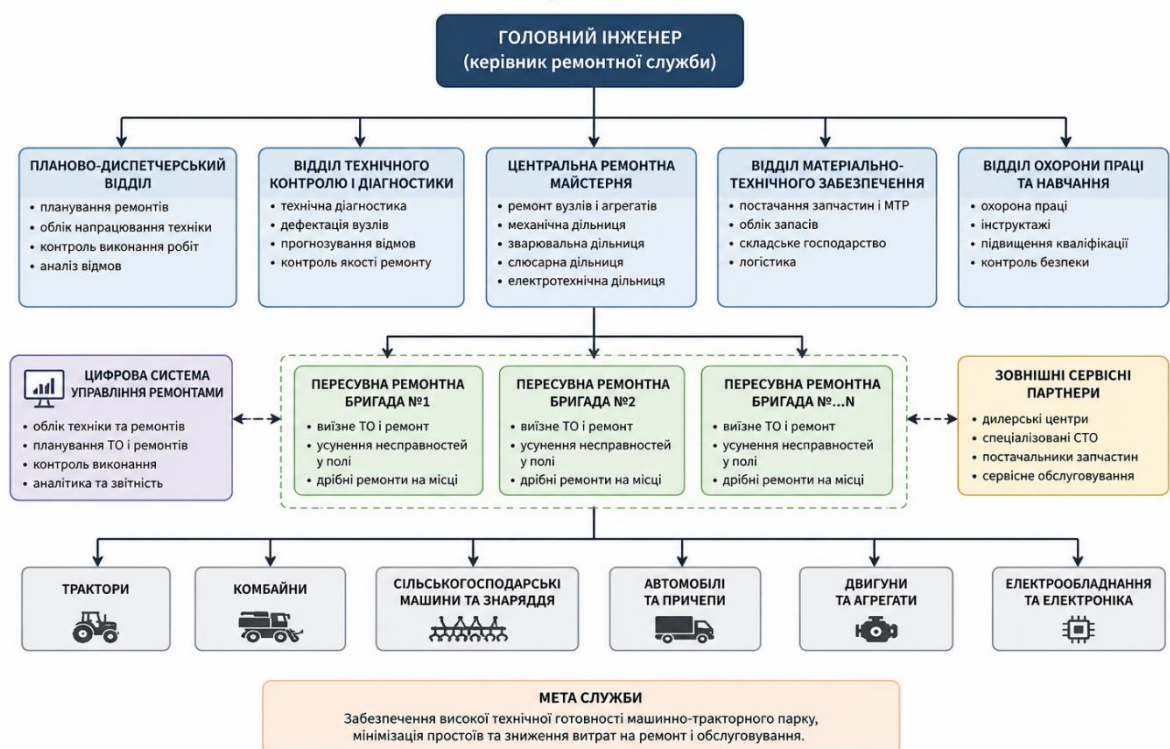
- висока вартість запасних частин та сервісного обслуговування;
- залежність від дилерських центрів і програмного забезпечення;
- потреба у висококваліфікованому персоналі;
- складність електронних систем управління;
- обмежений доступ до повного функціонального діагностичного ПЗ у

фермерських господарствах.

Водночас система має суттєві переваги, а саме високу точність діагностики, прогнозування відмов (predictive maintenance), зменшення аварійних простоїв та підвищену надійність двигунів.

Таким чином, існуюча організація ремонтно-обслуговуючих робіт двигунів John Deere та Cummins є технологічно прогресивною, але потребує значних фінансових витрат і розвитку кваліфікації персоналу, що є ключовим фактором ефективної експлуатації сучасної сільськогосподарської техніки.

СХЕМА ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТНОЇ СЛУЖБИ



Таблиця 1.5 Порівняння двигунів Д-240 та John Deere / Cummins

Показник	Д-240 (MTЗ-82)	John Deere / Cummins
Тип двигуна	Дизельний, атмосферний	Дизельний, турбонаддувний
Кількість циліндрів	4	4–6
Система живлення	Механічна паливна апаратура	Common Rail (електронне керування)
Керування двигуном	Механічне	Електронний блок ECU
Потужність	60–80 к.с.	100–400+ к.с.
Екологічний стандарт	Низький (без сучасних норм)	Stage IIIA–V / Tier 3–4
Витрата палива	Вища (0,22–0,25 кг/к.с.·год)	Нижча (оптимізована електронікою)

Діагностика	Візуальна, механічна	Комп'ютерна (Service Advisor / INSITE)
Ремонтопридатність	Висока, проста конструкція	Складна, модульна система
Вартість ремонту	Низька	Висока
Доступність запчастин	Висока (широкий ринок)	Обмежена, оригінальні деталі
Вимоги до персоналу	Середній рівень кваліфікації	Високий рівень + ІТ-навички
Можливість ремонту в господарстві	Повна	Частково (складні вузли - сервіс)
Надійність	Достатня для простих умов	Висока при дотриманні регламенту
Технологічний рівень	Базовий	Сучасний, цифровий

Двигун Д-240 характеризується простотою конструкції, низькою вартістю обслуговування та високою ремонтопридатністю, що робить його доцільним для невеликих фермерських господарств. Двигуни John Deere та Cummins є більш технологічно досконалішими, мають високу потужність, економічність і екологічність, однак потребують дорогого сервісного обслуговування та спеціалізованого діагностичного обладнання.

1.4 Аналіз існуючої організації ремонтно-обслуговуючих робіт

Організація ремонтно-обслуговуючих робіт у фермерських господарствах та аграрних підприємствах є важливою складовою системи технічної експлуатації машинно-тракторного парку. Від її рівня залежить коефіцієнт технічної готовності машин, зниження простоїв та загальна ефективність виробництва.

У більшості господарств існуюча система технічного обслуговування та ремонту базується на поєднанні планово-попереджувальної системи (ППР) і виконання ремонтів за фактичним станом техніки. Планові технічні обслуговування (ТО-1, ТО-2, сезонне ТО) виконуються відповідно до напрацювання машин у мотогодинах або гектарах обробітку.

Ремонтно-обслуговуючі роботи організовуються за двома основними

напрямами:

- польове технічне обслуговування, яке виконується безпосередньо у місцях експлуатації техніки;
- стаціонарне обслуговування і ремонт, що здійснюється у ремонтних майстернях господарства або сторонніх сервісних центрах.

У структурі ремонтної служби зазвичай виділяють центральну ремонтну майстерню, пункти технічного обслуговування та пересувні ремонтні бригади. Основні роботи виконують слюсарі, механіки та електрики, які забезпечують підтримання працездатності тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки.

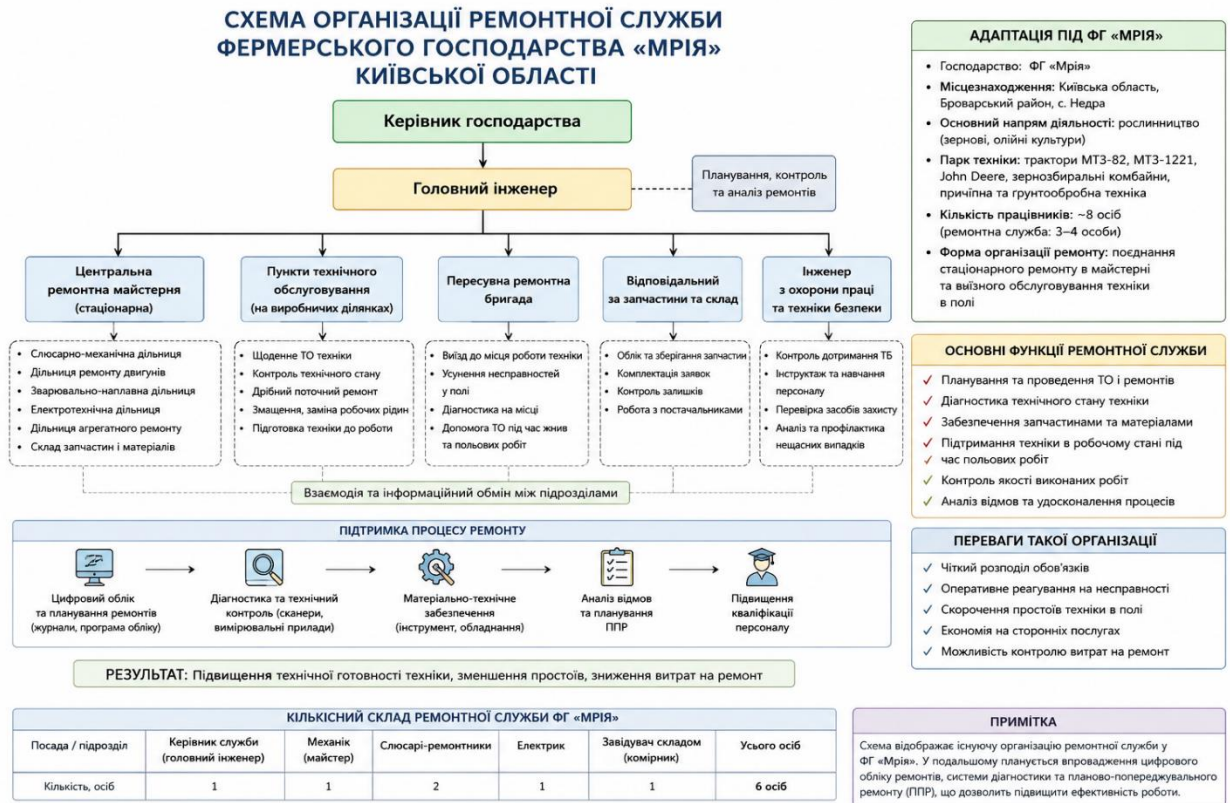
Планування ремонтів здійснюється на основі графіків технічного обслуговування, журналів експлуатації та даних про відмови машин. Проте на практиці часто спостерігаються відхилення від планових термінів через сезонне навантаження техніки та недостатню кількість резервних машин.

Основними проблемами існуючої організації ремонтно-обслуговуючих робіт є:

- недостатній рівень матеріально-технічного забезпечення ремонтних майстерень;
- обмежене застосування сучасних засобів діагностики;
- дефіцит кваліфікованого персоналу;
- несвоєчасне проведення планових технічних обслуговувань у пікові періоди робіт;
- низький рівень автоматизації обліку та планування ремонтів.

Разом із тим існуюча система має і певні переваги, зокрема відносно простоту організації, можливість оперативного усунення несправностей на місці експлуатації та гнучкість у прийнятті рішень щодо ремонту техніки.

Таким чином, аналіз показує, що існуюча організація ремонтно-обслуговуючих робіт потребує удосконалення шляхом впровадження сучасних діагностичних технологій, цифрового обліку технічного стану машин та оптимізації структури ремонтної служби.



1.5. Основні висновки та задачі проекту

У ході аналізу організації ремонтно-обслуговуючих робіт у фермерському господарстві «Мрія» встановлено, що технічна експлуатація машинно-тракторного парку базується на поєднанні планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту за фактичним станом.

Виявлено, що основними проблемами існуючої системи є недостатній рівень сучасної діагностики, нерівномірне завантаження ремонтної служби в період польових робіт, а також залежність від зовнішніх сервісних організацій при виконанні складних ремонтів.

Аналіз технології ремонту двигунів (зокрема Д-240 та сучасних аналогів John Deere / Cummins) показав, що більш сучасні системи забезпечують вищу точність діагностики та надійність роботи, однак потребують значних фінансових витрат і високої кваліфікації персоналу.

Задачі проекту

Для підвищення ефективності роботи ремонтно-обслуговуючої служби фермерського господарства «Мрія» необхідно вирішити такі задачі:

- удосконалити організаційну структуру ремонтної служби господарства;
- впровадити сучасні методи технічної діагностики машин та двигунів;
- оптимізувати систему планово-попереджувального технічного обслуговування;
- зменшити час простоїв техніки за рахунок підвищення оперативності ремонту;
- покращити забезпечення запасними частинами та матеріально-технічними ресурсами;
- впровадити елементи цифрового обліку технічного стану машин;
- підвищити кваліфікацію персоналу ремонтної служби.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ТА ПРОГРАМИ РОБІТ

2.1. Розрахунок програми поточного ремонту двигунів

Для обґрунтування заходів, направлених на удосконалення технології поточного ремонту двигунів, в першу чергу необхідно визначити об'єм ремонтних робіт, які передбачається проводити в майстерні господарства.

Для визначення програми ремонту двигунів виникає необхідність визначення кількості капітальних і поточних ремонтів безпосередньо для мобільних машин, так як проведення ремонту безпосередньо для машини включає в себе і ремонт двигуна.

Ремонтні роботи розраховуються відповідно до частоти ремонтів з врахуванням наявності машин.

Необхідне число з капітального ремонту трактора η_{KP}^i i -ої марки розраховується за виразом [3]:

$$\eta_{KP}^i = \frac{W^i \eta_{T1}^i}{\Pi_{KP}} + \frac{W^i \eta_{T2}^i}{\Pi_{KP} \lambda} \quad (2.1)$$

де η_{KP}^i - обсяг з капітального ремонту тракторів i -ого класу;

W^i - заплановані річні робочі години, мото-години, гектари та кілограми споживання пального для трактора певної марки;

η_{T1}^i - наявність нових тракторів;

η_{T2}^i - наявність раніше відремонтованих тракторів;

Π_{KP} - регламент міжремонтного обслуговування, мото-години, витрата палива;

λ - показник зменшення ресурсу, ресурсу, дорівнює 0,8.

Для тракторів марки Т150, 150К річна кількість робочих годин на один трактор дорівнює 850 мото-год., а періодичність проведення капітального ремонту 6000 мото-год., кількість капітальних ремонтів буде дорівнювати:

$$n_{KP}^{XT3-243K} = \frac{85 \cdot 0}{6000} + \frac{850 \cdot 2}{6000 \cdot 0,8} = 0,35 \approx 0 \text{ кап.рем.,}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{ohn Deere 6175M}} = \frac{900 \cdot 1}{6000} + \frac{900 \cdot 4}{6000 \cdot 0,8} = 0,9 \approx 1 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{ХТЗ-3512}} = \frac{850 \cdot 0}{6000} + \frac{850 \cdot 2}{6000 \cdot 0,8} = 0,35 \approx 0 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{John Deere 5100M}} = \frac{900 \cdot 1}{6000} + \frac{900 \cdot 4}{6000 \cdot 0,8} = 0,9 \approx 1 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{John Deere 9R}} = \frac{1000 \cdot 0}{6000} + \frac{1000 \cdot 2}{6000 \cdot 0,8} = 0,42 \approx 0 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{ХТЗ-3512}} = \frac{850 \cdot 0}{6000} + \frac{850 \cdot 1}{6000 \cdot 0,8} = 0,18 \approx 0 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{John Deere 9R}} = \frac{850 \cdot 0}{6000} + \frac{850 \cdot 1}{6000 \cdot 0,8} = 0,18 \approx 0 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{John Deere 5100}} = \frac{900 \cdot 0}{6000} + \frac{900 \cdot 7}{6000 \cdot 0,8} = 1,3 \approx 1 \text{ кап.рем.}$$

$$n_{\text{кр}}^{\text{John Deere 5100M}} = \frac{1000 \cdot 0}{6000} + \frac{1000 \cdot 2}{6000 \cdot 0,8} = 0,42 \approx 0 \text{ кап.рем.}$$

Обсяг з поточного ремонту ($n_{\text{пр}}^i$) трактора i -ої марки визначаємо за виразом [3]:

$$n_{\text{пр}}^i = \frac{W_i \cdot n_i^T}{\Pi_{\text{пр}}} - n_{\text{кр}}$$

де:

$n_{\text{пр}}^i$ - кількість поточних ремонтів для i -ї марки машини;

W_i - плановий наробіток;

n_i^T - кількість машин даної марки;

$\Pi_{\text{пр}}$ - періодичність поточного ремонту;

$n_{\text{кр}}$ - кількість капітальних ремонтів.

Тоді кількість поточних ремонтів тракторів марки Т-150 буде дорівнювати:

$$n_{\text{пр}}^{\text{ХТЗ-243К}} = \frac{850 \cdot 2}{2000} - 0,35 = 0,5 \approx 1 \text{ пот.рем.}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{ohn Deere 6175M}} = \frac{850 \cdot 2}{2000} - 0,35 = 0,5 \approx 1 \text{ пот.рем.}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 9R}} = \frac{850 \cdot 2}{2000} - 0,35 = 0,5 \approx 1 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 5100M}} = \frac{900 \cdot 5}{2000} - 0,9 = 1,35 \approx 1 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{ХТЗ-243К}} = \frac{1000 \cdot 2}{2000} - 0,42 = 0,58 \approx 1 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{ХТЗ-243К}} = \frac{850 \cdot 1}{2000} - 0,18 = 0,25 \approx 0 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 9R}} = \frac{850 \cdot 1}{2000} - 0,18 = 0,25 \approx 0 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 5100}} = \frac{900 \cdot 7}{2000} - 1 = 3,15 \approx 3 \text{ пот.рем.,}$$

$$n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 5100M}} = \frac{1000 \cdot 2}{2000} - 0,42 = 0,58 \approx 1 \text{ пот.рем..}$$

Результати розрахунків проведення кількості капітальних і поточних ремонтів зводимо до табл. 2.1.

Обсяг робіт з поточного ремонту комбайнів реалізується один раз на рік для одного комбайну. Звідси їх кількість буде залежати від чисельної кількості комбайнів.

Трудомісткість проведення поточного ремонту автомобілів визначається за формулою [5]:

$$T_{\text{трд}}^i = 0,001 \cdot n_i \cdot W_p^i \cdot H_t^i \quad (2.3)$$

H_t^i - еталонне значення трудомісткості на 1000 км пробігу машини;

W_p^i - регламентований середній пробіг автомобілів у тис. км.;

n_i - число і-того типу автомобіля;

$$T_{\text{трд}}^{\text{MAN TGS}} = 0,001 \cdot 10 \cdot 30000 \cdot 5,9 = 1770 \text{ люд.-год.},$$

$$T_{\text{трд}}^{\text{КамАЗ-65115}} = 0,001 \cdot 5 \cdot 40000 \cdot 5,3 = 1060 \text{ люд.-год.},$$

$$T_{\text{трд}}^{\text{DAF CF}} = 0,001 \cdot 5 \cdot 50000 \cdot 5,6 = 840 \text{ люд.-год.},$$

$$T_{\text{трд}}^{\text{Iveco T-Way}} = 0,001 \cdot 5 \cdot 30000 \cdot 5,6 = 840 \text{ люд.-год.}$$

2.2. Розрахунок загальної трудомісткості ремонтних робіт

Річна інтенсивність роботи і трудомісткість робіт, що виконуються в підрозділі, є одним з найважливіших показників. Значення цих показників залежить від основної площі підприємства, складу та кількості працівників, а також виду та кількості технологічного обладнання.

Трудомісткість проведення ремонту визначається за формулою [2]:

$$T_c^i = \sum T_p^i \cdot N_p^i$$

T_c^i - сумарна трудомісткість ремонтів машин ііі-ї марки;

T_p^i - трудомісткість одного ремонту;

N_p^i - кількість ремонтів відповідного виду.

Визначаємо сумарну трудомісткість поточного ремонту для трактора John Deere 6175M (кількість поточних ремонтів складає $n_{\text{пр}}^{\text{John Deere 6175M}} = 1$ рем, а річна трудомісткість поточного ремонту

$$T_{\text{пр}}^{\text{John Deere 6175M}} = 280 \cdot 1 = 280 \text{ люд.-год.}$$

Аналогічно проводяться розрахунки для інших марок тракторів, а розрахунки заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість та трудомісткість поточних ремонтів

Марка машини	Кількість машин, од.	Кількість поточних ремонтів, шт.	Трудомісткість одного ремонту, люд.-год.	Загальна трудомісткість, люд.-год.
John Deere 6110B	4	1	260	260
John Deere 6120M	3	1	280	280
New Holland TD5.110	2	1	250	250
John Deere 6175M	2	1	320	320
New Holland T7.215	2	2	340	680
Case IH Puma 180	1	1	360	360
CLAAS Axion 850	1	1	380	380
John Deere 8R 340	1	0	520	—
Всього	16	8	—	2530

Основна трудомісткість проведення поточних ремонтів становить ТО □
 $T_0 = 9684$ люд. год..

Знаходимо загальну трудомісткість робіт, що виконуються у підрозділі, за такою формулою:

$$T_3 = T_0 + T_{\text{обт}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{бо}} + T_{\text{ін}} \quad (2.5)$$

T_3 - загальна трудомісткість робіт;

T_0 - трудомісткість технічного обслуговування;

$T_{\text{обт}}$ - трудомісткість обслуговування технологічного обладнання; обсяг робіт по ремонту основного обладнання, люд.-год.(5-7 % від ТО);

($T_{\text{об.}} = 0,05 \cdot T_0 = 0,05 \cdot 9684 = 484,2$ люд.-год.);

$T_{\text{пр}}$ - трудомісткість поточного ремонту;

$T_{\text{бо}}$ - трудомісткість робіт із самообслуговування бази;

$T_{\text{ін}}$ - інші виробничі роботи.

$$T_{\text{ін}} = 0,03 \cdot T_0 = 0,03 \cdot 9684 = 290,5 \text{ люд.-год.}$$

Тоді загальна трудомісткість робіт (T_3) згідно виразу (2.5) визначиться

$$T_3 = 9684 + 484,2 + 290,5 + 484,2 + 290,5 = 11234 \text{ люд.-год.}$$

Проведені розрахунки показали, що загальна трудомісткість поточних ремонтів, що будуть виконуватися в підрозділі для підтримання працездатного стану машинно-тракторного парку становить 11234 люд.-год.

Трудомісткість робіт для відділення з ремонту і обкатки та випробування двигунів визначається виходячи з відсоткового розподілення загальної трудомісткості за видами робіт. Так за даними роботи [5] трудомісткість поточного ремонту складає близько 27...35 % від загальної трудомісткості робіт.

Тоді загальна трудомісткість робіт для відділення з ремонту двигунів визначиться за виразом :

$$T_{\text{дп}} = \frac{35 \cdot T_3}{100} \quad (2.6)$$

$$T_{\text{дп}} = \frac{35 \cdot 11234}{100} = 3931,9 \text{ люд.-год.}$$

Таким чином річна трудомісткість робіт для відділення з ремонту двигунів складе 3932 люд.-год. Визначимо річну програму ремонтної майстерні з ремонту двигунів за виразом [5]:

$$N_{\text{ур}}^{\text{об}} = \frac{T_{\text{дп}}}{T_{\text{ур}}^{\text{об}}} \quad (2.7)$$

$N_{\text{ур}}^{\text{об}}$ - річна програма з ремонту двигунів в умовних ремонтах, од.;

$T_{\text{дп}}$ - сумарна трудомісткість відділення з ремонту двигунів, люд.-год. ($T_{\text{дп}} = 3932$ люд. год.);

$T_{\text{ур}}^{\text{об}}$ - трудомісткість ремонту одного двигуна, люд.-год.

Тоді

$$N_{\text{ур}}^{\text{об}} = \frac{3932}{78,65} \approx 50 \text{ осіб}$$

Отже річна програма відділення з ремонту та випробування двигунів

складе п'ятдесят двигунів.

2.3. Проектування загального технологічного процесу ремонту машинно-тракторного парку

В дипломному проекті передбачається провести удосконалення технології поточного ремонту автотракторних двигунів в майстерні СФГ «Іванково». В зв'язку з цим розглянемо загальний технологічний процес ремонту машинно-тракторного парку в майстерні з метою визначення видів ремонтних робіт, які можуть бути перенесені з дільниці по ремонту двигунів на інші дільниці майстерні.

Ремонтні операції по відношенню до мобільних машин слід починати очищення на окремому посту, який розміщується за територією майстерні.

Очищення і миття машин рекомендується проводити в декілька етапів:

- Сухе очищення і зовнішнє миття при доставці машини в майстерню на ремонт;
- Миття складальних одиниць і деталей після розбирання машини.

Перед очищенням, наприклад для комбайнів необхідно відкрити щити люків, технологічних віконць елеваторів, захисні кожухи і здійснити прокручення механізмів на номінальному режимі.

Сухе очищення проводити за допомогою щіток, скребків, чистиків та продуванням стиснутим повітрям.

Після сухого очищення проводять підрозбирання машини без порушення спряжень припрацьованих деталей. В основному необхідно зняти з машини генератор, акумуляторні батареї, магнето пускового двигуна та інше.

Машинно-тракторний парк (МТП) є основою технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва. Ефективність використання тракторів, комбайнів, автомобілів та іншої техніки значною мірою залежить від своєчасного виконання технічного обслуговування і ремонтів. Тому при проектуванні ремонтно-обслуговуючої бази важливим завданням є

розроблення раціонального технологічного процесу ремонту машинно-тракторного парку, який забезпечує підтримання техніки у працездатному стані за мінімальних витрат праці та матеріальних ресурсів.

Технологічний процес ремонту являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, що виконуються в певній послідовності та спрямовані на відновлення справності й працездатності машин. Процес ремонту включає комплекс організаційно-технічних заходів, пов'язаних із прийманням машини в ремонт, її діагностуванням, розбиранням, дефектацією деталей, відновленням або заміною зношених елементів, складанням, регулюванням, випробуванням та здаванням замовнику.

У сучасних умовах експлуатації сільськогосподарської техніки до складу машинно-тракторного парку можуть входити трактори типу John Deere 6110B, John Deere 6175M, New Holland T7.215, комбайни John Deere S770, New Holland CX8.90, CLAAS Lexion 770, а також вантажні автомобілі MAN TGS, Mercedes-Benz Arocs та інші машини. Різноманітність конструкцій і складність технічних систем обумовлюють необхідність застосування сучасних засобів діагностування та спеціалізованого ремонтного обладнання.

Загальний технологічний процес ремонту машинно-тракторного парку складається з таких основних етапів:

1. Приймання машини в ремонт та оформлення ремонтної документації.
2. Очищення машини від забруднень і залишків технологічних матеріалів.
3. Попереднє діагностування технічного стану.
4. Розбирання машини на агрегати, вузли та деталі.
5. Миття і очищення деталей.
6. Дефектація деталей та вузлів.
7. Відновлення або заміна несправних деталей.
8. Комплектування вузлів та агрегатів.
9. Складання агрегатів і машини.
10. Регулювання механізмів і систем.
11. Контрольні випробування та діагностування.

12. Фарбування (за необхідності).

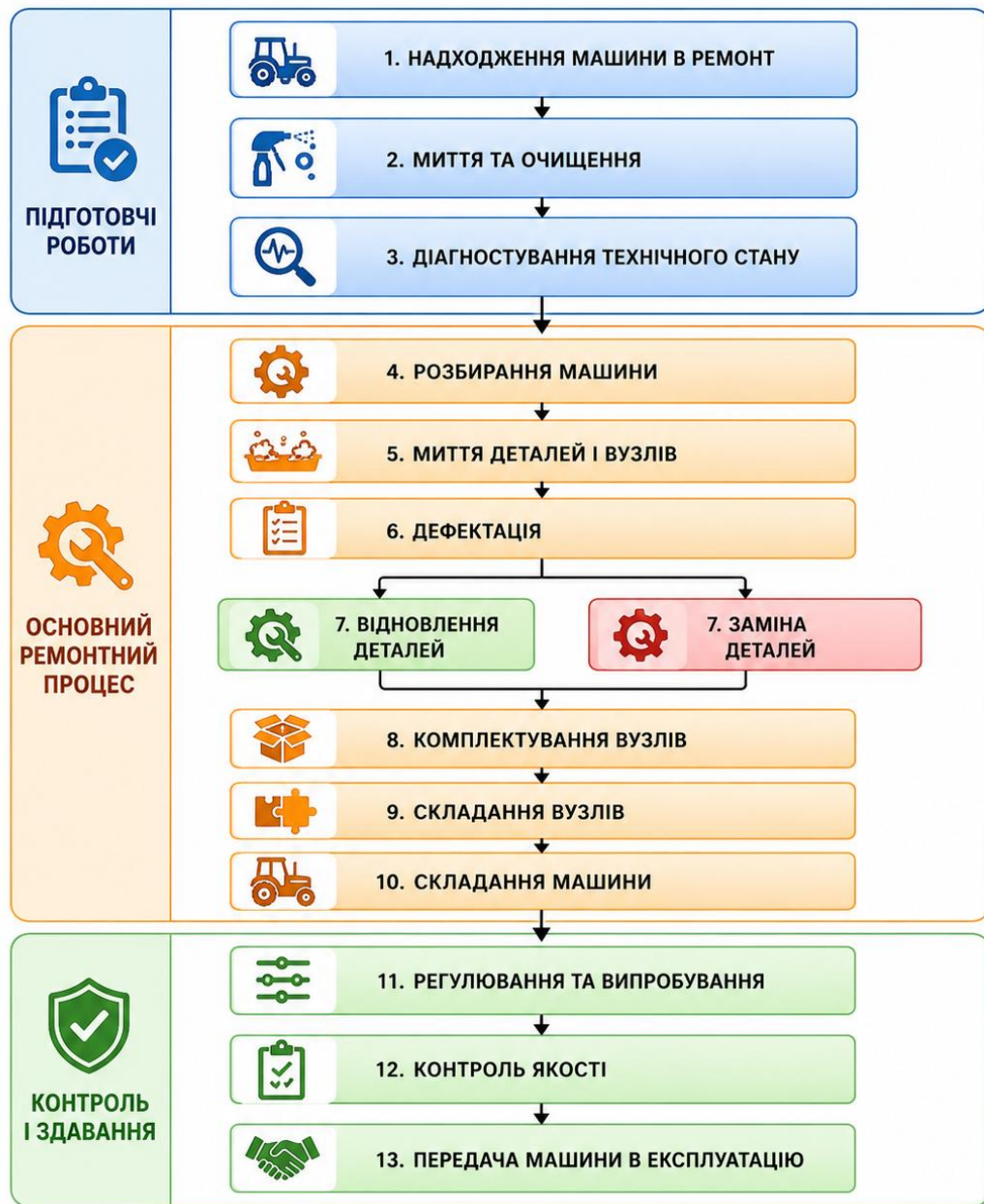
13. Здавання відремонтованої машини в експлуатацію.

Сучасний технологічний процес ремонту базується на агрегатному методі, який передбачає заміну несправних агрегатів заздалегідь відремонтованими або новими. Це дозволяє скоротити тривалість простою техніки та підвищити продуктивність ремонтного виробництва.

Найбільш трудомісткими етапами ремонту є розбирання і складання машин, дефектація деталей, відновлення посадочних поверхонь, ремонт двигунів, трансмісій, гідравлічних систем та електронних систем керування. Для підвищення якості ремонту застосовуються сучасні методи неруйнівного контролю, комп'ютерна діагностика, електронні стенди перевірки паливної апаратури, гідросистем і електрообладнання.

Схема загального технологічного процесу ремонту МТП має вигляд:

ЗАГАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕМОНТУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ



Таким чином, правильно спроектований технологічний процес ремонту машинно-тракторного парку забезпечує високий рівень технічної готовності машин, скорочення тривалості простоїв техніки, підвищення продуктивності ремонтного підприємства та зниження витрат на підтримання працездатності машин. Він є основою для подальшого проектування виробничих ділянок, визначення трудомісткості робіт і розрахунку чисельності виробничого персоналу.

2.4. Розроблення загального технологічного процесу ремонту двигунів в майстерні

Значна трудомісткість робіт в процесі ремонту машинно-тракторного парку припадає на двигун, а також важливо те, що замовлення робіт з ремонту двигунів по кооперації характеризується значною їх вартістю та низькою якістю. Це обумовлює господарства, які експлуатують сільськогосподарську техніку власними силами проводити ремонт дизельних двигунів з застосуванням передових методів роботи та останніх досягнень науки та техніки.

Він розпочинається з його зовнішнього очищення. Після цього двигун транспортується на дільницю з ремонту двигунів і закріплюється на стенді ОР-5023 для його розбирання. Зняті вузли і агрегати очищуються в ванні і розбираються на деталі. На дільниці передбачаються робочі пости за видами робіт, які характерні для поточного ремонту двигуна.

Так, деталі системи газорозподільчастого механізму потрапляють на відповідне робоче місце, де вони остаточно розбираються і проходять дефекацію.

У головки блока перевіряють неплоскостність та відновлюють гніздо під конусну поверхню клапана за допомогою ручного фрезерування.

Конусна поверхня клапанів шліфується на станку СШК-3 для виведення слідів спрацювання.

Притирання клапанне до гнізда виконується на стенді ОПР-1841А. Відновлені деталі очищуються, збираються і транспортуються до стенда, де збирається двигун.



Рис. 2.1 – Схема загального технологічного процесу ремонту двигуна

Для сучасних дизельних двигунів тракторів та комбайнів, таких як John

Deere PowerTech, FPT Industrial, Cummins, AGCO Power, Mercedes-Benz OM та інших, ремонт шатунно-поршневої групи виконується із застосуванням спеціалізованого діагностичного та ремонтного обладнання.

Шатуни підлягають дефектації на спеціальних контрольно-вимірювальних стендах, де перевіряються параметри згину, кручення, співвісність отворів верхньої та нижньої головок. У разі виявлення відхилень проводиться їх усунення із застосуванням спеціальної оснастки та гідравлічних пресів.

Втулки верхніх головок шатунів демонтуються за допомогою пресового обладнання. Після запресування нових втулок виконується їх розточування та хонінгування на спеціалізованих верстатах до ремонтних розмірів із забезпеченням необхідної точності посадки поршневого пальця.

Поршні, поршневі пальці та поршневі кільця, як правило, замінюються новими комплектами відповідно до ремонтних розмірів та вимог заводу-виробника двигуна. Підбір деталей здійснюється згідно з розмірними групами та каталогами запасних частин.

Після розбирання двигуна проводиться дефектація колінчастого вала із застосуванням мікрометричного та електронного вимірювального інструменту. Перевіряються геометричні параметри корінних і шатунних шийок, биття, наявність тріщин та інших пошкоджень.

У випадку необхідності відновлення шийок колінчастого вала, динамічного балансування або усунення складних дефектів вал направляється на спеціалізоване ремонтне підприємство, оснащене сучасними шліфувальними та балансувальними комплексами.

Паливна апаратура систем Common Rail, насос-форсунки та паливні насоси високого тиску ремонтуються на спеціалізованих дільницях або сервісних центрах, обладнаних діагностичними стендами Bosch, Delphi, Denso чи Cummins.

У разі виявлення дефектів блока циліндрів виконуються роботи з відновлення посадочних поверхонь, розточування та хонінгування циліндрів,

ремонту різьбових з'єднань. Для цього блок направляється на слюсарно-механічну дільницю.

Картери, корпусні деталі, колектори, кришки та інші елементи двигуна при наявності тріщин або механічних пошкоджень передаються на зварювальну та механічну дільниці для виконання відновлювальних робіт.

Після завершення ремонту всі відновлені та нові деталі надходять на дільницю складання двигунів. Складання виконується відповідно до технологічних карт та рекомендацій виробника із застосуванням динамометричного інструменту, спеціальних пристроїв і засобів контролю.

Зібраний двигун за допомогою транспортного візка або кран-балки подається на дільницю обкатки та випробувань, де встановлюється на сучасний моторний стенд. Під час випробувань контролюються параметри роботи двигуна: тиск мастила, температура охолоджувальної рідини, потужність, витрата палива, токсичність відпрацьованих газів та інші показники.

Обкатка та випробування проводяться відповідно до вимог виробника двигуна і можуть включати режими холодної та гарячої обкатки з автоматизованою реєстрацією параметрів.

У разі виявлення несправностей під час випробувань двигун направляється на спеціально обладнане робоче місце оперативного усунення дефектів, що дозволяє виконувати необхідні регулювання та ремонтні роботи без порушення основного технологічного процесу ремонту двигунів у майстерні.

Таким чином забезпечується висока якість ремонту, скорочення тривалості виробничого циклу та підвищення надійності сучасних двигунів сільськогосподарської техніки.

2.5. Перевірочний розрахунок потреби відділення в технологічному обладнанні

Необхідними даними для розрахунку складу одиниць обладнання

являються види операцій запропонованої технології і обсяг конкретних завдань.

В процесі перепланування відділення виникає необхідність визначити склад технологічного обладнання, що буде задіяне для проведення максимально складних та вагомих за обсягом видів робіт.

Зовнішнє очищення машин проводиться на спеціальній площадці, а очистка деталей двигуна проводиться в спеціальних передвижних мийних ваннах типа ОМ-1316-ГОСНИТИ. Їх кількість розраховується за виразом [3]:

$$N_{\text{м.в.}} = \frac{M \cdot t}{\Phi_{\text{до}} \cdot z \cdot K_{\text{в}}}$$

де:

$N_{\text{м.в.}}$ - кількість мийних ванн;

M - маса деталей, що підлягають миттю;

t - час миття;

$\Phi_{\text{до}}$ - дійсний фонд часу роботи обладнання;

z - кількість змін;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання обладнання.

Для відділення ремонту сучасних двигунів доцільно передбачити таке технологічне обладнання:

Найменування обладнання	Тип / приклад сучасного аналога	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Мийна машина для деталей	автоматична мийна установка	0,65	1
Стенд розбирання-складання двигунів	поворотний стенд 2–3 т	0,80	1
Гідравлічний прес	20–40 т	0,45	1
Верстат для розточування втулок шатунів	Sunnen / Comes / аналог	0,35	1
Хонінгувальний верстат	вертикальний хонінгувальний верстат	0,30	1
Стенд перевірки паливної апаратури	Common Rail test bench	0,50	1
Моторний стенд для	електронний	0,70	1

обкатки двигунів	випробувальний стенд		
Кран-балка або консольний кран	1–3 т	0,60	1
Слюсарний верстак	з комплектом інструменту	2,00	2
Діагностичний сканер	John Deere / CNH / Cummins	1,00	1

Таким чином, для забезпечення стабільної роботи відділення ремонту двигунів необхідно прийняти 11 одиниць основного технологічного обладнання. Це дозволить виконувати миття, дефектацію, розбирання, відновлення, складання, регулювання, обкатку та контроль якості сучасних дизельних двигунів сільськогосподарської техніки.

В процесі ремонту двигуна найбільш трудомісткими являються розбирально-складальні роботи. В зв'язку з цим проведемо розрахунки з визначення кількості стендів для розбирання та складання двигунів. Їх кількість визначається за формулою [2]:

$$N_{\text{ст.}} = \frac{N_0 \cdot t \cdot c}{\Phi_{\text{до}} \cdot \zeta_i} \quad (2.9)$$

$$N_{\text{м.в.}} = \frac{25000 \cdot 0,5}{2010 \cdot 4 \cdot 0,95} = 1,6 \approx 2 \text{ од.}$$

Таким чином приймаємо один стенд, який буде застосовуватися для розбирання та складання двигунів.

Кількість стендів для обкатки і випробування двигунів на спеціалізованих ремонтних підприємствах визначають за виразом:

$$S_c = \frac{n \cdot t_{\text{в}} \cdot c}{\Phi_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{об}}} \quad (2.10)$$

де $t_{\text{в}}$ - час випробування двигуна з врахуванням монтажних робіт, ($t_{\text{в}} = 1,7 \dots 2,6 \text{ год.}$);

c - коефіцієнт, враховуючий можливість повторного випробування і

обкатки, ($c = 1,1$);

$\eta_{об}$ - коефіцієнт використання стенда, ($\eta_{об} = 0,90 - 0,99$);

n - річна програма ремонту двигунів, од. ($n = 5000$).

Φ_0 - річний дійсний фонд часу роботи обладнання, год. ($\Phi_0 = 2010$ год.)

Тоді кількість стендів для обкатки буде дорівнювати:

$$S_c = \frac{50 \cdot 2,6 \cdot 1,1}{2010 \cdot 0,94} = 0,1 \text{ од.}$$

Таким чином, для проведення обкатки та випробування двигунів у відділенні з річною програмою ремонту 50 двигунів достатньо встановити один сучасний моторний стенд для обкатки та діагностування двигунів. Отримане значення $S_c = 0,1$ свідчить про те, що пропускна спроможність одного стенда повністю забезпечує виконання виробничої програми відділення.

Після визначення потреби в основному технологічному обладнанні здійснюють його підбір відповідно до технологічного процесу ремонту сучасних дизельних двигунів тракторів, комбайнів та вантажних автомобілів. Вибір обладнання проводиться на основі технічних характеристик, продуктивності, рівня автоматизації та відповідності вимогам ремонтного виробництва.

До складу технологічного оснащення відділення входять мийні установки, стенди для розбирання та складання двигунів, гідравлічні преси, верстати для ремонту деталей шатунно-поршневої групи, діагностичне обладнання для паливних систем Common Rail, підйомно-транспортне обладнання, а також моторний стенд для обкатки і випробування двигунів.

Результати підбору та перевірного розрахунку технологічного обладнання зведено до відомості обладнання відділення з ремонту двигунів, наведеної в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Відомість обладнання відділення з ремонту двигунів

№ з/п	Найменування обладнання	Тип, марка	Кількість, од.	Призначення
1	Автоматична мийна установка для деталей	АМУ-1000	1	Миття деталей двигунів
2	Ванна для миття деталей	ВМ-500	2	Очищення дрібних деталей
3	Стенд для розбирання та складання двигунів	P-776E	1	Розбирання та складання двигунів
4	Гідравлічний прес	П6324 (40 т)	1	Запресування та випресування деталей
5	Верстат для розточування втулок шатунів	УРБ-ВП	1	Обробка втулок шатунів
6	Хонінгувальний верстат	ЗГ833	1	Хонінгування отворів деталей
7	Стенд перевірки форсунок Common Rail	Bosch EPS 205	1	Діагностування форсунок
8	Компресорна установка	AirCast СБ4/Ф-500	1	Забезпечення стисненим повітрям
9	Кран-балка електрична	Вантажопідйомність 3,2 т	1	Монтажно-транспортні роботи
10	Моторний стенд для обкатки та випробування двигунів	КИ-5540М або аналог	1	Обкатка та випробування двигунів
11	Верстак слюсарний двомісний	ВС-2	2	Виконання слюсарних робіт
12	Шафа для інструменту	ШІ-01	2	Зберігання інструменту
13	Візок інструментальний	Vorel 17757	2	Переміщення інструменту
14	Комплект діагностичного	John Deere Service Advisor / Cummins	1	Комп'ютерна діагностика

	обладнання	INSITE		двигунів
15	Електроталь	TE-3200	1	Підйом вузлів та агрегатів

2.6. Визначення площі відділення з ремонту двигунів

Для визначення загальної площі ділянки з поточного ремонту двигунів слід врахувати, що вона технічно переозброюється на базі існуючого відділення з ремонту двигунів.

В зв'язку з цим розглянемо зміни в компонуванні. Вони характеризуються тим, що роботи по складанню і розбиранню двигунів проводяться на окремих ділянках, додаються роботи по відновленню газорозподільчастого механізму та шатунно-поршневої групи.

Площа відділення розраховується по площі, зайнятій обладнанням, з врахуванням робочих зон і проходів по формулам:

$$F_d = F_{об} \cdot \sigma$$

F_d - дійсний фонд часу роботи обладнання;

$F_{об}$ - номінальний (режимний) фонд часу роботи обладнання;

($F_{об} = 23 \text{ м}^2$ за даними табл.2.2);

σ - коефіцієнт використання обладнання (коефіцієнт технічної готовності). ($\sigma = 4,0 \dots 4,5$).

$$F_d = 23 \cdot 4,5 = 103,5 \text{ м}^2$$

Отже площа відділення з ремонту автомобільних двигунів буде складати близько 105 м². При такій умові можливе розміщення основного та допоміжного обладнання згідно з проектуємим технологічним процесом.

2.7. Визначення чисельності робочих

Кількість слюсарів для виробничого підрозділу визначається з врахуванням використовуваних методів ремонту і технічного обслуговування, які передбачено впровадити.

Кількість робітників за кожним видом робіт виявляється на основі обсягу робіт та тривалості їх роботи на протязі року за формулою [3]:

$$P = \frac{T_p}{\Phi \cdot \kappa}$$

де T_p - обсяг робіт різного напрямку, люд.-год.

Φ - тривалості роботи на протязі року, год.

κ - прогнозований показник щодо зміни обсягу роботи, ($\kappa = 1,05 \dots 1,15$).

Під час розрахунку кількості слюсарів для різних видів підрозділів необхідно отримати інформацію щодо списочного і явочного їх складу.

Списочний склад виробничих робочих ($P_{сп}$) використовують безпосередньо на підприємстві і визначають його по дійсній тривалості роботи на протязі року:

$$P_{сп} = \frac{T_p}{\Phi_{др} \cdot \kappa}$$

де:

$P_{сп}$ - спискова чисельність робітників;

T_p - річна трудомісткість робіт, люд.-год.;

$\Phi_{др}$ - дійсний річний фонд часу одного робітника, год.;

κ - коефіцієнт виконання норм виробітку.

де $\Phi_{др}$ – дійсна річна тривалість робіт, год. ($\Phi_{др} = 1860 год.$)

Враховуючи те, що в дипломному проекті проводиться вдосконалення технології робіт в відділенні з ремонту двигунів визначимо кількість списочних робочих для даного відділення, враховуючи, що річна трудомісткість робіт на дільниці становить $T_p = 3932 люд. - год.$

$$P_{я} = \frac{3932}{2030 \cdot 1,12} = 1,8 \approx 2 \text{ чол.}$$

Приймаємо явочний склад робочих 2 чоловіка.

Проведені розрахунки показують, що слюсарі ремонтники будуть стовідсотково завантажені в відділенні з ремонту двигунів.

2.8. Висновки по розділу.

Проведені розрахунки показали, що загальна трудомісткість поточних ремонтів, які передбачається проводити в майстерні для підтримання працездатного стану машинно-тракторного парку становить 11234 люд.-год., при цьому, річна трудомісткість робіт для відділення з ремонту двигунів складе 3932 люд.-год., а річна програма відділення з ремонту та випробування двигунів складе п'ятдесят двигунів.

Розроблення загального технологічного процесу проведення ремонтно-обслуговуючих робіт в майстерні дало можливість показати технологічний взаємозв'язок між основними дільницями майстерні та відділенням з ремонту двигунів, що дає можливість збільшити програму ремонту двигунів за рахунок ефективного використання площі.

Розроблення загального технологічного процесу ремонту двигунів дозволило сформувавши в відділенні робочі зони з ремонту деталей газорозподільчастого механізму та шатунно-поршневої групи, що значно підвищить якість ремонтних робіт та покращить умови роботи робочих.

Обґрунтування кількісного складу основного та допоміжного обладнання дає можливість прийняти його оптимальний склад, та визначити площу відділення з ремонту двигунів, яка повинна бути не меншою ніж 105 м².

На основі визначення трудомісткості робіт для відділення з ремонту двигунів і розроблення технологічного процесу для неї проведено розрахунки з виявлення кількості слюсарів, яка дорівнює 2 робочим.

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДА ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГОЛОВОК БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ СУЧАСНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Призначення та область використання стенда

Стенд призначений для перевірки герметичності головок блоків циліндрів сучасних дизельних двигунів, що встановлюються на трактори, зернозбиральні комбайни, самохідні сільськогосподарські машини та вантажні автомобілі. До таких двигунів належать двигуни сімейств John Deere PowerTech, Cummins QSB та ISB, FPT Industrial NEF, AGCO Power, Deutz, Mercedes-Benz OM та інші.

Стенд використовується для проведення дефектації головок блоків циліндрів під час ремонту двигунів, а також для контролю якості після виконання відновлювальних операцій. Перевірка здійснюється методом гідравлічного випробування шляхом подачі води або спеціальної контрольної рідини під тиском 0,1–0,3 МПа. Тривалість випробування становить 3–5 хвилин залежно від конструкції двигуна.

Під час випробування не допускаються:

- протікання робочої рідини;
- поява вологих плям або запотівання поверхні;
- падіння контрольного тиску;
- виявлення тріщин та пошкоджень водяної сорочки.

Запропонована конструкція стенда може використовуватися:

- у спеціалізованих ремонтних підприємствах;
- на ділянках ремонту двигунів центральних ремонтних майстерень;
- у сервісних центрах дилерів сільськогосподарської техніки;
- на станціях технічного обслуговування вантажних автомобілів;
- у навчально-виробничих лабораторіях закладів вищої освіти.

Для забезпечення універсальності конструкції передбачено використання змінних притискних плит, адаптерів та комплектів

герметизувальних заглушок, що дозволяє виконувати контроль головок блоків різних типорозмірів без зміни основної конструкції стенда.

3.2 Огляд аналогічних конструкцій та обґрунтування прийнятих технічних рішень

Якість ремонту сучасних дизельних двигунів значною мірою залежить від достовірності контролю технічного стану головок блоків циліндрів. Одним із найефективніших методів контролю є гідравлічна або пневматична опресовка внутрішніх порожнин головки блока під тиском.

На сучасних ремонтних підприємствах використовуються стенди виробництва Comes, AZ, Serdi, PEG, Robbi Group та інших виробників, які дозволяють виконувати перевірку герметичності головок блоків двигунів різних моделей.

Основними перевагами сучасних стендів є:

- універсальність використання;
- можливість швидкого переналагодження;
- висока точність контролю;
- автоматичний контроль тиску;
- можливість випробування головок різних габаритів.

Разом з тим більшість імпортного обладнання має високу вартість, складне технічне обслуговування та потребує спеціалізованого сервісного супроводу.

У деяких ремонтних підприємствах продовжують використовувати пневматичний спосіб контролю, при якому головка блока занурюється у водяну ванну, а до внутрішніх каналів подається стиснене повітря. Недоліком такого методу є складність точного визначення місця дефекту та значні витрати часу на проведення випробувань.

У запропонованій конструкції стенда усунуто більшість зазначених недоліків. Стенд забезпечує:

- універсальність застосування для різних типів двигунів;

- можливість швидкої зміни оснащення;
- надійну герметизацію каналів охолодження;
- візуальний контроль місця виникнення дефекту;
- простоту конструкції та обслуговування;
- підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу.

Використання змінних рамок, адаптерів та комплектів заглушок значно розширює сферу застосування стенда та дозволяє використовувати його для контролю головок блоків більшості сучасних дизельних двигунів сільськогосподарської та транспортної техніки.

Прийняті конструктивні рішення забезпечують високу надійність, технологічність виготовлення, зручність експлуатації та економічну ефективність використання стенда в умовах ремонтних підприємств агропромислового комплексу.

3.3. Опис і обґрунтування конструкції стенду

Загальний вигляд розроблюваної конструкції стенду наводиться на рис.3.1.

Він складається із рами 1, встановленої на опорних подушках 2. в барабанах 16, які обертаються на рамках 10, є кронштейни 5, до яких прикріплюється плита 4. на цій плиті встановлюється пневмоциліндра 20, шток якого з'єднаний з плитою 3.

Стиснуте повітря надходить по пневмоприводу до пневмоцентру. Регулювання подачі повітря забезпечується пневморозподільником, важіль управління якого встановлюється на пульті управління 2. Там же встановлюються манометри для контролю тиску рідини та повітря.

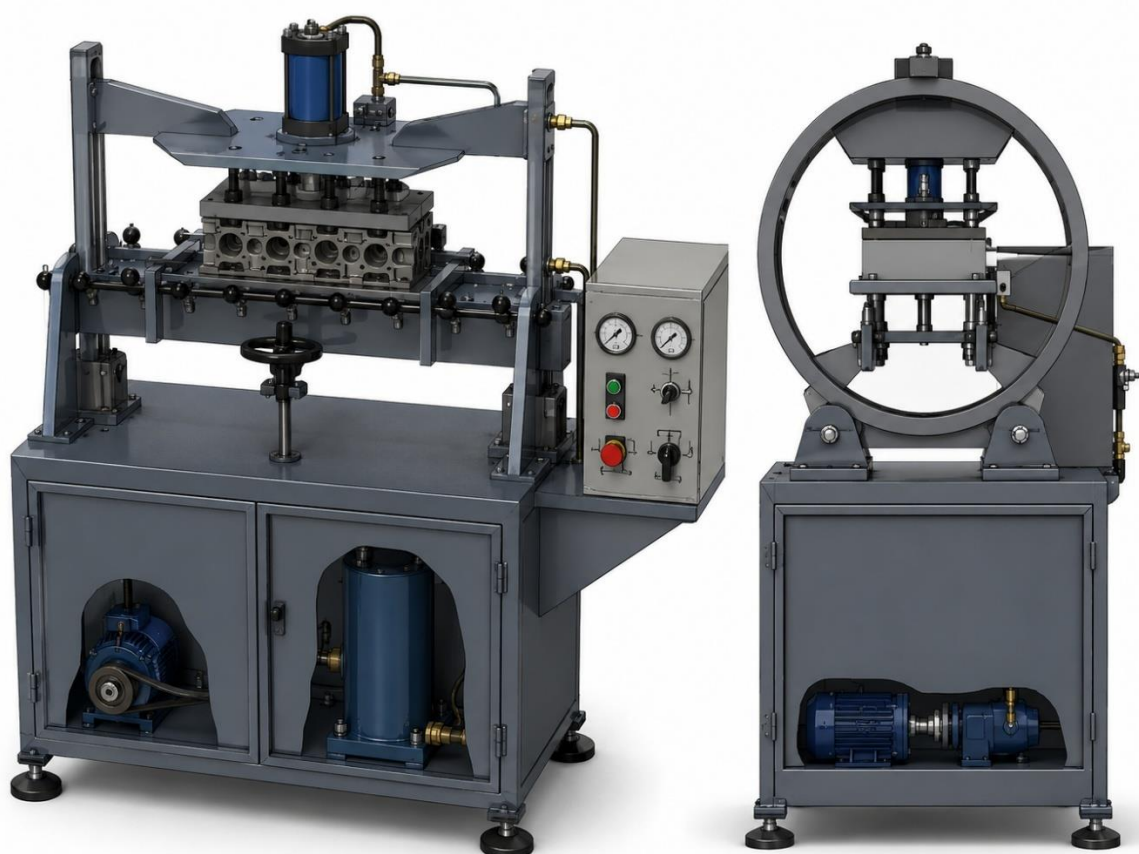
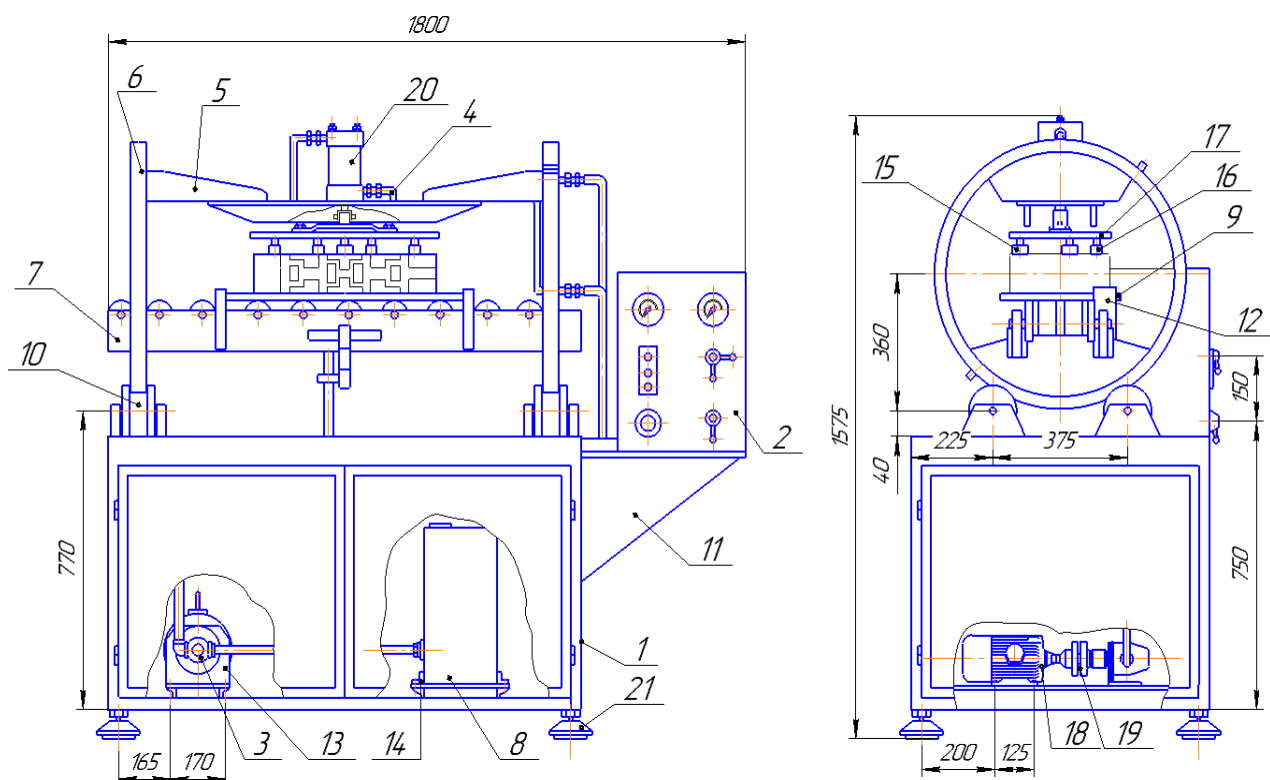


Рис. 3.1 – Загальний вид конструкції стенда: 1 – Каркас; 2 – Пульт керування; 3 - Плита прижимна; 4 - Плита закріплювальна; 5 – Кронштейн; 6 – Барабан; 7 – Рольганг; 8 – Бак; 9 - Плита нижня; 10 - Планка перехідна; 11 – Ролик; 12

– Упор; 13 – Плита прикріпна; 14 – Кутник; 15, 16 – Заглушка;
17 – Гідронасос; 18 – Електродвигун; 19 – Муфта; 20 – Пневмоциліндр; 21 –
Амортизатори; 22 – Гвинтові з'єднання

Випробувана головка укладається на рольганг стенда 7 та переміщується до нижньої плити 9 для уникнення зсуву плита стопориться упорами 12 після встановлення головки блока на нижню плиту 3 за допомогою пневмоциліндра. Після заглушення всіх отворів включається насосна станція, і до головки надходить рідина. Тиск рідини в системі обмежується запобіжним клапаном і повинно бути не більш 0,12 МПа.

Обертаючи барабан на 270° визначають технічний стан головки блока циліндрів. Тривалість перевірки не менш 5 хв. Зняття головки відбувається в зворотній послідовності.

Відключається насосна станція. Розподільник гідросистеми становиться в положення, забезпечуюче стік рідини з головки в бак стенда. Після цього піднімається прижимна плита.

Розроблена конструкція стенду нескладна, доступна під час регламентних та профілактичних робіт. Розроблений стенд простий в конструкції, що дозволяє виготовити його в умовах виробництва власними силами.

3.4. Розрахунки, підтверджуючі працездатність конструкції

Стенд для перевірки головок блоку двигунів на герметичність включає в себе гідравлічну систему, яка під тиском подає до головки блока рідину та пневматичну систему, здійснює притискання технологічних плит до головки блока, забезпечуючи герметичність водяної сорочки головки блока.

Переміщення верхньої плити здійснюється пневматичним циліндром.

Виконаємо розрахунки, що дозволять визначити його розміри.

Найбільше зусилля притискування плити при тиску повітря в

пневматичній системі 0,4МПа дорівнює 400Н.

Використаємо це значення для визначення діаметру пневматичного циліндра за виразом [9]:

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{R \cdot 4}{\pi \cdot p}} \quad (3.1)$$

де R – зусилля на штоці пневмоциліндра, H ($R = 400H$);

P – тиск повітря в пневматичній системі.

$$d_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{400 \cdot 4}{3,14 \cdot 400}} = 1,12 \text{ см}$$

Округлимо розрахункові параметри діаметру пневмоциліндра по найближчого стандартного. Приймаємо пневмоциліндр, внутрішній діаметр якого дорівнює 55 см.

Діаметр штока пневмоциліндра визначається за виразом:

$$d = D \sqrt{1 - \frac{1}{\phi}} \quad (3.2)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, мм;

ϕ - коефіцієнт використання площ для нормального діаметру штоку, $\phi = 1,25$.

$$d = 55 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{1,25}} = 24 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штока 24 мм.

Кріплення прижимної плити до пневмоциліндра здійснюється за допомогою кільця. Визначимо діаметр кільця, використовуючи вираз [10]:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4R}{\pi d^2 t} \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (3.3)$$

де R – максимальне зусилля на штоці гідроциліндра, Н;

d – діаметр пальця, мм;

t – кількість місць зрізу, ($t=6$);

$\tau_{\text{ср}}$ - деформація на зріз;

Визначаємо діаметр пальця:

$$d = \sqrt{\frac{R \cdot 4}{\pi \cdot \tau_{\text{ср}}}} \quad (3.4)$$

$$d = \sqrt{\frac{400 \cdot 6 \cdot 4}{3,14 \cdot 96}} = 5,6 \text{ мм}$$

Для конструктивного розрахунку після отримання значення $d=5,6$ мм зазвичай приймають найближчий стандартний діаметр:

$$d=6 \text{ мм}$$

або

$$d=8 \text{ мм}$$

залежно від умов роботи з'єднання та запасу міцності.

Приймаємо діаметр кільця 8 мм.

Конструкцією стенду передбачено використання насосної станції для подачі пробного середовища в головку блока під тиском $P = 0,12 \text{ МПа}$.

Проведемо розрахунки, які дозволять вибрати електродвигун для насосної станції. Для цього визначимо момент та потужність, необхідні для привода насоса.

Визначимо теоретичний момент на валу насоса [9]:

$$M_{\text{н}} = 1,59 \cdot P \cdot V_{\text{н}}$$

$M_{\text{н}}$ - потужність насоса або приводу, кВт;

P - робочий тиск, МПа;

$V_{\text{н}}$ - подача насоса, л/с (або інша одиниця витрати відповідно до методики розрахунку);

1,59 - коефіцієнт перерахунку одиниць вимірювання.

$$M_{\text{н}} = 1,59 \cdot 1,2 \cdot 10^2 \cdot 0,01 = 1,9 \text{ Нм}$$

Тоді фактичний момент ($M_{\text{н.ф.}}$), прикладений до валу насоса буде дорівнювати:

$$M_{\text{н.ф.}} = \frac{M_{\text{н}}}{\eta_{\text{п}}}$$

$M_{н.ф.}$ - фактична потужність (або момент) приводу;

$M_{н.}$ - розрахункова потужність (момент);

$\eta_{п}$ - коефіцієнт корисної дії передачі (ККД приводу).

$$M_{н.ф.} = \frac{1,9}{0,93} = 2,05 \text{ Нм}$$

Вихідна потужність насоса складе [9]:

$$N_{н.} = \frac{P \cdot Q_{н.}}{612}$$

де $Q_{н.}$ - фактична подача насоса, л/хв

Визначимо фактичну подачу насоса за виразом :

$$Q_{н.} = V_{н.} \cdot \eta_{н.} \cdot n_{об.}$$

$$Q_{н.} = 0,01 \cdot 1000 \cdot 0,9 = 9 \text{ л/хв}$$

Тоді вихідна потужність насоса згідно виразу (4.6) складе

$$N_{н.} = \frac{(1,2 \cdot 10^2 \cdot 9)}{612} = 1,8 \text{ кВт}$$

Знаходимо привідну потужність насоса [9]:

$$N_{н.ф.} = \frac{N_{н.}}{\eta_{п}}$$

де $r_{н.}$ – повний ККД насоса, $r_{н.} = 0,8$.

$$N_{н.ф.} = \frac{1,8}{0,8} = 2,3 \text{ кВт}$$

3.5. Висновки до конструкторської частини

Таким чином, виконані інженерні розрахунки підтверджують працездатність та надійність розробленої конструкції стенда для перевірки головок блоків циліндрів сучасних дизельних двигунів на герметичність. Результати розрахунків показали, що для забезпечення необхідного зусилля притискання та стабільної роботи гідравлічної системи доцільно використовувати електродвигун типу AIP100L4 потужністю 2,2 кВт з частотою обертання 1000 хв^{-1} .

Обраний електропривод забезпечує необхідні параметри роботи стенда,

достатній запас потужності та надійну роботу всіх виконавчих механізмів. Проведені розрахунки найбільш навантажених елементів конструкції, зокрема гідроциліндра, елементів кріплення, опорної рами та приводу гідравлічної системи, підтверджують відповідність їх міцності умовам експлуатації.

Запропонована конструкція дозволяє виконувати перевірку герметичності головок блоків циліндрів двигунів John Deere PowerTech, Cummins, FPT Industrial, AGCO Power, Deutz, Mercedes-Benz та інших сучасних дизельних двигунів, що широко використовуються на тракторах, зернозбиральних комбайнах і вантажних автомобілях.

3.5 Технічна характеристика стенда

Технічна характеристика стенда формується на основі його конструктивних, технологічних та експлуатаційних показників. Основними параметрами є габаритні розміри, вантажопідйомність, робочий тиск гідросистеми, потужність приводу та номенклатура головок блоків циліндрів, що можуть перевірятися на даному обладнанні.

Запропонована конструкція стенда призначена для використання в умовах ремонтних підприємств агропромислового комплексу, сервісних центрів дилерів сільськогосподарської техніки та ремонтних дільниць автотранспортних підприємств.

Основні технічні параметри розробленого стенда наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика стенда для перевірки головок блоків циліндрів на герметичність

Показник	Значення
Призначення	Перевірка головок блоків циліндрів на герметичність
Тип приводу	Гідравлічний
Робоче середовище	Вода або спеціальна контрольна рідина
Робочий тиск випробування, МПа	0,1–0,3
Максимальне зусилля притискання, кН	40
Діаметр гідроциліндра, мм	55
Діаметр штока, мм	24
Продуктивність насоса, л/хв	9
Потужність електродвигуна, кВт	2,2

Частота обертання електродвигуна, хв^{-1}	1000
Тип електродвигуна	AIP100L4
Максимальні розміри головки блока, мм	$1200 \times 450 \times 300$
Вантажопідйомність стенда, кг	250
Габаритні розміри стенда (Д×Ш×В), мм	$1800 \times 750 \times 1575$
Маса стенда, кг	420
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1
Тип виробництва	Ремонтне та сервісне
Галузь застосування	Трактори, комбайни, вантажні автомобілі, спецтехніка

Крім того наявність технічної характеристики дає можливість вибрати необхідну конструкцію стенда для застосування її в технологічному процесі ремонту двигунів.

При цьому, наявність інформації по показникам дає можливість вибрати подібні агрегати для їх заміни, за умови виходу їх із ладу, що зменшить простоювання стенда при ремонті двигунів.

3.6. Рівень нормалізаційної оцінки і уніфікації стенду

Підвищення рівня оснащеності технічних процесів необхідне для збільшення продуктивності праці та зменшення витрат у ремонтному секторі.

Аналіз роботи ремонтних підприємств показує, що необхідно прагнути при виготовленні приладів ширше використовувати нормалізаційні і стандартні елементи.

Як правило, ці пристрої є економічно ефективними і можуть використовуватися багаторазово для зниження витрат і збільшення технічних можливостей виробництва.

Використання в конструкції стенду стандартних деталей і вузлів дозволяє швидко зробити заміну вийшовши зі строю вузлів чи деталей, а також підвищити рівень уніфікації пристрою.

Для оцінки рівня уніфікації може бути використаний коефіцієнт застосування:

$$k_{\text{пр}} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100\%$$

де n - загальна кількість типорозмірів складових частин виробу;

n_0 - загальна кількість оригінальних деталей.

$$k_{\text{пр}} = \frac{22 - 6}{22} \cdot 100 = 72\%$$

Дане значення перевищує вказане в завданні на проектування приладу.

Отже, рівень уніфікації відповідає висунутим вимогам.

3.7. Організація робіт з використанням розробленої конструкції

Використання стенду для перевірки головок блока на герметичність дозволяє уникнути установок на двигун головки, що має тріщини в водяній сорочці. Головка блоку в зібраному вигляді з розбирально-мийної дільниці йде на дільницю ремонту агрегатів газорозподільчатого механізму.

Після розбирання головки блоку за допомогою консольно-поворотного крану кладеться на рольганг, після чого вона вже переміщується по рольгангу до самого стенду, який також має секцію рольганга.

Головка переміщується по рольгангу стенда перед перевіркою і після перевірки із зони барабанів для її закріплення під ємним обладнанням і подальшим транспортуванням до місця складання деталей газорозподільчастої системи двигуна.

Кран охоплює декілька робочих місць, що дозволяє транспортувати головку блоку з робочого місця дефектації на робоче місце з її відновлення і складання. Використання поворотного крана зводить до мінімуму простої, пов'язані з переміщенням агрегатів.

Висновок по розділу.

Розроблена конструкція стенда характеризується застосуванням пневматичної системи для забезпечення закріплення головки блоку при її

фіксації для перевірки на герметичність з застосуванням насосної станції стенда, що значно підвищує якість контрольних робіт за рахунок застосування робочого тиску рідини близько $P_p = 0,1 \text{ МПа}$.

Застосування в конструкції стенда комплексу змінних притискних плит, адаптерів та герметизувальних заглушок забезпечує можливість перевірки головок блоків циліндрів різних типорозмірів сучасних двигунів John Deere PowerTech, Cummins, FPT Industrial, AGCO Power, Deutz та Mercedes-Benz. Універсальна конструкція стенда значно розширює сферу його використання, а збільшений сектор огляду до 270° забезпечує зручність проведення контрольних операцій та підвищує точність виявлення дефектів.

Використання в конструкції стенда роликового транспортного пристрою (рольганга) та механізму позиціонування головки блока значно покращує умови праці ремонтного персоналу, знижує фізичне навантаження та скорочує трудомісткість операцій встановлення і зняття головок блоків циліндрів під час проведення контролю герметичності.

Проведені розрахунки працездатності розробленої конструкції стенда підтвердили правильність прийнятих конструктивних рішень. Для забезпечення необхідних параметрів роботи стенда рекомендовано використання асинхронного електродвигуна типу AIP100L4 потужністю 2,2 кВт з частотою обертання 1000 хв^{-1} . У гідравлічній системі передбачено застосування гідроциліндра діаметром 55 мм, що забезпечує необхідне зусилля притискання та надійну герметизацію головки блока під час випробувань.

Рівень уніфікації конструкції стенда характеризується коефіцієнтом пристосування 72 %, що відповідає сучасним вимогам до ремонтно-технологічного обладнання. Високий ступінь використання стандартних вузлів, деталей та комплектуючих спрощує технічне обслуговування, ремонт, модернізацію обладнання та знижує витрати на його експлуатацію протягом усього терміну служби.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз умов праці у відділенні ремонту двигунів

Відділення ремонту двигунів належить до виробничих приміщень ремонтно-обслуговуючих підприємств, де виконуються роботи з розбирання, дефектації, відновлення, складання та випробування двигунів внутрішнього згоряння. Під час виконання ремонтних операцій на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Основними небезпечними факторами є рухомі частини обладнання, вантажопідіймальні механізми, інструмент та пристосування, що використовуються під час ремонту двигунів. До шкідливих виробничих факторів належать підвищений рівень шуму та вібрації, наявність аерозолів мастильних матеріалів, вихлопних газів під час випробування двигунів, підвищена температура поверхонь обладнання, а також можливість контакту з паливно-мастильними матеріалами та мийними розчинами.

Для забезпечення безпечних умов праці виробничі приміщення повинні відповідати вимогам чинних нормативно-правових актів з охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

Дільниця з ремонту двигунів належить до виробничих підрозділів підвищеної небезпеки, оскільки під час виконання ремонтних робіт працівники контактують із вантажопідіймальними механізмами, електрообладнанням, інструментом, паливно-мастильними матеріалами та хімічними речовинами. Тому всі роботи повинні виконуватися відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки.

До виконання робіт на дільниці допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань з питань охорони праці.

Перед початком роботи працівник зобов'язаний:

- одягнути справний спецодяг та засоби індивідуального захисту;
- перевірити справність інструменту, обладнання та пристроїв;
- переконатися у наявності та справності захисних огорожень;
- перевірити роботу вентиляції та освітлення;
- оглянути робоче місце та усунути сторонні предмети.

Під час виконання ремонтних робіт необхідно дотримуватися таких вимог безпеки:

- використовувати лише справний інструмент та обладнання;
- забороняється працювати з несправними підймальними механізмами;
- демонтаж і монтаж важких вузлів двигуна виконувати за допомогою кран-балки або інших вантажопідіймальних засобів;
- не перебувати під піднятим вантажем;
- при роботі з електроінструментом використовувати справні кабелі та захисне заземлення;
- застосовувати захисні окуляри під час виконання слюсарних робіт;
- виконувати зварювальні роботи лише на спеціально обладнаних постах;
- дотримуватися вимог пожежної безпеки під час роботи з паливом, мастилами та розчинниками.

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці під час випробування двигунів на стендах. Перед запуском двигуна слід перевірити надійність його кріплення, справність паливної системи, системи охолодження та приладів контролю. Вихлопні гази повинні відводитися за допомогою місцевої витяжної вентиляції.

Під час роботи забороняється:

- користуватися несправним обладнанням;
- виконувати ремонт обладнання під напругою;
- захаращувати проходи та евакуаційні виходи;
- використовувати відкритий вогонь поблизу паливно-мастильних матеріалів;
- залишати працююче обладнання без нагляду.

Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути обладнання та електроінструмент;
- прибрати робоче місце;
- скласти інструмент у відведене місце;
- зібрати відпрацьовані мастильні матеріали та відходи у спеціальні ємності;
- повідомити керівника про всі виявлені несправності обладнання.

Дотримання вимог охорони праці на дільниці з ремонту двигунів дозволяє забезпечити безпечні умови праці, знизити ризик виробничого травматизму, підвищити продуктивність праці та забезпечити якісне виконання ремонтних робіт.

4.2 Заходи з охорони праці. Організація охорони праці в господарстві

Організація охорони праці в господарстві є одним із найважливіших напрямів виробничої діяльності, спрямованих на забезпечення безпечних та здорових умов праці працівників, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням і аварійним ситуаціям. Робота з охорони праці здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, нормативно-правових актів з питань охорони праці та внутрішніх нормативних документів підприємства.

Відповідальність за стан охорони праці в господарстві покладається на керівника підприємства. Безпосередню організацію роботи з охорони праці здійснюють керівники структурних підрозділів та відповідальні особи, призначені наказом по господарству.

Система управління охороною праці в господарстві включає:

- планування та реалізацію заходів з охорони праці;
- проведення навчання та перевірки знань працівників;
- організацію інструктажів з охорони праці;
- контроль технічного стану машин, обладнання та виробничих приміщень;

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- проведення медичних оглядів працівників;
- аналіз причин виробничого травматизму та розроблення профілактичних заходів.

До роботи допускаються лише працівники, які пройшли вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання безпечним методам праці та перевірку знань з питань охорони праці.

У господарстві проводяться такі види інструктажів:

- вступний;
- первинний;
- повторний;
- позаплановий;
- цільовий.

Особлива увага приділяється безпечній експлуатації тракторів, зернозбиральних комбайнів, вантажних автомобілів, ремонтного обладнання та вантажопідіймальних механізмів. Перед початком роботи здійснюється перевірка технічного стану машин, справності гальмівної системи, рульового керування, освітлювальних приладів, гідравлічних систем та захисних пристроїв.

Працівники господарства забезпечуються спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Для слюсарів, електрогазозварників, механізаторів та водіїв передбачаються відповідні комплекти захисних засобів, які відповідають вимогам чинних норм.

На виробничих ділянках обладнуються куточки з охорони праці, розміщуються плакати та інструкції з безпечного виконання робіт. Усі виробничі приміщення забезпечуються аптечками першої допомоги, засобами пожежогасіння та схемами евакуації персоналу у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснюється шляхом

проведення регулярних перевірок стану робочих місць, обладнання та технологічних процесів. Результати перевірок оформлюються відповідними актами, а виявлені недоліки усуваються у встановлені терміни.

Таким чином, організація охорони праці в господарстві спрямована на створення безпечних умов праці, збереження життя та здоров'я працівників, підвищення рівня виробничої дисципліни та забезпечення ефективної роботи підприємства.

Для забезпечення безпечної роботи у відділенні ремонту двигунів необхідно передбачити такі заходи:

- використання справного технологічного обладнання та інструменту;
- проведення вступного, первинного та повторного інструктажів з охорони праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- використання вантажопідіймального обладнання для переміщення важких вузлів і агрегатів;
- облаштування проходів та робочих місць відповідно до вимог безпеки;
- виконання ремонтних робіт лише після відключення обладнання від джерел енергії;
- регулярний контроль технічного стану електрообладнання.

Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, захисними окулярами та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

4.3. Заходи із захисту навколишнього середовища

Електрообладнання відділення ремонту двигунів працює від мережі змінного струму напругою 380/220 В. Для запобігання ураженню електричним струмом усі металеві неструмоведучі частини обладнання повинні бути заземлені.

Електричні шафи та пульти керування повинні мати відповідний ступінь захисту від пилу та вологи. Електромережі необхідно обладнати автоматичними вимикачами та пристроями захисного відключення.

Технічне обслуговування електрообладнання повинно виконуватися лише кваліфікованим персоналом, який має відповідну групу допуску з електробезпеки.

Пожежна безпека

Відділення ремонту двигунів належить до приміщень з наявністю горючих матеріалів та паливно-мастильних речовин, тому необхідно забезпечити виконання вимог пожежної безпеки.

Для запобігання виникненню пожеж необхідно:

- підтримувати чистоту робочих місць;
- зберігати паливно-мастильні матеріали у спеціально відведених місцях;
- не допускати використання відкритого вогню;
- здійснювати своєчасний контроль електрообладнання;
- забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів.

Приміщення повинно бути обладнане порошковими та вуглекислотними вогнегасниками, пожежними щитами та засобами оповіщення про пожежу.

Захист навколишнього середовища

Під час ремонту двигунів утворюються відпрацьовані мастила, технічні рідини, забруднені мийні розчини, використані фільтри та інші відходи, які можуть негативно впливати на навколишнє середовище.

Для мінімізації негативного впливу необхідно:

- збирати відпрацьовані мастила у спеціальні герметичні ємності;
- забезпечувати окремий збір використаних фільтрів та забруднених матеріалів;
- використовувати замкнуті системи миття деталей;
- здійснювати очищення стічних вод перед їх відведенням;
- передавати небезпечні відходи спеціалізованим підприємствам

для утилізації;

- застосовувати сучасні екологічно безпечні мийні засоби.

Викиди вихлопних газів під час випробування двигунів повинні відводитися за допомогою місцевих витяжних систем та систем вентиляції.

Висновки до розділу

Запропоновані заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища забезпечують безпечні умови праці персоналу відділення ремонту двигунів, знижують ризик виробничого травматизму та професійних захворювань, а також мінімізують негативний вплив ремонтного виробництва на довкілля. Виконання зазначених вимог дозволяє забезпечити відповідність діяльності підприємства чинним нормативним документам України у сфері охорони праці, пожежної та екологічної безпеки.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

5.1 Загальні положення економічної оцінки проекту

Економічна оцінка проекту виконується з метою визначення доцільності впровадження розробленої конструкції стенда для перевірки головок блоків циліндрів на герметичність та оцінки ефективності запропонованих технічних рішень.

Впровадження стенда дозволяє підвищити якість дефектації головок блоків циліндрів сучасних дизельних двигунів тракторів, комбайнів та вантажних автомобілів, скоротити трудомісткість контрольних операцій, зменшити ймовірність повторних ремонтів та підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу.

Економічна ефективність проекту визначається шляхом порівняння капітальних вкладень на виготовлення та впровадження стенда з очікуваним економічним ефектом від його використання.

5.2 Визначення капітальних вкладень

До складу капітальних вкладень включаються витрати на виготовлення конструкції стенда, придбання комплектуючих, монтаж, налагодження та введення обладнання в експлуатацію.

Таблиця 5.1 – Витрати на виготовлення стенда

Найменування витрат	Вартість, грн
Металопрокат та матеріали	18000
Гідроциліндр	9500
Гідронасос	6500
Електродвигун AIP100L4	12000
Гідроапаратура та рукави високого тиску	7500
Електрообладнання	4000
Кріпильні елементи та комплектуючі	3000
Виготовлення деталей	14000
Складання та монтаж	8000

Інші витрати	3500
Разом	86000

Отже, загальні капітальні вкладення на виготовлення та впровадження стенда становлять:

$$K = 86000 \text{ грн}$$

5.3 Розрахунок річного економічного ефекту

Використання стенда дозволяє скоротити трудомісткість контролю головок блоків циліндрів приблизно на 25–30 % та підвищити продуктивність праці ремонтного персоналу.

Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант	Дабс.	Двідн., %
Обсяг капіталовкладень, грн	90000	80000	-10000	-11,1
Річна програма ремонту, од.	28	50	+22	+44,0
Кількість основних робітників, осіб	1	2	+1	+50,0
Заробітна плата з нарахуваннями, грн	131760,0	263520,0	+131760,0	+50,0
Амортизація обладнання, грн	18640,5	19737,0	+1096,5	+5,5
Витрати на електроенергію, грн	48654,2	61193,2	+12539,0	+20,5
Витрати на ремонт обладнання, грн	5592,2	5921,1	+328,9	+5,5
Витрати на запасні частини, грн	65880,0	131760,0	+65880,0	+50,0
Інші витрати, грн	13526,4	24106,6	+10580,2	+43,9
Загальні експлуатаційні витрати, грн	284053,3	506237,9	+222184,6	+43,9
Повна собівартість робіт, грн	289734,4	516362,7	+226628,3	+43,9
Прейскурантна вартість одного ремонту, грн	15 000,0	15000,0	0	0
Річний прибуток, грн	130265,6	233637,3	+103371,7	+44,2

З наведених у таблиці даних видно, що впровадження розробленого стенда для перевірки головок блоків циліндрів на герметичність забезпечує суттєве підвищення ефективності роботи ремонтної дільниці. Річна програма ремонту збільшується з 28 до 50 двигунів, тобто на 44 %.

Незважаючи на збільшення кількості основних робітників з одного до двох осіб та відповідне зростання експлуатаційних витрат, підприємство

отримує додатковий економічний ефект за рахунок збільшення обсягу виконаних робіт. Річний прибуток зростає на 103,4 тис. грн або на 44,2 %.

Особливо важливим є те, що проєктний варіант потребує менших капіталовкладень (80 тис. грн проти 90 тис. грн у базовому варіанті), що свідчить про економічну доцільність впровадження запропонованої конструкції стенда.

Таким чином, розроблений стенд дозволяє підвищити продуктивність ремонтного виробництва, покращити якість контролю головок блоків циліндрів сучасних двигунів та забезпечити зростання прибутку підприємства, що підтверджує економічну ефективність запропонованого проєкту.

За умови виконання 50 перевірок головок блоків на рік економія трудових витрат становить:

$$T_{\text{ек}} = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ люд.-год}$$

де:

50 – річна програма ремонту двигунів;

1,5 люд.-год – економія часу на одну головку блока.

За середньої вартості однієї людино-години ремонтних робіт 250 грн річна економія заробітної плати становить:

$$E_{\text{зп}} = 75 \cdot 250 = 18750 \text{ грн}$$

Додатковий економічний ефект від зменшення повторних ремонтів та підвищення якості контролю становить приблизно:

$$E_{\text{д}} = 15000 \text{ грн}$$

Тоді загальний річний економічний ефект:

$$E_{\text{р}} = 18750 + 15000 = 33750 \text{ грн}$$

5.4 Визначення строку окупності

Строк окупності визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} \frac{K}{E_p}$$

Підставляючи числові значення, отримаємо:

$$T_{\text{ок}} \frac{86000}{33750} = 2,55 \text{ року}$$

5.5 Висновки до економічної частини

Проведена економічна оцінка показала, що впровадження розробленого стенда для перевірки головок блоків циліндрів на герметичність є економічно доцільним. Загальні капітальні вкладення становлять 86 тис. грн, а очікуваний річний економічний ефект - 33,75 тис. грн.

Розрахунковий строк окупності проєкту становить близько 2,6 року, що відповідає вимогам до інвестиційних проєктів ремонтно-обслуговуючих підприємств агропромислового комплексу.

Використання запропонованого стенда дозволить підвищити якість контролю головок блоків циліндрів сучасних дизельних двигунів, скоротити трудові витрати, зменшити кількість повторних ремонтів та підвищити ефективність роботи ремонтної майстерні.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені розрахунки показали, що загальна річна трудомісткість ремонтно-обслуговуючих робіт для підтримання працездатності сучасного машинно-тракторного парку господарства становить **11234 люд.-год.** Річна трудомісткість робіт відділення з ремонту двигунів складає **3932 люд.-год.**, а виробнича програма відділення передбачає ремонт та випробування **50 двигунів на рік.**

Розроблений загальний технологічний процес виконання ремонтно-обслуговуючих робіт забезпечує ефективний взаємозв'язок між виробничими дільницями майстерні та відділенням з ремонту двигунів сучасної сільськогосподарської техніки. Запропонована організація виробництва сприяє раціональному використанню виробничих площ, підвищенню продуктивності праці та збільшенню пропускної здатності ремонтної бази.

Розроблення технологічного процесу ремонту двигунів дало можливість сформувати спеціалізовані робочі зони для ремонту деталей газорозподільного механізму, шатунно-поршневої групи, паливної апаратури Common Rail та систем охолодження сучасних дизельних двигунів John Deere, Cummins, FPT Industrial, AGCO Power та інших виробників, що дозволяє підвищити якість ремонтних робіт і скоротити тривалість виробничого циклу.

Виконане обґрунтування кількісного складу основного та допоміжного обладнання дозволило визначити його оптимальну структуру та встановити необхідну площу відділення з ремонту двигунів, яка повинна становити не менше **105 м².**

На основі розрахунків трудомісткості робіт та розробленого технологічного процесу встановлено, що для забезпечення виконання річної програми ремонту необхідно **2 виробничих робітники**, що відповідає вимогам ефективної організації виробництва.

Розроблена конструкція стенда для перевірки головок блоків циліндрів характеризується застосуванням гідравлічної системи притискання та

герметизації виробу, що забезпечує проведення контролю герметичності при робочому тиску до **0,1 МПа** та підвищує достовірність результатів дефектації.

Використання в конструкції стенда змінних притискних плит, адаптерів та герметизувальних елементів забезпечує можливість контролю головок блоків циліндрів різних типорозмірів сучасних двигунів, що робить конструкцію універсальною та придатною для використання на багатопрофільних ремонтних підприємствах.

Застосування рольгангової системи транспортування та механізму позиціонування головки блока значно покращує умови праці персоналу, скорочує час виконання допоміжних операцій і знижує трудомісткість встановлення та зняття деталей зі стенда.

Проведені розрахунки підтвердили працездатність і надійність конструкції стенда. Для забезпечення необхідних параметрів роботи рекомендовано використання асинхронного електродвигуна типу **AIP100L4** потужністю **2,2 кВт** з частотою обертання **1000 хв⁻¹** та гідروциліндра діаметром **55 мм**.

Рівень уніфікації конструкції стенда характеризується коефіцієнтом пристосування **72 %**, що відповідає сучасним вимогам до технологічного обладнання та забезпечує високу ремонтпридатність, зручність технічного обслуговування і можливість подальшої модернізації.

Впровадження запропонованих заходів з удосконалення технології ремонту двигунів забезпечує збільшення річної виробничої програми на **44 %**, а річний прибуток підприємства зростає до **233637,3 грн**. Розрахований термін окупності капітальних вкладень становить **0,8 року**, що підтверджує високу економічну ефективність запропонованих технічних та організаційних рішень.

Реалізація запропонованого проєкту сприятиме підвищенню рівня технічної готовності машинно-тракторного парку, покращенню якості ремонту сучасних двигунів, зменшенню експлуатаційних витрат та підвищенню конкурентоспроможності ремонтного підприємства в умовах сучасного агропромислового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ (зі змінами та доповненнями).
2. Кодекс законів про працю України. Чинна редакція.
3. Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті : НПАОП 0.00-1.62-12. Чинна редакція 2025 р. Київ.
4. ДСТУ ISO 12100:2019. Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику.
5. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги.
6. ДСТУ ISO 13849-1:2018. Безпечність машин. Частина систем керування, пов'язані з безпечністю.
7. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2017. 140 с.
8. Солових Є.К., Козаченко Д.М., Ковальов М.В. Надійність автомобілів : навчальний посібник. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. 309 с.
9. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. Харків : Точка, 2016. 232 с.
10. Шапко С.В. Виробничі системи на автомобільному транспорті : навчальний посібник. Кременчук, 2017. 146 с.
11. Коноваленко О.Д., Черниш А.А. Ідентифікація транспортних засобів : навчальний посібник. Харків : Мадрид, 2020. 259 с.
12. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник. Суми : Університетська книга. Актуальне перевидання використовується у закладах вищої освіти.
13. Engine Service Manual. John Deere PowerTech™ 4.5L and 6.8L Diesel Engines. John Deere, 2021.
14. John Deere Service Advisor. Technical Service Documentation. John Deere, 2024.
15. Cummins QSB6.7 and QSL9 Engine Shop Manual. Cummins Inc., 2022.

- 16.Cummins INSITE User Guide and Diagnostic Procedures. Cummins Inc., 2024.
- 17.FPT Industrial NEF Series Workshop Manual. FPT Industrial, 2023.
- 18.AGCO Power Engine Repair and Maintenance Manual. AGCO Corporation, 2022.
- 19.Bosch Diesel Systems. Common Rail System Manual. Bosch Mobility Solutions, 2023.
- 20.Bosch Automotive Handbook. 11th Edition. Robert Bosch GmbH, 2023.
- 21.Modern Agricultural Machinery Management and Maintenance. Springer Nature, 2021.
- 22.Machine Learning for Reliability Engineering and Safety Applications: Review of Current Status and Future Opportunities. Reliability Engineering Review, 2020.
- 23.Deep Learning Algorithms for Rotating Machinery Intelligent Diagnosis: An Open Source Benchmark Study. Mechanical Systems and Signal Processing, 2020.
- 24.Technical Documentation for Hydraulic Components and Industrial Cylinders. Parker Hannifin Corporation, 2022.
- 25.SKF Rolling Bearings Catalogue. SKF Group, 2024.
- 26.ISO 9001:2015 Quality Management Systems – Requirements.
- 27.ISO 14001:2015 Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use.
- 28.ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування.
- 29.Каталоги сучасного ремонтно-діагностичного обладнання Bosch, Comec, Serdi, PEG, Robbi Group. Видання 2023–2025 pp.
- 30.Офіційні технічні каталоги та сервісна документація виробників сільськогосподарської техніки John Deere, New Holland, Case IH, CLAAS та Massey Ferguson, 2021–2025 pp.