

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

П О Я С Н Ю В А Л Ь Н А З А П И С К А

до дипломного проєкту
освітнього ступеня "Бакалавр"

на тему:

**ПРОЄКТ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ ПАЛИВНОЇ
СИСТЕМИ**

Виконав: студент 4го курсу, групи АІС-4-23
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ БАБЕНКО Віталій Васильович

Керівник: _____ ЧЕРНІЙ Олександр Анатолійович

Рецензент: _____

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » ____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Бабенко Віталій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект ділянки з ремонту агрегатів паливної системи

керівник роботи Черній Олександр Анатолійович, ст. викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 5.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Данні про роботу господарства за останні роки. Кількісний склад машинно-тракторного парку та аналіз його стану. Аналіз існуючих технологій ремонту паливної та гідроапаратури. Аналіз стендів для розбирання та складання паливних насосів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності підприємства та передумови проєктування ділянки з ремонту агрегатів паливної системи. 2. Обґрунтування виробничої програми та проєктування ділянки з ремонту агрегатів паливної системи. 3. Розробка конструкції стенду для притирки плунжерних пар паливних насосів. 4. Охорона праці. 5. Економічне обґрунтування проєкту. Висновки. Література.

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

1. Тема проекту (A1). 2. Технологічне планування (A1). 3. Паливний насос, схема розбирання (A1). 4. Креслення загального виду (A1). 5. Складальне креслення і деталювання (A1). 6. Економічні показники (A1). 7. Висновки (A1)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Івлєв В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 1.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 10.05.2026	
2	Технологічний	до 15. 05.2026	
3	Конструкційний	до 22.05.2026	
4	Охорона праці	до 25.05.2026	
5	Економічний	до 1.06.2026	
6	Графічна частина	до 10.06.2026	

Студент

(підпис)

Бабенко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Черній О.А.

(прізвище та ініціали)

№ п/п	фор мат	Позначення	Найменування	К-сть арку шів	Номер Арку ша	Примі тка
			Текстові документи			
1	A4	46ДП.196 000.000ПЗ	Пояснювальна записка	74		
			Графічні матеріали			
2	A1	46ДП.196 000.000ТП	Технологічне планування відділення	1	1	
3	A1	46ДП.196 000.000ТП	Технологічний процес складання паливного насосу	1	2	
4	A1	46ДП.196 000. 000СС	Структурна схема заміни секції паливного насосу	1	3	
5	A1	46ДП.196 100.000ВЗ	Креслення загального виду	1	4	
6	A3	46ДП.196 101.000СК	Складальне креслення	1	5	
			Креслення деталей			
7	A3	46ДП.196 101.005	Вал	1	5	
8	A4	46ДП.196 101.007	Маховик	1	5	
9	A4	46ДП.196 101.008	Шайба	1	5	
10	A4	46ДП.196 101.009	Конусна оправка	1	5	
11	A4	46ДП.196 101.010	Притир	1	5	
12	A1	46ДП.196 000.000Е	Економічні показники	1	6	
13	A1	46ДП.196 000.000В	Висновки	1	7	

					46ДП.196 000.000ПД					
Изм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб	Бабенко В.В				Відомість дипломного проекту			Літер.	Лист	Листів
Перевір.	Черній О.А.								1	1
								ДДАЕУ		
Н.контр.	Івлєв В.В.									
Затв.	Дудін В.Ю.									

РЕФЕРАТ

Бабенко, В. (2026). *Проект дільниці з ремонту агрегатів паливної системи: дипломний проєкт: Дипломний проєкт* (Невидан. бакалавр. кваліфікац. робота). ДДАЕУ, Дніпро, Україна. 74 с.

У дипломному проєкті розглянуто питання підвищення ефективності ремонту агрегатів паливної системи автотракторних двигунів шляхом організації спеціалізованої ремонтної дільниці. У роботі проаналізовано виробничо-господарську діяльність підприємства, стан ремонтної бази, наявний машинно-тракторний парк і передумови створення окремої дільниці для обслуговування паливної апаратури. Обґрунтовано актуальність теми, оскільки несправності паливної системи суттєво впливають на потужність, економічність, стабільність роботи двигуна та витрати палива.

У технологічній частині визначено виробничу програму дільниці, виконано розрахунок річної трудомісткості ремонтних робіт, яка становить 7200 люд.-год, підібрано основне технологічне обладнання, визначено кількість виробничих працівників та обґрунтовано площу дільниці 72 м². Запропоновано технологічну організацію ремонту паливних насосів, форсунок і супутніх елементів паливної системи.

У конструкторській частині розроблено стенд для притирки плунжерних пар паливних насосів, наведено його будову, принцип роботи, технічну характеристику та розрахунки основних елементів. Розглянуто питання охорони праці при роботі на дільниці та під час експлуатації установки. В економічній частині визначено капіталовкладення, експлуатаційні витрати, прибуток, рентабельність і строк окупності проєктних рішень.

Ключові слова: паливна система, паливний насос, плунжерна пара, ремонтна дільниця, трудомісткість, стенд для притирки, ремонт агрегатів, охорона праці, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПЕРЕДУМОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТИВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ	10
1.1. Загальна характеристика підприємства.....	10
1.2. Аналіз машинно-тракторного парку та умов експлуатації паливної апаратури	13
1.3. Аналіз ремонтної бази та існуючої організації технічного сервісу	16
1.4. Обґрунтування необхідності проєктування ділянки з ремонту агрегатів паливної системи.....	18
1.5. Висновки та задачі проєкту	20
2. ОБґРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТИВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ	23
2.1. Огляд існуючих методів і способів ремонту агрегатів паливної системи	24
2.2. Визначення річної програми ремонту та загальної трудомісткості робіт	26
2.3. Розподіл трудомісткості робіт за видами операцій	28
2.4. Режим роботи ділянки та фонди часу	29
2.5. Загальний технологічний процес ремонту агрегатів паливної системи...	31
2.6. Визначення чисельності робітників та формування штату ділянки	34
2.7. Розрахунок і підбір технологічного обладнання	35
2.8. Розрахунок площі ділянки та її планування	38
2.9. Структурна схема ремонту секції паливного насоса та контроль якості .	39
2.10. Висновок	40
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ПРИТИРКИ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ	41

	7
3.1. Призначення та область застосування стенду	41
3.2. Аналіз конструкцій-аналогів і обґрунтування прийнятого рішення	42
3.3. Будова та принцип дії стенду	43
3.4. Технологія виконання робіт на стенді.....	44
3.5. Розрахунок електропривода стенду	45
3.6. Розрахунок пасової передачі.....	46
3.7. Розрахунок робочого вала та підбір підшипників	49
3.8. Уніфікація конструкції та нормалізаційна оцінка	50
3.9. Технічна характеристика стенду	51
3.10. Висновок	51
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1. Загальні відомості з охорони праці	53
4.2. Вимоги охорони праці при роботі на установці для притирання плунжерних пар.....	55
4.3. Висновок	58
5. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	59
5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку	59
5.2. Розрахунок капітальних вкладень	60
5.3. Розрахунок річних експлуатаційних витрат	62
5.4. Розрахунок доходу, прибутку та ефективності проєкту	65
5.5. Висновок	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
ЛІТЕРАТУРА	71
ДОДАТКИ	74

ВСТУП

Надійність роботи автомобілів, тракторів та іншої мобільної техніки значною мірою визначається технічним станом двигуна, а для дизельних силових установок особливо важливе значення має справність агрегатів паливної системи. Паливна апаратура забезпечує очищення, подавання, дозування, створення необхідного тиску та впорскування палива у циліндри двигуна. Порушення цих процесів призводить до нестійкої роботи двигуна, збільшення витрати палива, зниження потужності, підвищення димності відпрацьованих газів і прискореного зношування деталей.

Паливна апаратура належить до найбільш відповідальних і водночас найбільш чутливих систем дизельного двигуна. За даними науково-технічних джерел, частка відмов системи живлення тракторного дизеля може становити близько 39,8 %, а в окремих умовах експлуатації до 50 % відмов дизельних двигунів пов'язують саме з несправностями паливної апаратури [1]. Це пояснюється складністю паливних насосів високого тиску, форсунок, фільтрів, паливопроводів та елементів керування, а також високою точністю виготовлення їхніх робочих поверхонь.

Найбільш уразливими елементами паливної системи є прецизійні пари паливних насосів і розпилювачі форсунок. У процесі роботи вони функціонують за умов високого тиску, змінних температур, інтенсивного тертя та дії хімічно активних компонентів палива. Оскільки робочі зазори між деталями мають мікронні розміри, навіть дрібні механічні домішки, вода або продукти окиснення палива можуть спричинити абразивне зношування, корозійні пошкодження, заїдання рухомих елементів і порушення герметичності.

Основними причинами несправностей паливної апаратури є використання палива незадовільної якості, забруднення паливних фільтрів, наявність води у паливі, потрапляння повітря в систему, порушення регулювання кута випередження впорскування, зношування плунжерних пар, розгерметизація з'єднань і несвоєчасне технічне обслуговування. У практичних умовах ці

несправності проявляються утрудненим пуском двигуна, нерівномірною роботою, зниженням потужності, підвищеною витратою палива, димністю та підтіканням палива. Тому раннє діагностування і своєчасний ремонт агрегатів паливної системи є важливою умовою зниження простоїв техніки.

Організація ремонту паливної апаратури має свої особливості. Такі роботи неможливо якісно виконувати у звичайному ремонтному відділенні без стендів, пристосувань, контрольно-вимірювальних приладів і належних санітарно-технічних умов. Для дільниці з ремонту агрегатів паливної системи важливими є чистота робочого місця, наявність мийного обладнання, стендів для перевірки форсунок і паливних насосів, комплекту спеціального інструменту, а також засобів для регулювання подачі палива та контролю герметичності.

Сервісне обслуговування паливної апаратури може здійснюватися у господарствах, автогаражах, спеціалізованих ремонтних підприємствах або дилерських центрах. Однак передавання паливних насосів і форсунок на сторонній ремонт супроводжується втратами часу, транспортними витратами та залежністю від завантаженості сервісної організації. Тому для підприємств, які мають парк дизельної техніки, створення або удосконалення власної дільниці є доцільним рішенням. Така дільниця дає змогу виконувати дефектацію, очищення, розбирання, складання, регулювання і випробування агрегатів у єдиному технологічному потоці.

Отже, тема дипломного проєкту «Проект дільниці з ремонту агрегатів паливної системи» є актуальною і спрямована на підвищення ефективності технічного сервісу машин. Метою проєкту є обґрунтування організації такої дільниці з урахуванням виробничої програми, трудомісткості робіт, складу обладнання, площі приміщення, вимог безпеки праці та економічної доцільності.

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПЕРЕДУМОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТИВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

1.1. Загальна характеристика підприємства

Базою для виконання дипломного проєкту прийнято аграрне підприємство, виробнича діяльність якого пов'язана з вирощуванням зернових і технічних культур, експлуатацією машинно-тракторного парку, перевезенням сільськогосподарської продукції та виконанням сезонних технологічних операцій. За організаційною формою підприємство належить до товариств з обмеженою відповідальністю, тобто здійснює господарську діяльність як самостійна юридична особа, має власне майно, виробничу базу, рахунки в банківських установах та відповідає за своїми зобов'язаннями у межах, визначених чинним законодавством України.

На відміну від застарілої редакції організаційної характеристики, де правове регулювання діяльності товариства пов'язувалося з низкою нормативних актів, які втратили актуальність або не відображають сучасний порядок функціонування підприємств, у даному проєкті правову основу діяльності ТОВ доцільно пов'язувати насамперед із Законом України «Про товариства з обмеженою та додатковою відповідальністю», Господарським кодексом України, Цивільним кодексом України, Податковим кодексом України, Земельним кодексом України, законодавством про працю, охорону праці та іншими нормативно-правовими актами, які регламентують підприємницьку, виробничу і ремонтно-обслуговуючу діяльність [1].

Місце розташування виробничої бази має суттєве значення для організації технічного сервісу. Підприємство розміщене у сільській місцевості Дніпропетровської області, де значна частина виробничих процесів залежить від справності тракторів, комбайнів, автомобілів, посівної та ґрунтообробної техніки. Територіально населений пункт Слов'янка належить до Слов'янської

територіальної громади Синельниківського району Дніпропетровської області [2]. Така прив'язка важлива, оскільки після адміністративно-територіальної реформи старі назви районів у документах можуть не відповідати сучасному поділу.

Основними видами виробничої діяльності підприємства є рослинництво, вирощування зернових і технічних культур, заготівля та зберігання сільськогосподарської продукції, виконання транспортних і допоміжних робіт. Наявність власного машинно-тракторного парку зумовлює потребу у постійному технічному обслуговуванні, поточному ремонті та діагностуванні машин. Особливої уваги потребують агрегати паливної системи, оскільки їхній технічний стан безпосередньо впливає на пускові властивості двигуна, витрату палива, димність відпрацьованих газів, потужність, стабільність роботи на різних режимах і загальну надійність техніки в період напружених польових робіт.

Узагальнену характеристику підприємства наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Організаційно-виробнича характеристика підприємства

Показник	Характеристика
Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю
Профіль діяльності	Вирощування сільськогосподарських культур, експлуатація машинно-тракторного парку, виконання транспортних і допоміжних робіт
Виробничий напрям	Рослинництво, заготівля та зберігання продукції, обслуговування власної техніки
Місце розташування виробничої бази	Дніпропетровська область, Слов'янська територіальна громада, Синельниківський район

Показник	Характеристика
Основні споживачі ремонтних робіт	Власний машинно-тракторний парк, автомобілі, трактори та агрегати, що експлуатуються у господарстві
Потреба у спеціалізованому сервісі	Діагностування, регулювання, поточний ремонт і випробування агрегатів паливної системи дизельних та бензинових двигунів

Система управління підприємством побудована за функціональним принципом. Загальне керівництво здійснює директор, за технічний стан машинно-тракторного парку та організацію ремонтних робіт відповідає інженерна служба, а виконання щоденних операцій забезпечують виробничі підрозділи, ремонтна майстерня, склад запасних частин та допоміжні служби. У разі створення дільниці з ремонту агрегатів паливної системи вона повинна бути організаційно підпорядкована головному інженеру або завідувачу ремонтної майстерні, оскільки саме ці посадові особи відповідають за якість технічного обслуговування, своєчасність ремонту та готовність машин до польових робіт.

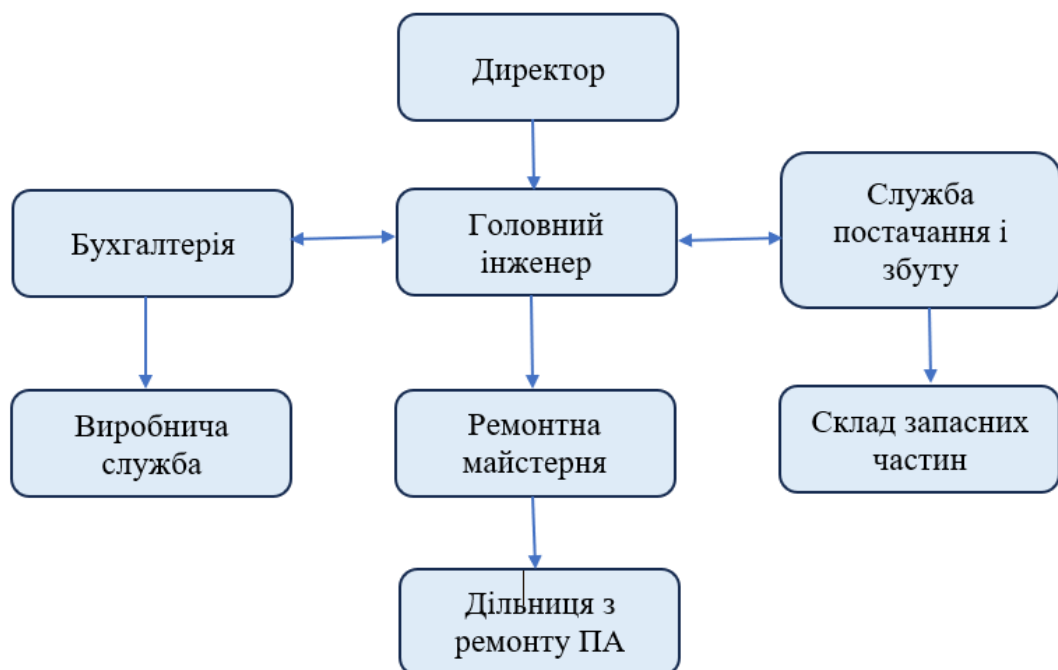


Рисунок 1.1 – Узагальнена організаційна структура підприємства з урахуванням проектованої дільниці

1.2. Аналіз машинно-тракторного парку та умов експлуатації паливної апаратури

Рівень завантаження ремонтної майстерні визначається складом машинно-тракторного парку, кількістю сезонних робіт, інтенсивністю експлуатації машин і технічним станом основних агрегатів. У сільськогосподарському виробництві техніка працює нерівномірно протягом року: найбільше навантаження припадає на підготовку ґрунту, посів, догляд за посівами, збирання врожаю та транспортування продукції. Саме в ці періоди будь-яка відмова трактора, комбайна або автомобіля спричиняє простої, порушення агротехнічних строків і додаткові витрати на терміновий ремонт.

У складі машинно-тракторного парку підприємства експлуатуються трактори різних тягових класів, зернозбиральні комбайни, посівні агрегати, ґрунтообробні машини та допоміжне обладнання. Частина техніки має механічні паливні насоси високого тиску, форсунки зі змінними розпилювачами та паливопідкачувальні насоси. Новіші машини можуть бути обладнані електронно керованими системами упорскування, зокрема системами типу Common Rail. Така різноманітність парку ускладнює ремонт, оскільки потребує як традиційних слюсарно-регулювальних операцій, так і точного діагностування на спеціалізованому обладнанні.

Перелік основної техніки, що формує потребу підприємства у ремонтно-обслуговуючих роботах, наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Склад основної техніки підприємства

№ з/п	Марка машини або агрегату	Кількість, шт.
Трактори		
1	К-701А	2
2	К-701	1
3	Т-150	3
4	Т-150К	5

№ з/п	Марка машини або агрегату	Кількість, шт.
5	ЮМЗ-6	4
6	МТЗ-80	4
7	New Holland	1
Комбайни		
8	Славутич КЗС-9,1	5
9	Дон-1500Б	6
Сівалки		
10	Horsch	3
11	СУПН-8	8
12	СЗ-3,6	12
Приставки для комбайнів		
13	ПЗС-8	3
14	ЖВН-6	5
15	ЖВН-6Б-01	4
Плуги		
16	ПЛН-5-35	2
17	ПЛН-8-35	1
18	ПЛН-3-35	4
Борони		
19	БГД-4,5	3
20	ДМТ-6	1
21	БДТ-4	4
Луцильники		
22	ЛДГ	6
Культиватори		
23	АКШ-3,6	2
24	АКШ-5,6	2

№ з/п	Марка машини або агрегату	Кількість, шт.
25	КР-4,5	1
26	КЛД	2
27	ККД	2
28	КРН-1	2

За даними таблиці 1.2, лише основні трактори, комбайни та сільськогосподарські агрегати формують значний обсяг робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту. Крім того, у господарствах такого типу додатково експлуатуються автомобілі, причеи, навантажувачі, допоміжні енергетичні засоби, насоси, електрообладнання та інший інвентар, який не завжди входить до зведених таблиць машинно-тракторного парку, але також потребує періодичного обслуговування. Тому реальне навантаження на ремонтну майстерню є вищим, ніж показує перелік лише основних машин.

Паливна апаратура працює в особливо складних умовах. У дизельних двигунах вона забезпечує очищення, подачу, дозування, створення високого тиску та розпилювання палива у камері згоряння. Навіть незначне порушення герметичності, зміна тиску початку впорскування, спрацювання плунжерної пари, заклинювання голки розпилювача або забруднення фільтрів призводять до погіршення робочого процесу двигуна. Наслідками таких дефектів є утруднений пуск, нерівномірна робота на холостому ході, втрата потужності, підвищена витрата палива, перегрів, збільшення димності та прискорене спрацювання деталей циліндро-поршневої групи.

За даними досліджень надійності тракторних дизелів, відмови системи живлення можуть становити близько 39,8 % від загальної кількості відмов, а до половини відмов дизельного двигуна пов'язують саме з несправностями паливної апаратури [3]. Ці дані підтверджують, що ремонт і діагностування паливної системи не можна розглядати як другорядну операцію. Для аграрного підприємства така група робіт має стратегічне значення, оскільки вона

безпосередньо впливає на готовність техніки до сезонних робіт і на собівартість виконання механізованих операцій.

Основними причинами несправностей паливної апаратури є використання палива нестабільної якості, наявність води і механічних домішок, несвоєчасна заміна фільтрувальних елементів, порушення правил зберігання пального, застосування неякісних запасних частин, неправильне регулювання форсунок і насосів, а також робота машин із перевантаженням. Для сучасних систем високого тиску особливо небезпечними є тверді частинки малого розміру, оскільки зазори у прецизійних парах дуже малі, а тиск упорскування значно вищий, ніж у традиційних механічних системах. У літературі підкреслюється, що пошкодження інжекторних систем сільськогосподарських машин часто спричиняються саме процесами, пов'язаними з якістю дизельного палива та забрудненням системи [4].

Вимоги до якості дизельного палива в Україні регламентуються, зокрема, ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови», яким установлені марки палива за кліматичними умовами використання та показники якості [5]. На практиці навіть за наявності нормативних вимог паливо може забруднюватися під час транспортування, зберігання або заправлення машин у полі. Тому ремонтна дільниця повинна не лише виконувати відновлення і регулювання агрегатів, а й забезпечувати контроль характерних причин відмов, зокрема забруднення, підсмоктування повітря, порушення герметичності, корозійного пошкодження деталей та спрацювання розпилювачів.

1.3. Аналіз ремонтної бази та існуючої організації технічного сервісу

Для підтримання машинно-тракторного парку у працездатному стані підприємство має ремонтну майстерню загального призначення. Її основним завданням є виконання щоденного технічного обслуговування, сезонного обслуговування, поточного ремонту тракторів, комбайнів, автомобілів, сільськогосподарських машин та окремих агрегатів. Наявність власної майстерні

дозволяє оперативно усувати типові несправності, виконувати слюсарно-механічні, зварювальні, регулювальні та монтажні роботи без залучення сторонніх організацій для кожної дрібної поломки.

У структурі ремонтної майстерні використовуються ремонтно-монтажна, слюсарно-механічна, зварювальна, ковальська та інші допоміжні зони. До основного обладнання належать слюсарні верстаки, підставки для агрегатів, мийне обладнання, металорізальні верстати, зварювальні пости, інструментальні шафи та склад запасних частин. Така база є достатньою для виконання значної частини загальноремонтних операцій, проте вона не повністю відповідає вимогам до ремонту паливної апаратури, де потрібні чистота робочого місця, точні вимірювальні прилади, спеціальні пристрої для перевірки форсунок, стенди для насосів високого тиску та обладнання для очищення деталей.

Існуюча організація сервісу побудована переважно за змішаною схемою. Операції щоденного обслуговування, заміна фільтрів, перевірка рівня робочих рідин, підтягування кріплень і нескладні регулювання виконуються власними силами. Складніші роботи, пов'язані з ремонтом прецизійних деталей, перевіркою паливних насосів високого тиску, ремонтом електронних форсунок або відновленням вузлів Common Rail, зазвичай передаються на спеціалізовані підприємства. Така кооперація є виправданою для рідкісних і складних операцій, але вона має суттєві недоліки: збільшується тривалість простою, зростають транспортні витрати, виникає залежність від завантаження стороннього сервісу та ускладнюється оперативний контроль якості ремонту.

У період польових робіт несправність паливної системи часто має аварійний характер. Наприклад, відмова паливопідкачувального насоса, засмічення фільтрів або порушення роботи форсунок можуть зупинити трактор безпосередньо у полі. Якщо для усунення дефекту необхідно демонтувати форсунки або насос і відправити їх до міста, фактичний простій машини може тривати кілька діб. Для господарства це означає не лише втрату часу, а й ризик порушення технологічних строків, зниження якості виконання операцій та збільшення витрат на залучення резервної техніки.

Особливістю ремонту паливної апаратури є підвищені вимоги до культури виробництва. Деталі паливних насосів, форсунок і регуляторів мають прецизійні поверхні, тому їх не можна ремонтувати у загальному приміщенні разом із роботами, які супроводжуються пилом, металевою стружкою, зварювальним аерозолем або абразивним забрудненням. Для якісного ремонту потрібні окремі робочі місця для зовнішнього очищення, розбирання, дефектування, промивання, складання, регулювання та випробування. Саме тому в умовах підприємства доцільно не обмежуватися виконанням окремих операцій у загальній майстерні, а сформувати спеціалізовану дільницю з ремонту агрегатів паливної системи.

Аналіз наявної ремонтної бази показує, що підприємство має передумови для створення такої дільниці. До них належать наявність виробничих площ, кваліфікованих слюсарів, загальномайстерневого обладнання, складу запасних частин, потреба у регулярному ремонті паливної апаратури та можливість поступового дооснащення майстерні спеціалізованими стендами. Разом з тим для повноцінного виконання робіт необхідно передбачити окремий технологічний маршрут ремонту, підібрати обладнання, визначити трудомісткість робіт, розрахувати кількість працівників і обґрунтувати площу дільниці.

1.4. Обґрунтування необхідності проєктування дільниці з ремонту агрегатів паливної системи

Необхідність проєктування дільниці з ремонту агрегатів паливної системи зумовлена технічними, організаційними та економічними причинами. З технічної точки зору паливна апаратура належить до найбільш відповідальних систем двигуна. Її несправності швидко проявляються у роботі машини, але не завжди можуть бути точно визначені без спеціального діагностичного обладнання. Наприклад, схожі зовнішні ознаки — димність, втрата потужності, підвищена витрата палива або нестійка робота — можуть бути наслідком різних

дефектів: зниження компресії, несправності форсунок, порушення кута випередження впорскування, підсмоктування повітря, забруднення фільтрів або недостатньої подачі палива. Тому ремонт повинен починатися не з випадкової заміни деталей, а з послідовного діагностування.

Організаційна причина полягає у тому, що господарство експлуатує техніку різних марок і років випуску. Частина машин оснащена традиційними паливними насосами високого тиску та механічними форсунками, інша частина може мати сучасніші системи впорскування. Внаслідок цього ремонтна служба повинна бути готовою виконувати роботи різного рівня складності: від очищення, заміни фільтрів і регулювання механічних форсунок до підготовки агрегатів для передачі на спеціалізований ремонт. Створення власної дільниці дозволить відокремити роботи, які доцільно виконувати на місці, від тих, що потребують заводського або авторизованого сервісу.

Економічна доцільність створення дільниці визначається скороченням простоїв техніки, зменшенням витрат на перевезення агрегатів до віддалених сервісних підприємств, підвищенням якості діагностування та можливістю виконання частини робіт для сторонніх замовників. У районах із розвиненим аграрним виробництвом існує постійна потреба у перевірці та ремонті форсунок, паливopідкачувальних насосів, трубопроводів, фільтрів, паливних баків, елементів керування подачею палива, а також у консультаціях щодо експлуатації паливних систем. Якщо підприємство має достатню виробничу площу і може придбати необхідне обладнання, така дільниця здатна не лише забезпечувати власні потреби, а й формувати додатковий обсяг робіт.

До складу проєктованої дільниці доцільно включити робочі місця для приймання і зовнішнього очищення агрегатів, розбирання, промивання деталей, дефектування, комплектування, складання, регулювання та контрольного випробування. Для механічних форсунок необхідно передбачити прилад для перевірки тиску початку впорскування, якості розпилювання і герметичності. Для паливних насосів високого тиску доцільним є використання стенда для перевірки подачі секцій, рівномірності подачі, роботи регулятора та

герметичності. Також потрібні набір спеціального інструменту, пристрої для демонтажу і монтажу розпилювачів, ванна для промивання деталей, шафа для чистого інструменту, вимірювальні прилади та стелажі для зберігання агрегатів.

Під час проєктування слід враховувати, що не всі операції доцільно виконувати власними силами. Ремонт електронних форсунок Common Rail, кодування, відновлення високоточних компонентів, перевірка електромагнітних або п'єзоелектричних форсунок на спеціальних режимах потребують дорогого обладнання та високої кваліфікації персоналу. Тому для господарства раціонально передбачити комбіновану схему: типові операції з механічними агрегатами виконувати на власній ділянці, а складні операції з електронними системами передавати спеціалізованим сервісам після попереднього діагностування і підготовки агрегатів. Такий підхід дозволяє уникнути надмірних капіталовкладень і водночас підвищити оперативність ремонту.

Таким чином, проєктування ділянки з ремонту агрегатів паливної системи є актуальним для підприємства, оскільки поєднує вирішення кількох практичних завдань: підвищення готовності техніки, зменшення тривалості простоїв, поліпшення якості ремонту, зниження експлуатаційних витрат і створення умов для надання ремонтних послуг іншим господарствам. У подальших розділах дипломного проєкту необхідно обґрунтувати виробничу програму ділянки, розрахувати трудомісткість робіт, підібрати обладнання, визначити площу, розробити технологічний процес ремонту та оцінити ефективність запропонованих рішень.

1.5. Висновки та задачі проєкту

Проведений аналіз господарської діяльності підприємства, складу машинно-тракторного парку та існуючої організації технічного сервісу показав, що ремонтна майстерня виконує значний обсяг робіт з обслуговування і поточного ремонту техніки, однак не має спеціалізованої ділянки для комплексного ремонту та діагностування агрегатів паливної системи. Наявне

обладнання дозволяє виконувати загальнослюсарні, монтажні та частково регульовальні операції, але не забезпечує повного технологічного циклу ремонту паливної апаратури з необхідною точністю і чистотою робочого процесу.

Встановлено, що несправності паливної системи є однією з найважливіших причин зниження працездатності дизельних двигунів. Вони призводять до утрудненого пуску, втрати потужності, підвищеної витрати палива, димності, нестійкої роботи двигуна та збільшення витрат на експлуатацію техніки. Основними чинниками виникнення таких несправностей є забруднення палива, наявність води і механічних домішок, зношування прецизійних деталей, несвоєчасне технічне обслуговування, неправильне регулювання та використання неякісних запасних частин.

Обґрунтовано, що створення дільниці з ремонту агрегатів паливної системи дасть змогу скоротити тривалість простою машин, підвищити якість діагностування і ремонту, зменшити залежність підприємства від віддалених сервісних організацій, а також сформувати передумови для виконання частини ремонтних робіт для сторонніх замовників. Проектована дільниця повинна бути орієнтована насамперед на ремонт і перевірку механічних агрегатів паливної системи, а для складних електронних систем доцільно передбачити кооперацію зі спеціалізованими сервісними центрами.

Для досягнення мети дипломного проєкту необхідно виконати такі задачі:

- проаналізувати склад машинно-тракторного парку та визначити потребу підприємства у ремонті агрегатів паливної системи;
- обґрунтувати виробничу програму дільниці та річний обсяг ремонтно-обслуговуючих робіт;
- розрахувати трудомісткість робіт і визначити необхідну кількість виробничих працівників;
- підібрати основне технологічне обладнання, пристрої, інструмент і контрольно-вимірювальні прилади для дільниці;
- розробити раціональну технологічну схему ремонту агрегатів паливної системи з урахуванням вимог чистоти, точності та безпеки;

- визначити площу ділянки та обґрунтувати її планування в межах ремонтної майстерні;
- розробити заходи з охорони праці, пожежної безпеки та екологічної безпеки під час виконання робіт із паливною апаратурою;
- виконати техніко-економічну оцінку запропонованих проєктних рішень.

Отже, перший розділ підтверджує актуальність теми дипломного проєкту «Проект ділянки з ремонту агрегатів паливної системи» та визначає основні напрями подальших технологічних, організаційних і економічних розрахунків.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТИВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

Ремонт агрегатів паливної системи належить до найбільш відповідальних видів робіт у системі технічного сервісу автотракторної техніки. Від справності паливної апаратури залежать пускові властивості двигуна, рівномірність його роботи під навантаженням, витрата палива, димність, токсичність відпрацьованих газів та ресурс циліндро-поршневої групи. Особливо високі вимоги висуваються до дизельних систем живлення, оскільки плунжерні пари, нагнітальні клапани, розпилювачі форсунок і електрогідравлічні вузли Common Rail працюють із малими зазорами та високими контактними навантаженнями.

У сучасних умовах аграрні підприємства експлуатують одночасно техніку різних поколінь: трактори з рядними паливними насосами високого тиску, машини з механічними форсунками, вантажні автомобілі з дизельними паливними насосами, а також імпорتنі трактори й автомобілі з електронно-керованими системами впорскування. Через це ремонтна дільниця повинна мати універсальну структуру, яка дозволяє виконувати очищення, розбирання, дефектацію, комплектування, регулювання та контроль агрегатів різних типів. При розробці дільниці приймається постова форма організації робіт із виділенням окремих зон для миття, дефектації, складання, перевірки форсунок, регулювання ПНВТ та обслуговування вузлів Common Rail.

Розрахунок виробничої програми виконано з урахуванням потреби господарства та можливості приймання замовлень від сторонніх власників техніки. Такий підхід дає змогу підвищити завантаження обладнання, скоротити простої машин у період польових робіт та створити економічно доцільну дільницю середньої потужності. Нормальна тривалість робочого часу в розрахунках прийнята відповідно до чинних вимог трудового законодавства України, за якими вона не повинна перевищувати 40 годин на тиждень [1].

2.1. Огляд існуючих методів і способів ремонту агрегатів паливної системи

За характером організації ремонт агрегатів паливної апаратури може виконуватися індивідуальним, агрегатним або знеособленим методом. Індивідуальний метод передбачає повернення відремонтованих деталей до того самого агрегату, з якого вони були зняті. Його доцільно застосовувати для прецизійних пар, корпусних деталей, регулювальних вузлів і деталей, які мають індивідуальне припрацювання. Агрегатний метод полягає у заміні несправного вузла справним або заздалегідь відремонтованим агрегатом. Такий підхід скорочує простої техніки, але потребує наявності оборотного фонду.

Знеособлений метод ремонту застосовують тоді, коли деталі після дефектації сортують за ремонтними групами та встановлюють у складі інших агрегатів. Для паливної апаратури цей метод можливий лише з обмеженнями, оскільки розкомплектування плунжерних пар, розпилювачів, нагнітальних клапанів та інших високоточних спряжень без контролю гідравлічної щільності призводить до погіршення якості ремонту. Тому у проектованій ділянці приймається змішана система: загальні корпусні та кріпильні деталі ремонтуються за знеособленим принципом, а прецизійні пари зберігаються комплектно або підбираються за результатами контролю.

Найбільш раціональною для ділянки невеликого і середнього обсягу є постова організація робіт. Вона передбачає закріплення за кожним постом певної групи операцій: миття, дефектації, ремонту деталей, складання, регулювання та випробування. На відміну від потокової лінії, постова форма не потребує великої серійності, але дозволяє чітко розподілити обладнання, інструмент і відповідальність виконавців.

Таблиця 2.1 - Порівняльна характеристика методів ремонту агрегатів паливної системи

Метод ремонту	Сфера застосування	Переваги	Обмеження
Індивідуальний	Ремонт прецизійних пар, корпусних вузлів, агрегатів з індивідуальним припрацюванням	Зберігається комплектність деталей, менший ризик порушення посадок	Вища трудомісткість і триваліший цикл ремонту
Агрегатний	Заміна несправного насоса, форсунки або підкачувального вузла справним агрегатом	Мінімальний простітй техніки, зручність для польових робіт	Потрібен оборотний фонд агрегатів
Знеособлений	Ремонт корпусних деталей, кріплення, стандартних вузлів	Підвищення продуктивності та краща спеціалізація робочих місць	Обмежене застосування для високоточних деталей
Постовий	Малі та середні ремонтні ділянки	Гнучкість, можливість ремонту різних типів агрегатів	Потребує чіткої маршрутизації виробів
Потоковий	Великі спеціалізовані підприємства з повторюваною номенклатурою	Висока продуктивність, короткий виробничий цикл	Недоцільний за малої програми ремонту

З урахуванням номенклатури ремонтних робіт для проектованої ділянки приймається постовий метод організації ремонту з елементами індивідуального та агрегатного методів. Такий варіант є найбільш придатним для умов господарства, оскільки дозволяє виконувати як планові роботи, так і термінові замовлення у період сезонного навантаження.

2.2. Визначення річної програми ремонту та загальної трудомісткості робіт

Річна програма ремонту формується за кількістю агрегатів, які можуть надходити на дільницю протягом року. До складу ремонтної продукції включено паливні насоси високого тиску, форсунки, секції насосів, підкачувальні насоси, елементи бензинових та інжекторних систем, а також роботи з діагностування і регулювання без повного розбирання агрегату. Така номенклатура відповідає реальній структурі машинно-тракторного парку, де одночасно експлуатуються вітчизняні, радянські та імпортовані машини.

Орієнтовна кількість агрегатів, що надходять у ремонт за рік, визначається за формулою:

$$N_{pi} = N_{ei} \cdot k_{oi} \cdot k_v \cdot k_p \quad (2.1)$$

де N_{pi} - розрахункова кількість агрегатів i -го виду, що надходять у ремонт за рік, шт.;

N_{ei} - орієнтовна кількість агрегатів відповідного типу в експлуатації, шт.;

k_{oi} - коефіцієнт охоплення ремонтом;

k_v - коефіцієнт, що враховує технічний стан і вік машин;

k_p - коефіцієнт резерву на сезонні та непередбачені відмови.

Трудомісткість ремонту за кожним видом агрегатів визначаємо за залежністю:

$$T_i = N_{pi} \cdot t_i \quad (2.2)$$

де T_i - річна трудомісткість ремонту агрегатів i -го виду, люд.-год.;

t_i - середня трудомісткість ремонту одного агрегату відповідної групи, люд.-год.

Таблиця 2.2 - Розрахунок річної програми ремонту агрегатів паливної системи

№ з/п	Найменування ремонтної продукції	Кількість, шт.	Трудовісткість одиниці, люд.-год.	Загальна трудовісткість, люд.-год.
1	Паливні насоси високого тиску ЯМЗ-236/238/240	82	22,0	1804
2	Паливні насоси УТН-5, Д-240, ЮМЗ	135	10,8	1458
3	Паливні насоси НД-22, 4ТН та аналогічні	54	12,5	675
4	Підкачувальні насоси дизельних двигунів	80	3,2	256
5	Форсунки дизельних двигунів механічного типу	390	2,1	819
6	Секції ПНВТ, нагнітальні клапани, плунжерні пари	70	4,8	336
7	Форсунки та вузли систем Common Rail	55	8,5	467,5
8	Бензинові насоси, карбюратори та інжекторні вузли	120	3,0	360
9	Діагностування і регулювання агрегатів без повного ремонту	340	1,8	612
	Разом основна трудовісткість			6787,5

Основну трудовісткість робіт визначаємо підсумовуванням трудовісткості за всіма видами ремонтної продукції:

$$T_o = \sum T_i = 6787,5 \text{ люд. – год.} \quad (2.3)$$

Для забезпечення можливості виконання сезонних замовлень і усунення непередбачених відмов приймаємо резерв трудовісткості $\beta = 6 \%$.

$$T_{\text{рез}} = \frac{\beta \cdot T_o}{100} = \frac{6 \cdot 6787,5}{100} = 407,3 \text{ люд.} - \text{год.} \quad (2.4)$$

Річна трудомісткість робіт проекрованої ділянки становить:

$$T_p = T_o + T_{\text{рез}} = 6787,5 + 407,3 = 7194,8 \approx 7200 \text{ люд.} - \text{год.} \quad (2.5)$$

Для подальших розрахунків приймаємо річну трудомісткість робіт $T_p = 7200$ люд.-год. Якщо один умовний ремонт прийняти рівним 300 люд.-год., то виробнича програма в умовних ремонтах дорівнює:

$$N_{\text{ум}} = \frac{T_p}{T_{\text{ум}}} = \frac{7200}{300} = 24 \text{ ум. рем.} \quad (2.6)$$

Отже, ділянка проектується на виконання 24 умовних ремонтів за рік. Такий обсяг є достатнім для завантаження спеціалізованого обладнання, але не потребує створення окремого великого цеху або потокової лінії.

2.3. Розподіл трудомісткості робіт за видами операцій

Для правильного підбору обладнання та визначення чисельності працівників загальну трудомісткість необхідно розподілити за основними видами робіт. Частка окремих операцій залежить від прийнятої технології ремонту, номенклатури агрегатів і ступеня зношування деталей.

Трудомісткість окремого виду робіт визначаємо за формулою:

$$T_j = \frac{T_p \cdot \alpha_j}{100} \quad (2.7)$$

де T_j - трудомісткість j -го виду робіт, люд.-год.;

α_j - частка відповідного виду робіт у загальній трудомісткості, %.

Таблиця 2.3 - Розподіл трудомісткості робіт дільниці

№ з/п	Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год.
1	Приймання, попереднє діагностування та оформлення замовлення	10	720
2	Зовнішнє очищення, миття і підготовка агрегатів до розбирання	6	432
3	Розбирання агрегатів і промивання деталей	11	792
4	Дефектація, вимірювання і сортування деталей	12	864
5	Відновлення, припасування і заміна деталей	18	1296
6	Комплектування, складання і попереднє регулювання	16	1152
7	Обкатка, стендові випробування і остаточне регулювання	20	1440
8	Консервація, здавання готової продукції і допоміжні роботи	7	504
	Разом	100	7200

Найбільша частка трудомісткості припадає на випробування і регулювання, оскільки саме ці операції визначають якість ремонту паливної апаратури. Значний обсяг також займають відновлювальні операції та складання, що пов'язано з необхідністю ретельного припасування деталей і контролю герметичності прецизійних спряжень.

2.4. Режим роботи дільниці та фонди часу

Проектована дільниця належить до ремонтно-обслуговуючого виробництва перервної дії. Роботу доцільно організувати в одну зміну, оскільки річна програма не потребує двозмінного режиму. П'ятиденний робочий тиждень

із тривалістю зміни 8 год забезпечує відповідність загальній нормі робочого часу та дозволяє рівномірно планувати завантаження працівників.

Номінальний річний фонд часу визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{н}} = D_{\text{р}} \cdot t_{\text{зм}} \cdot n \quad (2.8)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ - номінальний фонд часу, год.;

$D_{\text{р}}$ - кількість робочих днів у році;

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

n - кількість змін.

Для розрахунку приймаємо $D_{\text{р}} = 250$ днів, $t_{\text{зм}} = 8$ год, $n = 1$.

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 \cdot 1 = 2000 \text{ год.} \quad (2.9)$$

Дійсний фонд часу робітника враховує відпустки, хвороби, навчання, виконання громадських обов'язків та інші планові втрати робочого часу:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{р}} = 2000 \cdot 0,93 = 1860 \text{ год.} \quad (2.10)$$

Дійсний фонд часу роботи обладнання визначається з урахуванням простоїв на технічне обслуговування, налагодження та поточний ремонт:

$$\Phi_{\text{об}} = \Phi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{об}} = 2000 \cdot 0,92 = 1840 \text{ год.} \quad (2.11)$$

Таблиця 2.4 - Прийняті фонди часу робітників і обладнання

Категорія	Номінальний фонд, год.	Коеф. Викор.	Дійсний фонд,	Примітка
Робітник основного виробництва	2000	0,93	1860	Враховано відпустки та планові втрати часу

Випробувальні стенди та верстаки	2000	0,92	1840	Враховано налагодження і технічне обслуговування
Мийне та очищувальне обладнання	2000	0,90	1800	Враховано час на заміну розчинів і очищення ванн
Допоміжне обладнання	2000	0,85	1700	Враховано нерівномірне завантаження

2.5. Загальний технологічний процес ремонту агрегатів паливної системи

Технологічний процес ремонту агрегатів паливної системи повинен забезпечувати збереження комплектності деталей, чистоту робочих поверхонь, контроль герметичності та точність регулювання. Основна особливість таких робіт полягає у тому, що навіть невеликі забруднення або механічні пошкодження робочих поверхонь можуть спричинити порушення подачі палива, підтікання форсунок, нестабільну роботу двигуна та підвищену витрату палива.

Загальна послідовність ремонту агрегатів паливної системи наведена на рис. 2.1.

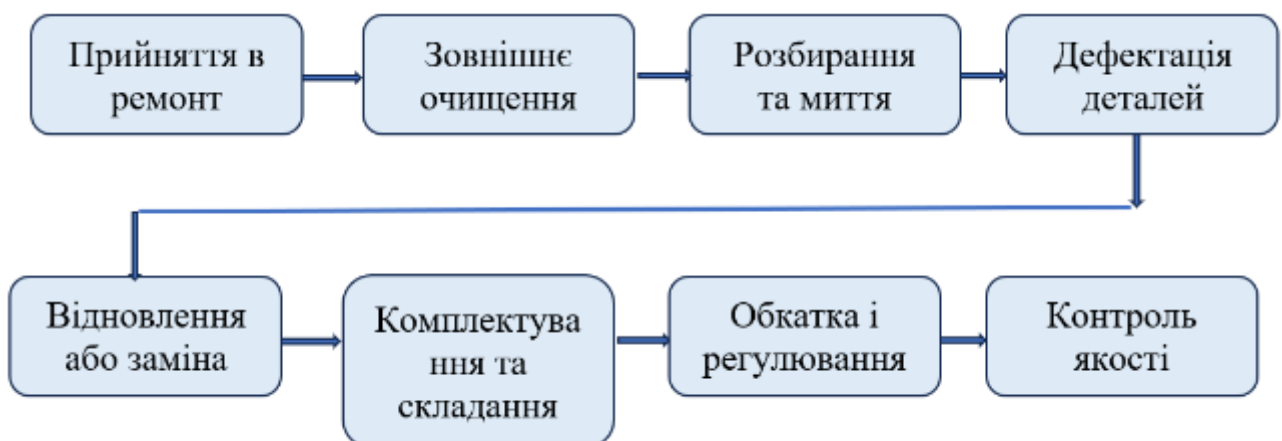


Рисунок 2.1 - Загальна схема технологічного процесу ремонту агрегатів паливної системи

На етапі приймання агрегат очищують від грубих забруднень, перевіряють комплектність і фіксують зовнішні пошкодження. Для паливних насосів високого тиску додатково зазначають марку насоса, кількість секцій, стан регулятора, приводу та штуцерів. Для форсунок контролюють цілісність корпусу, різьби, розпилювача та штуцерних з'єднань. Отвори паливних каналів після демонтажу закривають пробками або ковпачками, щоб запобігти потраплянню пилу.

Після попереднього очищення агрегати направляють на розбирання. Операції виконують на верстаках з комплектом спеціального інструменту. Прецизійні пари не допускається розкомплектовувати без попереднього маркування. Деталі промивають у спеціальних ваннах, а дрібні прецизійні елементи додатково очищують в ультразвуковій ванні. Продування каналів стиснутим повітрям виконують після повного видалення залишків мийного розчину.

Дефектація передбачає зовнішній огляд, вимірювання робочих розмірів, перевірку різьбових з'єднань, контроль стану ущільнювальних поверхонь та гідравлічної щільності прецизійних пар. Плунжерні пари, розпилювачі та нагнітальні клапани контролюють на спеціальних приладах або стендах. Деталі з тріщинами, викривленнями, глибокими рисками, корозійними раковинами та значною втратою герметичності підлягають заміні.

Таблиця 2.5 - Типові дефекти агрегатів паливної системи та способи їх усунення

Об'єкт	Характерний дефект	Ймовірна причина	Спосіб усунення
Плунжерна пара ПНВТ	Падіння гідравлічної щільності, риски, місцевий знос	Абразивні частинки у паливі, вода, недостатня фільтрація	Контроль, перекомплектування або заміна
Нагнітальний клапан	Підтікання, зниження тиску, порушення розвантаження	Знос конуса і пояса, забруднення, корозія	Притирання, контроль герметичності

			тичності або заміна
Розпилювач форсунки	Підтікання, нерівномірний факел, закоксування отворів	Низька якість палива, перегрів, тривала робота на малих навантаженнях	Очищення, перевірка, заміна розпилювача
Корпус насоса або форсунки	Пошкодження різьби, тріщини, знос посадок	Порушення правил демонтажу, вібрації, корозія	Відновлення різьби, втулення, заміна
Електромагнітний клапан Common Rail	Нестабільна подача, відхилення зворотного зливу	Знос клапанної пари, забруднення, електричні несправності	Стендова перевірка, заміна вузла, кодування

Відновлювальні операції виконують тільки тоді, коли вони забезпечують необхідну точність та економічно доцільні порівняно із заміною деталі. Для нагнітальних клапанів і окремих ущільнювальних поверхонь допускається притирання з подальшим контролем герметичності. Для отворів у корпусних деталях застосовують розгортання до ремонтного розміру або встановлення втулок. Для електронних форсунок Common Rail основний акцент робиться не на механічному відновленні, а на діагностиці, заміні зношених клапанних елементів, контролі зворотного зливу та перевірці електричних параметрів.

Після складання агрегати проходять обкатку, регулювання та контроль на стенді. Для паливних насосів перевіряють початок подачі, рівномірність подачі по секціях, роботу регулятора та герметичність з'єднань. Для форсунок контролюють тиск початку впорскування, якість розпилу, герметичність запорного конуса та відсутність підтікання. Готові агрегати консервують, маркують і передають на склад готової продукції або безпосередньо замовнику.

2.6. Визначення чисельності робітників та формування штату дільниці

Чисельність виробничих працівників визначається на основі річної трудомісткості робіт, фонду часу одного робітника та запланованого коефіцієнта виконання норм. Для дільниці приймаємо коефіцієнт виконання норм $k_n = 1,08$, що відповідає нормальній організації робіт і достатньому забезпеченню спеціальним інструментом.

Явочна чисельність основних робітників визначається за формулою:

$$P_{\text{я}} = \frac{T_p}{\Phi_n \cdot k_n} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{я}} = \frac{7200}{2000 \cdot 1,08} = 3,33 \text{ чол.} \quad (2.13)$$

Приймаємо явочну чисельність основних виробничих робітників $P_{\text{я}} = 4$ чол.

Списочна чисельність основних робітників розраховується за дійсним фондом часу:

$$P_{\text{сп}} = \frac{T_p}{\Phi_d \cdot k_n} = \frac{7200}{1860 \cdot 1,08} = 3,58 \text{ чол.} \quad (2.14)$$

Приймаємо списочну чисельність основних робітників $P_{\text{сп}} = 4$ чол. Кількість допоміжних працівників для дільниці такого розміру не виділяємо окремою штатною одиницею, оскільки операції з приймання, переміщення невеликих агрегатів, прибирання робочих місць і підготовки інструменту можуть виконуватися основними робітниками за суміщенням. Для організації робіт і контролю якості передбачаємо одного завідувача дільниці або майстра.

Таблиця 2.6 - Штат дільниці з ремонту агрегатів паливної системи

№ з/п	Посада	Кіл., чол.	Основні функції
1	Слюсар з ремонту паливної апаратури	2	Розбирання, дефектація, складання ПНВТ і форсунок
2	Слюсар-налагоджувальник випробувальних стендів	1	Обкатка, регулювання та ко-нтроль параметрів подачі палива
3	Слюсар-діагност систем Common Rail та інжекторних вузлів	1	Перевірка електронних форсунок, контроль зворотного зливу, робота зі стендом
4	Завідувач дільниці / майстер	1	Планування робіт, контроль якості, ведення документації, приймання замовлень
	Разом	5	

2.7. Розрахунок і підбір технологічного обладнання

Потреба в обладнанні визначається за трудомісткістю робіт, що виконуються на відповідному робочому місці, дійсним фондом часу обладнання та коефіцієнтом його використання. Основне обладнання дільниці повинно забезпечувати повний цикл робіт: миття, дефектацію, розбирання, складання, випробування, регулювання та контроль готової продукції.

Кількість одиниць обладнання визначається за формулою:

$$n_{об} = \frac{T_{об}}{\Phi_{об} \cdot \eta_{об} \cdot q} \quad (2.15)$$

де $n_{об}$ - розрахункова кількість обладнання;

$T_{об}$ - трудомісткість робіт, що виконуються на даному обладнанні, люд.-год.;

$\Phi_{об}$ - дійсний фонд часу обладнання, год.;

$\eta_{об}$ - коефіцієнт використання обладнання;

q - кількість робітників, які одночасно обслуговують обладнання.

Для випробувального стенда приймаємо $T_{об} = 1440$ люд.-год., $\Phi_{об} = 1840$ год., $\eta_{об} = 0,85$, $q = 1$:

$$n_{ст} = \frac{1440}{1840 \cdot 0,85 \cdot 1} = 0,92 \quad (2.16)$$

Отже, для виконання програми достатньо одного універсального випробувального стенда для ПНВТ і форсунок. Для розбирально-складальних робіт, з урахуванням одночасної роботи двох слюсарів, приймаємо два слюсарні верстаки і комплект спеціального оснащення. Для миття деталей передбачаємо одну мийну ванну, одну ультразвукову ванну та окремі ванночки для прецизійних деталей.

Таблиця 2.7 - Перелік основного технологічного обладнання дільниці

№ з/п	Найменування обладнання	Кількість	Габарити, мм	Потужність, кВт	Призначення
1	Універсальний стенд для випробування ПНВТ і форсунок дизельних двигунів	1	1500x800	3,0	Контроль подачі, тиску та рівномірності роботи
2	Стенд або комплект для перевірки форсунок Common Rail	1	1200x700	2,0	Перевірка електронно-керованих форсунок
3	Стенд для розбирання і складання ПНВТ	1	1200x800	-	Фіксація насоса під час ремонтних операцій
4	Прилад для перевірки гідравлічної щільності плунжерних пар	1	600x400	-	Контроль прецизійних спряжень
5	Прилад для перевірки розпилювачів форсунок	1	600x400	-	Контроль тиску початку впорскування

6	Ультразвукова ванна для очищення дрібних деталей	1	600x500	0,8	Очищення форсунок, клапанів, жиклерів
7	Мийна ванна для деталей	1	1000x600	0,5	Промивання корпусних деталей і вузлів
8	Верстак слюсарний з лещатами	2	1800x800	-	Розбирання, складання і дефектація
9	Стіл контрольно-вимірювальний	1	1600x800	-	Робота з мікрометрами, нутромірами, індикаторами
10	Настільно-свердлильний верстат	1	700x500	0,6	Дрібні ремонтні операції
11	Компресор з фільтром-вологівідділювачем	1	900x500	1,5	Продування каналів і робота пневмоінструменту
12	Шафа для інструменту і ЗІП	2	900x500	-	Зберігання інструменту та запасних частин
13	Стелаж для ремонтного фонду	1	2000x600	-	Зберігання агрегатів, що очікують ремонту
14	Стелаж готової продукції	1	2000x600	-	Зберігання відремонтованих агрегатів

До комплекту оснащення дільниці також входять набори спеціальних ключів паливника, динамометричні ключі, мікрометри, індикатори, нутроміри, лупи для контролю поверхонь, набір пробок для закривання паливних каналів, ємності для чистого дизельного палива, пристрої для зберігання форсунок і маркування деталей. Окрему увагу необхідно приділити чистоті робочих місць, тому що ремонт паливної апаратури не допускає забруднення пилом, стружкою або залишками абразивних матеріалів.

2.8. Розрахунок площі ділянки та її планування

Площа ділянки повинна забезпечувати розміщення обладнання, робочих місць, проходів, стелажів для ремонтного фонду та готової продукції. Для агрегатів паливної системи важливо відокремити зону забруднених робіт від зони чистого складання і випробування. Це зменшує ризик потрапляння абразивних частинок у прецизійні спряження.

Виробничу площу ділянки визначаємо за формулою:

$$S_d = S_{об} \cdot K_p \quad (2.17)$$

де S_d - розрахункова площа ділянки, m^2 ;

$S_{об}$ - сумарна площа, зайнята обладнанням і робочими місцями, m^2 ;

K_p - коефіцієнт, що враховує проходи, робочі зони, місця для переміщення агрегатів та зберігання тари.

За результатами компоновки приймаємо $S_{об} = 18 m^2$, $K_p = 4,0$.

$$S_d = 18 \cdot 4,0 = 72 m^2 \quad (2.18)$$

Приймаємо площу ділянки $72 m^2$ з габаритами $6 \times 12 m$. Таке планування дозволяє розмістити дві функціональні зони: “брудну” зону приймання, миття і розбирання та “чисту” зону дефектації, складання, регулювання і випробування. Схему планування ділянки наведено на рис. 2.2.

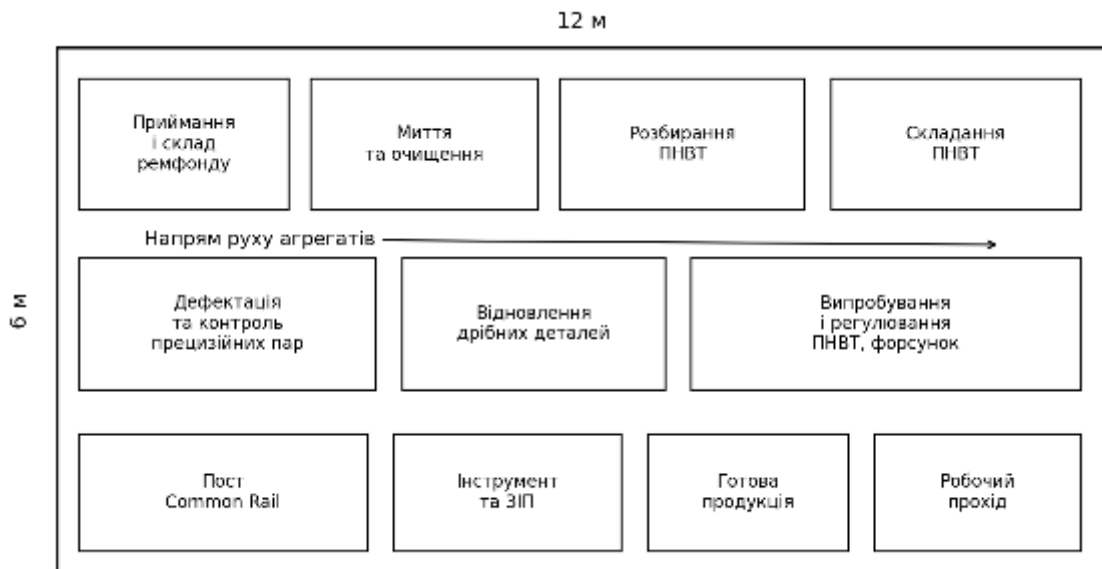


Рисунок 2.2 - Орієнтовне технологічне планування ділянки з ремонту агрегатів паливної системи

Під час планування передбачено прямолінійний рух агрегатів від зони приймання до зони готової продукції. Випробувальні стенди розташовуються біля місць складання, що скорочує переміщення агрегатів і спрощує повторне регулювання у разі виявлення відхилень. Ультразвукову ванну і мийну ванну доцільно розміщувати біля витяжної вентиляції та подалі від постів чистого складання.

2.9. Структурна схема ремонту секції паливного насоса та контроль якості

Однією з найбільш відповідальних операцій є заміна або ремонт секції паливного насоса високого тиску. Якість цієї операції впливає на рівномірність подачі палива по циліндрах, стабільність роботи двигуна та витрату палива. Тому процес заміни секції доцільно виконувати за чіткою структурною схемою з проміжним контролем.

Роботу починають з демонтажу кришок, від'єднання рейки, зняття штуцерів і видалення несправної секції. Після цього корпус насоса і посадкові

місця ретельно очищують. Плунжерну пару перевіряють на відсутність ризик, задирів, корозії та втрати гідравлічної щільності. Перед установленням деталі промивають чистим дизельним паливом, продувають стиснутим повітрям і змащують. Після складання секції перевіряють легкість переміщення рейки, герметичність, початок подачі та рівномірність подачі на стенді.

Контроль якості виконується після кожного відповідального етапу. Якщо під час стендових випробувань виявлено нерівномірність подачі, підтікання або нестабільну роботу секції, агрегат повертають на операцію регулювання або повторної дефектації. Така організація дозволяє зменшити кількість повторних звернень замовників і підвищити надійність відремонтованої паливної апаратури.

2.10. Висновок

У другому розділі обґрунтовано виробничу програму дільниці з ремонту агрегатів паливної системи. Річна трудомісткість робіт прийнята на рівні 7200 люд.-год., що відповідає 24 умовним ремонтам. Виконано розподіл трудомісткості за видами робіт, визначено режим роботи дільниці, розраховано фонди часу робітників і обладнання.

За результатами розрахунків прийнято 4 основних виробничих робітники та одного майстра або завідувача дільниці. Підібрано основне технологічне обладнання для миття, дефектації, розбирання, складання, перевірки і регулювання паливної апаратури. Встановлено, що для розміщення обладнання, робочих місць, проходів і зон зберігання доцільно прийняти площу дільниці 72 м² з габаритами 6х12 м. Запропонована структура дільниці забезпечує повний технологічний цикл ремонту ПНВТ, форсунок, підкачувальних насосів, окремих елементів Common Rail та інших агрегатів паливної системи.

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДУ ДЛЯ ПРИТИРКИ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ

3.1. Призначення та область застосування стенду

Паливна апаратура дизельних двигунів працює в умовах високого тиску, малих зазорів у спраженнях і постійної дії палива, яке може містити воду, смолисті відкладення та механічні домішки. Найбільш чутливими до зношування є прецизійні пари паливних насосів високого тиску, оскільки навіть незначне збільшення зазору між плунжером і втулкою погіршує гідравлічну щільність, зменшує циклову подачу палива, порушує рівномірність роботи секцій насоса та ускладнює пуск двигуна.

У процесі експлуатації плунжерні пари зазнають абразивного зношування, корозійного пошкодження, утворення рисок, задирів і матових плям на робочих поверхнях. Такі дефекти виникають внаслідок недостатнього очищення палива, порушення строків заміни фільтрувальних елементів, потрапляння вологи у паливну систему, використання палива з нестабільними властивостями, а також через порушення технології розбирання, очищення та складання паливної апаратури.

Під час ремонту паливних насосів високого тиску частину плунжерних пар можна відновити шляхом перекомплектування, сортування за розмірними групами, нанесення відновлювального покриття на плунжер або фінішної притирки робочих поверхонь. Притирка є відповідальною завершальною операцією, від якості якої залежить герметичність пари, стабільність подачі палива та ресурс відремонтованого агрегату.

У майстернях господарств і невеликих ремонтних дільницях ця операція часто виконується вручну. Ручна притирка не забезпечує достатньої повторюваності режимів обробки, потребує значних витрат часу, залежить від кваліфікації слюсаря та може призводити до нерівномірного знімання матеріалу. Тому для дільниці з ремонту агрегатів паливної системи доцільно застосувати

спеціальний стенд, який механізує процес притирки плунжерних пар і забезпечує більш стабільні умови виконання фінішних операцій.

Розроблюваний стенд призначений для притирки плунжерних пар паливних насосів високого тиску після дефектації, очищення, сортування та попереднього відновлення деталей. Його можна використовувати в умовах спеціалізованої дільниці, ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства, автогаража або сервісного підрозділу, який виконує ремонт дизельної паливної апаратури.

3.2. Аналіз конструкцій-аналогів і обґрунтування прийнятого рішення

Для фінішної обробки точних циліндричних поверхонь у ремонтному виробництві застосовують хонінгувальні, доводочні та притирочні пристрої. Їх робота ґрунтується на поєднанні обертального руху інструмента з поступальним або коливальним переміщенням деталі. Аналогічний принцип використовується під час обробки гільз двигунів, золотникових пар гідроапаратури, клапанних пар і деталей дизельної паливної апаратури.

Хонінгувальні верстати забезпечують високу якість поверхні, але вони мають значні габарити, високу вартість і не завжди придатні для роботи з малогабаритними прецизійними деталями паливних насосів. Універсальні доводочні верстати також потребують спеціального оснащення, а їх використання в невеликій ремонтній майстерні економічно не завжди обґрунтоване.

Ручні пристрої для притирки прості у виготовленні, проте вони не забезпечують стабільної частоти обертання, рівномірного контакту поверхонь і однакової тривалості обробки. Через це збільшується розкид якості відновлених пар, виникає необхідність у повторній перевірці та додатковому доведенні деталей.

Враховуючи виробничу програму дільниці, прийнято рішення розробити стаціонарний стенд з електричним приводом і пасовою передачею. Така

компоновка є простою, ремонтпридатною, не потребує складних вузлів керування, дозволяє використовувати стандартні підшипники, шків, паси, електродвигун і зварну станину. Використання пасової передачі додатково знижує ударні навантаження на вал, полегшує регулювання натягу та підвищує безпеку роботи при короткочасному перевантаженні.

Прийнята конструкція стану забезпечує механізоване обертання притиру або плунжера, тоді як осьове переміщення деталі виконується оператором вручну. Це дає можливість контролювати контакт, кількість пасти, температуру деталей і якість взаємного притирання без надмірного ускладнення конструкції.

3.3. Будова та принцип дії стану

Стенд виконано у вигляді стаціонарної збірно-зварної конструкції, основою якої є металева станина з верхньою плитою для встановлення приводу та робочого вузла. На станині розміщується електродвигун, пасова передача, вал із підшипниковими опорами, затискний вузол для встановлення оправки або притиру, захисний кожух, а також допоміжні елементи для розміщення інструменту, притирочних паст і деталей, що обробляються.

Крутний момент від електродвигуна передається на робочий вал через пасову передачу. На кінці робочого вала встановлюється цанговий або інший затискний пристрій, у якому закріплюють притир, оправку чи плунжер. Плунжерна втулка встановлюється в спеціальну обойму або утримується за допомогою оправки, що забезпечує зручне осьове переміщення під час обробки.

Під час роботи оператор наносить на поверхні відповідну притирочну пасту, вмикає електродвигун і плавно переміщує втулку вздовж осі притиру або плунжера. Завдяки обертанню та осьовому переміщенню створюється рівномірне знімання мікронерівностей, відновлюється геометрична форма спряжених поверхонь і підвищується їх гідравлічна щільність.

Загальний вигляд розробленого стану для притирки плунжерних пар паливних насосів наведено на рис. 3.1.

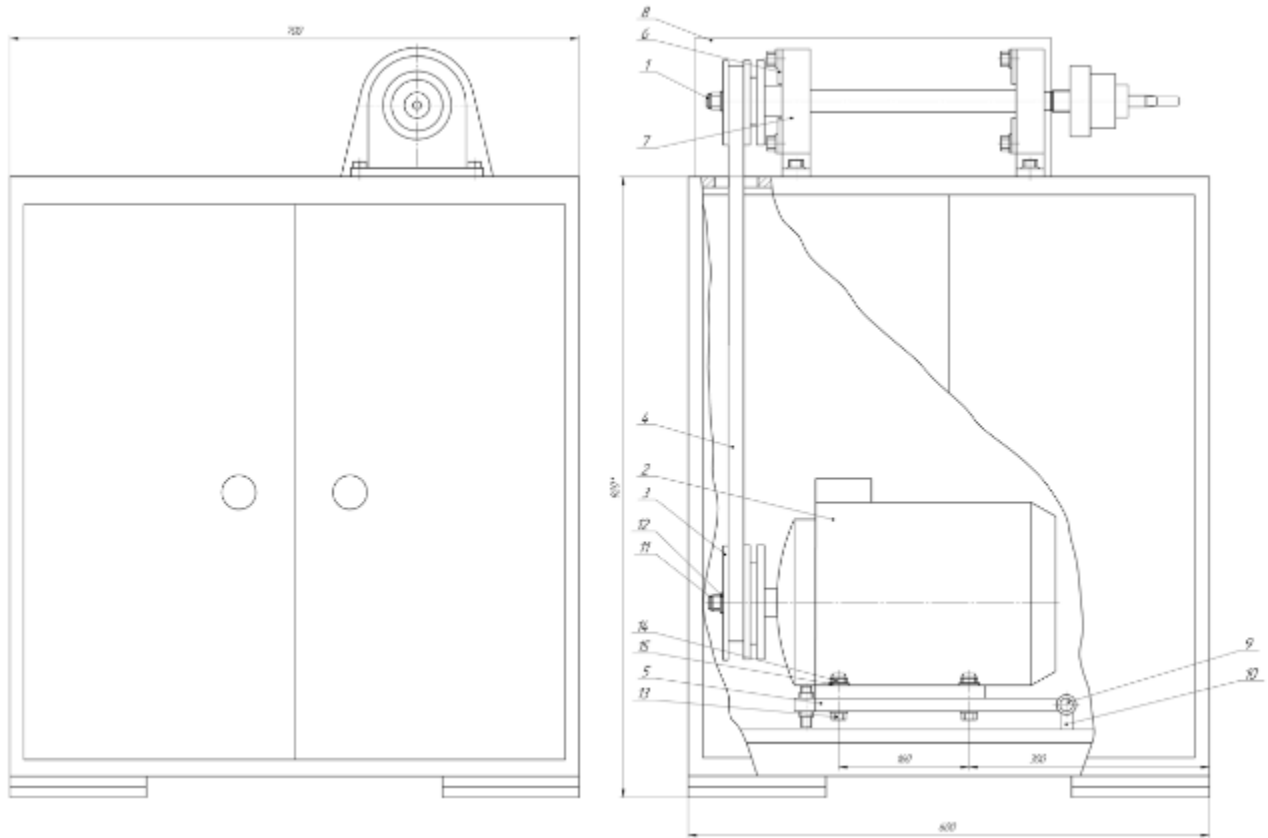


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд стенду

На кресленні стенду показано загальну компоновку вузлів, взаємне розташування електродвигуна, пасової передачі, робочого вала, опорних вузлів, захисного кожуха та корпусної частини. Габаритні розміри стенду становлять 700×600×920 мм, що дозволяє встановлювати його у виробничому приміщенні дільниці без значного збільшення займаної площі.

3.4. Технологія виконання робіт на стенді

Перед виконанням притирки плунжерні пари проходять підготовчі операції: зовнішнє очищення, промивання, розбирання, візуальний контроль, вимірювання основних розмірів, сортування за технічним станом і розмірними групами. Деталі, що мають глибокі риси, відколи, корозійні раковини або значну втрату геометричної форми, до притирки не допускаються і підлягають вибракуванню або відновленню іншим способом.

Прецизійні деталі промивають у чистому дизельному паливі або спеціальній мийній рідині. Після промивання поверхні висушують без застосування грубого обтирального матеріалу, щоб не занести абразивні частинки у спряження. Для попередньої притирки використовують пасту більшої зернистості, а для остаточного доведення — дрібнозернисту пасту. Остаточне полірування доцільно виконувати при постійному змочуванні деталей чистим дизельним паливом.

Під час роботи на стенді не допускається надмірне осьове зусилля, перегрівання деталей, застосування забрудненої пасти, змішування паст різної зернистості та порушення комплектності прецизійної пари. Після завершення притирки деталі ретельно промивають, перевіряють плавність переміщення плунжера у втулці та випробовують пару на гідравлічну щільність.

Плунжерна пара вважається придатною для подальшого комплектування насоса, якщо плунжер під дією власної маси або незначного зусилля плавно переміщується у втулці, не має заїдань, а час падіння тиску під час випробування відповідає технічним вимогам. Пари, що мають однакову групу гідравлічної щільності, комплектують для встановлення в один паливний насос.

3.5. Розрахунок електропривода стенду

Потужність електропривода стенду визначають виходячи з тягового зусилля пасу та швидкості його руху. Для попереднього розрахунку приймаємо тягове зусилля пасу $F = 0,32$ кН, швидкість пасу $v = 0,5$ м/с. Потужність на виході приводу визначається за формулою:

$$P_{\text{вих}} = F \cdot v = 0,32 \cdot 0,5 = 0,16 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

де $P_{\text{вих}}$ – потужність, необхідна для виконання робочого процесу, кВт;

F – тягове зусилля пасу, кН;

v – швидкість руху пасу, м/с.

Загальний коефіцієнт корисної дії приводу визначаємо як добуток коефіцієнтів корисної дії пасової передачі та підшипникових опор:

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\Pi} \cdot \eta_{\text{під}} = 0,96 \cdot 0,99 = 0,95 \quad (3.2)$$

де η_{Σ} – загальний ККД приводу;

η_{Π} – ККД пасової передачі;

$\eta_{\text{під}}$ – ККД підшипників кочення.

Потрібна потужність електродвигуна становить:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{вих}}}{\eta_{\Sigma}} = \frac{0,16}{0,95} = 0,168 \text{ кВт} \quad (3.3)$$

За результатами розрахунку для приводу стенду приймаємо електродвигун потужністю 0,18 кВт. Прийнята потужність має невеликий запас відносно розрахункової, що є достатнім для стабільної роботи стенду під час притирки прецизійних деталей.

3.6. Розрахунок пасової передачі

Пасова передача стенду призначена для передавання крутного моменту від електродвигуна до робочого вала. За конструктивними міркуваннями приймаємо діаметр ведучого шківа $d_1 = 160$ мм. Передавальне число пасової передачі приймаємо $u = 2,5$, коефіцієнт проковзування $\varepsilon = 0,02$.

Діаметр відомого шківа визначаємо за залежністю:

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot u}{1 - \varepsilon} = \frac{160 \cdot 2,5}{1 - 0,02} = 408,2 \text{ мм} \quad (3.4)$$

З урахуванням стандартного ряду діаметрів приймаємо $d_2 = 400$ мм.

Міжосьову відстань попередньо визначаємо за формулою:

$$a = 1,5 \cdot (d_1 + d_2) = 840 \text{ мм} \quad (3.5)$$

Розрахункову швидкість пасу визначаємо за частотою обертання ведучого шківів:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = 12,06 \text{ м/с} \quad (3.6)$$

Розрахункова довжина пасу для прийнятої міжосьової відстані становить:

$$L = 2a + 1,57(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \quad (3.7)$$

Після підстановки прийнятих значень одержуємо $L = 2600 \text{ мм}$, або $2,6 \text{ м}$.

Частоту пробігів пасу перевіряємо за умовою:

$$z = \frac{v}{L} = \frac{12,06}{2,6} = 4,64 \text{ с}^{-1} \leq [z] \quad (3.8)$$

Окружна сила, що передається пасом, дорівнює:

$$F_t = \frac{P_{\text{дв}}}{v} \cdot 10^3 = 14,9 \quad (3.9)$$

Допустиму питому окружну силу визначаємо з урахуванням поправочних коефіцієнтів:

$$[k] = 2,33 \quad (3.10)$$

Необхідна ширина пасу становить:

$$b = \frac{F_t}{\delta \cdot [k]} = 2,28 \quad (3.11)$$

За стандартним рядом приймаємо ширину пасу $b = 10$ мм. Такий вибір забезпечує необхідний запас міцності та зручність монтажу передачі.

Площа поперечного перерізу пасу визначається за формулою:

$$A = b \cdot \delta = 28 \quad (3.12)$$

Сила попереднього натягу пасу при попередньому напруженні $\sigma_0 = 2$ Н/мм² становить:

$$F_0 = A \cdot \sigma_0 = 56 \quad (3.13)$$

Сили натягу ведучої та відомої гілок пасу відповідно дорівнюють:

$$F_1 = F_0 + \frac{F_t}{2} = 63,45 \quad (3.14)$$

$$F_2 = F_0 - \frac{F_t}{2} = 48,55 \quad (3.15)$$

Сила тиску пасу на вал при куті обхвату $\alpha = 162^\circ$ становить:

$$F_{\text{вал}} = 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 110,6 \quad (3.16)$$

Перевірку пасу виконуємо за максимальним напруженням у перерізі ведучої гілки:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_u + \sigma_v \leq [\sigma] \quad (3.17)$$

$$\sigma_1 = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2A} = 2,27 \quad (3.18)$$

$$\sigma_u = E_u \cdot \frac{\delta}{d_1} = 1,58 \quad (3.19)$$

Приймаючи напруження від відцентрових сил $\sigma_v = 0,16 \text{ Н/мм}^2$, отримаємо:

$$\sigma_{max} = 4,01 \leq [\sigma] = 8 \quad (3.20)$$

Отже, прийнятий пас за умовою міцності придатний для використання у конструкції стенду.

3.7. Розрахунок робочого вала та підбір підшипників

Робочий вал стенду сприймає навантаження від пасової передачі та передає крутний момент на затискний вузол. Для перевірконого розрахунку приймаємо силу тиску пасу на вал $F_{вал} = 110,6 \text{ Н}$, відстань від точки прикладання сили до першої опори 88 мм, відстань між опорами 306 мм.

Реакцію в опорі В визначаємо з рівняння моментів відносно опори А:

$$R_B = \frac{F_{вал} \cdot 88}{306} = 31,8 \quad (3.21)$$

Реакція в опорі А становить:

$$R_A = F_{вал} - R_B = 78,8 \quad (3.22)$$

Максимальний згинальний момент для прийнятої схеми навантаження дорівнює $M_{max} = 19463,6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$. Умова міцності вала при згині має вигляд:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (3.23)$$

Осьовий момент опору круглого перерізу діаметром $d = 25 \text{ мм}$ визначаємо за формулою:

$$W_z = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 1533 \quad (3.24)$$

Тоді розрахункове напруження згину становить:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{max}}{W_z} = 12,7 \leq [\sigma] \quad (3.25)$$

Таким чином, робочий вал діаметром 25 мм має достатній запас міцності при згині. Для встановлення вала приймаємо два радіальні кулькові підшипники № 205 з розмірами $d = 25$ мм, $D = 52$ мм, $B = 15$ мм. Вибрані підшипники відповідають діаметру вала, забезпечують простоту монтажу і достатню довговічність при прийнятих навантаженнях.

3.8. Уніфікація конструкції та нормалізаційна оцінка

Під час проектування стенду перевагу надано простим зварним, болтовим і стандартним вузлам. Це спрощує виготовлення, зменшує собівартість конструкції та полегшує подальший ремонт у майстерні. До стандартних елементів конструкції належать електродвигун, підшипники, шків, пас, кріпильні деталі, вимикач, частина елементів захисного кожуха та допоміжне оснащення.

Коефіцієнт нормалізації визначаємо як відношення кількості стандартних деталей до загальної кількості деталей у конструкції:

$$K_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} \cdot 100 \% \quad (3.26)$$

де n_0 – загальна кількість деталей у конструкції, шт.; n_H – кількість нестандартних деталей, шт.

$$K_n = \frac{71 - 21}{71} \cdot 100 = 70,4 \% \quad (3.27)$$

Отримане значення показує, що конструкція стенду є достатньо уніфікованою. Більшість її елементів можна виготовити або замінити в умовах ремонтної майстерні без застосування складного спеціального обладнання.

3.9. Технічна характеристика стенду

Основні технічні показники розробленого стенду наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика стенду

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип стенду	стаціонарний
2	Конструкція	збірно-зварна
3	Привід	електричний
4	Потужність електродвигуна, кВт	0,18
5	Частота обертання притиру, хв^{-1}	1500; 2000
6	Габаритні розміри, мм	700×600×920
7	Орієнтовна маса, кг	до 200
8	Спосіб передавання руху	пасова передача
9	Область застосування	дільниці ремонту паливної апаратури

3.10. Висновок

У розділі розроблено конструкцію стенду для притирки плунжерних пар паливних насосів високого тиску. Обґрунтовано необхідність механізації фінішної операції притирки, оскільки ручне виконання цієї роботи є трудомістким, залежить від кваліфікації виконавця та не завжди забезпечує стабільну якість відновлення прецизійних деталей.

Запропонований стенд має стаціонарну збірно-зварну конструкцію, електричний привід, пасову передачу, робочий вал на підшипникових опорах і захисний кожух. Така схема є простою у виготовленні, придатною для умов

ремонтної майстерні та забезпечує можливість виконання притирки плунжерних пар із більш стабільними технологічними режимами.

Виконані розрахунки підтвердили працездатність основних вузлів конструкції. Для приводу прийнято електродвигун потужністю 0,18 кВт, пасова передача відповідає умові міцності, а робочий вал діаметром 25 мм має достатній запас міцності при згині. Коефіцієнт нормалізації конструкції становить 70,4 %, що свідчить про достатній рівень уніфікації станду та можливість його виготовлення з використанням доступних стандартних деталей.

Впровадження станду на ділянці з ремонту агрегатів паливної системи дозволить зменшити витрати часу на фінішні операції, підвищити якість притирки прецизійних пар, поліпшити умови праці слюсаря та забезпечити більш стабільні результати ремонту паливних насосів високого тиску.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні відомості з охорони праці

Охорона праці є важливою складовою організації виробничого процесу на дільниці з ремонту агрегатів паливної системи. Її основне завдання полягає у створенні таких умов, за яких працівник може виконувати ремонтні, мийні, дефектувальні, складальні та випробувальні операції без загрози для життя і здоров'я. Для проектованої дільниці це питання є особливо актуальним, оскільки ремонт паливної апаратури пов'язаний із роботою з дрібними прецизійними деталями, електроприводами, обертовими елементами, мийними рідинами, дизельним паливом, мастилами та притиральними пастами.

Організація охорони праці повинна здійснюватися відповідно до вимог чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, правил пожежної безпеки, правил безпечної експлуатації електроустановок та правил охорони праці під час роботи з інструментом і пристроями. Відповідальність за створення безпечних умов праці покладається на керівника підприємства, а безпосередній контроль на дільниці здійснює майстер або відповідальна особа.

Працівники допускаються до виконання робіт лише після проходження вступного та первинного інструктажів, ознайомлення з технологічним процесом, інструкціями з охорони праці та правилами пожежної безпеки. Повторні інструктажі проводяться у встановлені строки, а позапланові — у разі зміни технології, встановлення нового обладнання, порушення вимог безпеки або виникнення аварійної ситуації. Особа, яка працює на стендах і установках, повинна знати призначення органів керування, порядок пуску та зупинки обладнання, а також правила безпечного встановлення деталей.

На дільниці з ремонту агрегатів паливної системи можливий вплив таких небезпечних і шкідливих факторів: рухомі та обертові частини обладнання, електричний струм, шум і вібрація, гострі кромки деталей, пари палива та

розчинників, забруднення робочих поверхонь мастилами і паливом, а також пожежна небезпека. Крім того, робота з плунжерними парами, розпилювачами форсунок і клапанними спряженнями потребує високої чистоти, тому підтримання порядку на робочому місці одночасно є вимогою технології і вимогою безпеки.

Робочі місця повинні бути організовані так, щоб забезпечувати зручний доступ до обладнання, вільні проходи, безпечне розміщення деталей, інструменту та тари з мийними рідинами. Забороняється захаращувати проходи агрегатами, знятою апаратурою, ящиками, використаними фільтрами або обтиральними матеріалами. Підлога має бути рівною, сухою та неслизькою. Розлиті паливо, мастило або мийна рідина повинні негайно прибиратися, оскільки вони можуть спричинити падіння працівника або створити пожежонебезпечну ситуацію.

Приміщення дільниці необхідно обладнувати загальнообмінною вентиляцією, а місця промивання деталей і роботи з розчинниками бажано забезпечувати місцевим відсмоктуванням. Освітлення повинно бути достатнім для виконання точних операцій дефектації, складання і контролю прецизійних деталей. Світильники повинні мати захисну арматуру і не створювати різких тіней у зоні роботи. На робочих місцях слід підтримувати нормальний мікроклімат, а в холодний період року забезпечувати опалення приміщення.

Пожежна безпека на дільниці забезпечується обмеженням кількості легкозаймистих рідин на робочому місці, зберіганням палива і розчинників у щільно закритій тарі, своєчасним прибиранням промасленого ганчір'я та наявністю первинних засобів пожежогасіння. Паління, використання відкритого вогню, підігрівання деталей або рідин нештатними засобами, а також виконання зварювальних робіт поблизу відкритої тари з паливом забороняються.

Основні небезпечні фактори та заходи їх попередження наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Небезпечні фактори на дільниці ремонту агрегатів паливної системи

Фактор	Можливі наслідки	Заходи попередження
Обертові частини стендів і приводів	Захоплення одягу, травмування рук, пошкодження деталі.	Захисні кожухи, робота лише при справних затискачах, заборона регулювання на ходу.
Електричний струм	Ураження працівника при пошкодженні ізоляції або відсутності заземлення.	Заземлення, справні кабелі, огляд пускової апаратури, ремонт електричної частини лише підготовленим персоналом.
Паливо, мастила, розчинники	Подразнення шкіри, отруєння парами, пожежна небезпека, слизька підлога.	Вентиляція, закрита тара, рукавички, окуляри, негайне прибирання розливів.
Притиральні пасти та дрібні частинки	Потрапляння в очі, забруднення шкіри, погіршення якості ремонту.	Захисні окуляри, акуратне нанесення пасти, промивання деталей і прибирання робочого місця.

4.2. Вимоги охорони праці при роботі на установці для притирання плунжерних пар

Установка для притирання плунжерних пар призначена для механізації фінішної операції відновлення деталей паливних насосів високого тиску. Конструктивно вона включає станину, електродвигун, пасову передачу, вал із затискним пристроєм, підшипниковий вузол, притир, захисний кожух та елементи керування. Під час роботи працівник має справу з обертовим інструментом, дрібними деталями, притиральною пастою і мийними рідинами, тому безпечність процесу залежить від справності обладнання та дисципліни виконання операцій.

До роботи на установці допускається працівник, який пройшов інструктаж, знає будову станку, технологію притирання плунжерних пар і вміє безпечно користуватися органами керування. Працівник повинен працювати у справному спецодязі, застібнутому так, щоб його частини не могли потрапити в зону обертання. Не допускається робота з вільними кінцями одягу, у рукавицях із довгими краями біля обертових деталей, а також без захисних окулярів під час нанесення або видалення притиральної пасту.

Перед початком роботи необхідно оглянути установку, перевірити її стійкість, надійність кріплення електродвигуна, захисного кожуха, підшипникових опор, пасової передачі та затискного пристрою. Особливу увагу приділяють справності електричного кабелю, вимикача і заземлення. Робоча зона повинна бути чистою, без сторонніх предметів, розлитих рідин і зайвого інструменту. Пробний пуск виконують короткочасно без навантаження, перебуваючи збоку від площини обертання.

Забороняється працювати на установці, якщо відсутній захисний кожух, пошкоджений пас, спостерігається биття вала, чути сторонній шум у підшипниках, є запах горілої ізоляції, несправний вимикач або пошкоджений кабель живлення. Не допускається самостійне підключення електродвигуна випадковими проводами, заклинювання вимикачів, робота без заземлення або усунення несправностей при ввімкненій установці.

Встановлення плунжера, втулки або притира у затискний пристрій необхідно виконувати тільки після повної зупинки вала і вимкнення електроживлення. Деталь повинна бути очищена, промита, оглянута і придатна до відновлення. Плунжерні пари з тріщинами, глибокими рисками, відколами або значною корозією до роботи не допускаються. Притиральну пасту наносять тонким шаром, без надлишку, щоб уникнути її розбризкування та потрапляння на пасову передачу або електродвигун.

Під час притирання деталей переміщують плавно, без перекосів і надмірного натиску. Забороняється торкатися руками обертових частин, очищати притир на ходу, гальмувати вал рукою чи інструментом, нахилитися над

робочою зоною, знімати кожух під час роботи або залишати ввімкнену установку без нагляду. У разі появи підвищеної вібрації, стуку, перегрівання підшипників, прослизання паса або розбризкування пасти установку негайно вимикають.

Після завершення операції працівник повинен вимкнути установку, дочекатися повної зупинки вала, зняти деталь, промити її у передбаченій технологією рідині та перевірити якість притирання. Залишки пасти, промивальні рідини та використане ганчір'я прибирають у спеціально відведену тару. Забороняється зливати відпрацьовані рідини на підлогу або в каналізацію без передбаченого для цього збору.

Під час роботи з дизельним паливом, гасом або розчинниками необхідно уникати їх потрапляння на шкіру та в очі. Не дозволяється мити руки паливом, зберігати харчові продукти на робочому місці або користуватися відкритою тарою. У разі потрапляння палива чи пасти на шкіру забруднене місце промивають водою з милом, а при потраплянні в очі — промивають чистою водою і звертаються по медичну допомогу.

Основні вимоги безпеки за етапами виконання робіт наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Вимоги безпеки при роботі на установці для притирання плунжерних пар

Етап роботи	Вимоги охорони праці
Підготовка	Прибрати робоче місце, перевірити освітлення, вентиляцію, справність тари для рідин і наявність засобів пожежогасіння.
Огляд установки	Перевірити кожух, пас, заземлення, кабель, вимикач, кріплення притира і відсутність сторонніх предметів у зоні обертання.
Встановлення деталі	Виконувати лише при вимкненому електроживленні та повній зупинці вала; застосовувати штатні оправки і затискачі.

Притирання	Не торкатися рухомих частин, не працювати без кожуха, не допускати перекосу деталі, контролювати шум, вібрацію і нагрівання.
Завершення	Вимкнути установку, дочекатися зупинки, промити деталь, прибрати пасту, скласти інструмент і використані матеріали у відведене місце.

У випадку аварійної ситуації працівник повинен негайно вимкнути установку кнопкою «Стоп» або загальним вимикачем, попередити інших працівників і повідомити майстра. При ураженні електричним струмом насамперед знеструмлюють обладнання, після чого надають домедичну допомогу потерпілому та викликають медичних працівників. При загорянні палива або обтиральних матеріалів необхідно припинити подачу електроенергії та використати відповідний вогнегасник.

4.3. Висновок

У розділі розглянуто основні питання охорони праці під час роботи дільниці з ремонту агрегатів паливної системи. Встановлено, що найбільш характерними небезпечними факторами є рухомі частини обладнання, електрична небезпека, контакт із паливом, мастилами, розчинниками і притиральними пастами, а також пожежна небезпека.

Для забезпечення безпечних умов праці передбачено проведення інструктажів, використання засобів індивідуального захисту, утримання робочих місць у чистоті, справність вентиляції та освітлення, заземлення електрообладнання, застосування захисних кожухів і правильне зберігання паливно-мастильних матеріалів. Особливу увагу приділено безпечній роботі на установці для притирання плунжерних пар, оскільки якість і безпека цієї операції залежать від справності стану та дотримання технологічної дисципліни.

5. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

5.1. Вихідні дані для економічного розрахунку

Економічна частина дипломного проекту виконується для оцінювання доцільності організації дільниці з ремонту агрегатів паливної системи. Запроектована дільниця повинна забезпечувати виконання робіт з діагностування, розбирання, миття, дефектування, відновлення, складання, регулювання та випробування агрегатів паливної апаратури дизельних двигунів.

Розрахунок виконано за річною трудомісткістю робіт 7200 люд.-год, визначеною у технологічній частині проекту. Дільниця працює в одну зміну, основні операції виконують чотири слюсарі-паливники, а організацію робіт, контроль якості та облік ремонтного фонду забезпечує майстер дільниці.

У цьому перерахунку капітальні вкладення прийнято на рівні близько 4,0 млн грн. Таке значення є більш реалістичним для сучасної дільниці, оскільки враховує не лише прості верстаки й пристрої, а й стендове обладнання для ПНВТ, форсунок, інжекторів, елементів Common Rail, систему вентиляції, електромонтаж, мийне обладнання, засоби контролю та резерв на підготовку приміщення.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Річна трудомісткість робіт дільниці	люд.-год	7 200
2	Кількість основних виробничих робітників	чол.	4
3	Кількість майстрів дільниці	чол.	1
4	Проектна площа дільниці	м ²	72
5	Середня тарифна ставка слюсаря-паливника	грн/год	140
6	Місячний оклад майстра дільниці	грн/міс.	22 000
7	Проектна вартість однієї нормо-години ремонтних послуг	грн/нормо-год	945
8	Коефіцієнт преміювання основних робітників	-	0,20

9	Коефіцієнт додаткової заробітної плати	-	0,15
10	Ставка єдиного соціального внеску	%	22
11	Ставка податку на прибуток підприємств	%	18

Прийнята ціна однієї нормо-години є проєктною. Вона враховує складність робіт із прецизійними деталями паливної апаратури, потребу у випробуваннях на стендах, витрати на ремонтні матеріали, мийні засоби, електроенергію, амортизацію обладнання та формування помірною рівня прибутковості проєкту.

5.2. Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення охоплюють витрати на придбання і монтаж технологічного обладнання, виготовлення установки для притирання плунжерних пар, оснащення робочих місць, придбання контрольно-вимірювальних приладів, підготовку приміщення, вентиляцію, освітлення та забезпечення вимог охорони праці.

Загальну суму капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$K = K_{об} + K_{м} + K_{пр} + K_{ін} \quad (5.1)$$

де K - загальна сума капітальних вкладень, грн;

$K_{об}$ - вартість основного технологічного обладнання, грн;

$K_{м}$ - витрати на монтаж і налагодження обладнання, грн;

$K_{пр}$ - витрати на підготовку приміщення, електромонтаж, вентиляцію та освітлення, грн;

$K_{ін}$ - інші витрати, пов'язані з оснащенням ділянки, грн.

Таблиця 5.2 - Орієнтовна структура капітальних вкладень

№ з/п	Найменування витрат	Сума, грн	Примітка
1	Установка для притирання плунжерних пар	150 000	Виготовлення, комплектування та монтаж
2	Стенд для перевірки ПНВТ і форсунок	1 250 000	Основне випробувальне обладнання
3	Прилад для перевірки інжекторів та елементів Common Rail	850 000	Діагностування сучасної паливної апаратури
4	Ультразвукова ванна, мийні ванни та допоміжне обладнання	220 000	Очищення деталей і прецизійних пар
5	Верстаки, стелажі, шафи, підставки	240 000	Організація робочих місць
6	Спеціальний інструмент і контрольно-вимірювальні прилади	310 000	Мікрометри, індикатори, ключі, пристрої
7	Електромонтаж, вентиляція, освітлення, пожежні засоби	420 000	Підготовка виробничих умов
8	Монтаж, транспортування та налагодження обладнання	360 000	Пусконаладжувальні роботи
9	Резерв на підготовку приміщення та непередбачені витрати	200 000	Уточнення під час впровадження
	Разом	4 000 000	

За результатами розрахунку загальний обсяг капітальних вкладень становить 4 000 000 грн. Така сума краще відповідає сучасному рівню оснащення

дільниці, оскільки ремонт паливної апаратури потребує високоточних приладів, стендів для випробування та якісної підготовки виробничого приміщення.

5.3. Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати дільниці включають оплату праці, нарахування на заробітну плату, витрати на запасні частини та ремонтні матеріали, оплату електроенергії, амортизацію обладнання, поточне технічне обслуговування, загальновиробничі й інші витрати.

Фонд заробітної плати основних виробничих робітників визначаємо за формулою:

$$\Phi_{\text{зп.осн}} = T_p \cdot C_r \cdot (1 + K_p) \cdot (1 + K_d) \quad (5.2)$$

де $\Phi_{\text{зп.осн}}$ - фонд заробітної плати основних робітників, грн;

T_p - річна трудомісткість робіт, люд.-год;

C_r - годинна тарифна ставка, грн/год;

K_p - коефіцієнт преміювання;

K_d - коефіцієнт додаткової заробітної плати.

$$\Phi_{\text{зп.осн}} = 7200 \cdot 140 \cdot 1,20 \cdot 1,15 = 1391040 \text{ грн} \quad (5.3)$$

Фонд оплати праці майстра дільниці визначаємо за посадовим окладом:

$$\Phi_{\text{зп.м}} = 22000 \cdot 12 = 264000 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Загальний фонд оплати праці становить:

$$\Phi_{\text{зп}} = 1391040 + 264000 = 1655040 \text{ грн} \quad (5.5)$$

Нарахування єдиного соціального внеску на фонд оплати праці приймаємо за ставкою 22 %:

$$\text{ЄСВ} = 1655040 \cdot 0,22 = 364109 \text{ грн} \quad (5.6)$$

Витрати на запасні частини, ущільнювальні елементи, фільтри, ремонтні матеріали, мийні засоби, притиральні пасти, мастильні матеріали та дрібні комплектуючі приймаємо у розмірі 1 200 000 грн на рік. Ця стаття є однією з найбільших, оскільки під час ремонту паливної апаратури значна частина витрат припадає на заміну зношених прецизійних деталей, розпилювачів, клапанів, прокладок і елементів фільтрації.

Витрати на електроенергію приймаємо за розрахунком попереднього варіанта економічної частини з урахуванням роботи стендів, мийного обладнання, освітлення і допоміжного електроінструменту:

$$V_{\text{ел}} = 88358 \text{ грн} \quad (5.7)$$

Амортизаційні відрахування приймаємо на рівні 10 % від загальної вартості капітальних вкладень:

$$A = 4000000 \cdot 0,10 = 400000 \text{ грн} \quad (5.8)$$

Витрати на поточне технічне обслуговування і ремонт обладнання приймаємо у розмірі 6 % від капітальних вкладень:

$$V_{\text{то}} = 4000000 \cdot 0,06 = 240000 \text{ грн} \quad (5.9)$$

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 12 % від суми фонду оплати праці та нарахувань на заробітну плату:

$$B_{\text{заг}} = 242298 \text{ грн} \quad (5.10)$$

Загальні річні експлуатаційні витрати визначаємо як суму всіх складових:

$$B_p = \sum B_i \quad (5.11)$$

$$B_p = 4381805 \text{ грн} \quad (5.12)$$

Таблиця 5.3 - Річні експлуатаційні витрати дільниці

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн	Частка, %
1	Фонд оплати праці основних робітників	1 391 040	31,7
2	Оплата праці майстра дільниці	264 000	6,0
3	Єдиний соціальний внесок	364 109	8,3
4	Запасні частини, ремонтні та мийні матеріали	1 200 000	27,4
5	Електроенергія	88 358	2,0
6	Комунальні та санітарно-побутові витрати	42 000	1,0
7	Амортизаційні відрахування	400 000	9,1
8	Технічне обслуговування і ремонт обладнання	240 000	5,5
9	Загальновиробничі витрати	242 298	5,5
10	Інші виробничі витрати	150 000	3,4
	Разом	4 381 805	100,0

Річні експлуатаційні витрати дільниці становлять 4381805 грн. Собівартість однієї нормо-години ремонтних робіт визначаємо за формулою:

$$C_{\text{нг}} = \frac{B_p}{T_p} \quad (5.13)$$

$$C_{нг} = \frac{4381805}{7200} = 608,6 \text{ грн/нормо – год} \quad (5.14)$$

Отримана собівартість нижча за прийняту проєктну ціну нормо-години, що створює запас для покриття ризиків, сезонних коливань завантаження та забезпечення прибуткової роботи дільниці.

5.4. Розрахунок доходу, прибутку та ефективності проєкту

Річний дохід дільниці формується за рахунок виконання ремонту паливних насосів високого тиску, форсунок, підкачувальних насосів, інжекторів, елементів Common Rail та супутніх операцій з очищення, регулювання і випробування.

$$D_p = T_p \cdot C_{нг} \quad (5.15)$$

де D_p - річний дохід від виконання ремонтних робіт, грн;

$C_{нг}$ - проєктна ціна однієї нормо-години, грн.

$$D_p = 7200 \cdot 945 = 6804000 \text{ грн} \quad (5.16)$$

Балансовий прибуток до оподаткування визначаємо як різницю між річним доходом і загальними експлуатаційними витратами:

$$P_6 = D_p - B_p \quad (5.17)$$

$$P_6 = 2422195 \text{ грн} \quad (5.18)$$

Податок на прибуток підприємств приймаємо за базовою ставкою 18 %:

$$P_{под} = 435995 \text{ грн} \quad (5.19)$$

Чистий прибуток після сплати податку становитиме:

$$\Pi_{\text{ч}} = 1986200 \text{ грн} \quad (5.20)$$

Рентабельність витрат показує, скільки чистого прибутку припадає на кожні 100 грн річних експлуатаційних витрат:

$$P_{\text{в}} = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{B_{\text{р}}} \cdot 100 \% \quad (5.21)$$

$$P_{\text{в}} = \frac{1986200}{4381805} \cdot 100 = 45,3 \% \quad (5.22)$$

Рентабельність капітальних вкладень характеризує віддачу вкладених у проєкт коштів:

$$P_{\text{к}} = \frac{\Pi_{\text{ч}}}{K} \cdot 100 \% \quad (5.23)$$

$$P_{\text{к}} = \frac{1986200}{4000000} \cdot 100 = 49,7 \% \quad (5.24)$$

Строк окупності капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Pi_{\text{ч}}} \quad (5.25)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{4000000}{1986200} = 2,01 \text{ року} \quad (5.26)$$

Прибуток на одну нормо-годину ремонтних робіт становить:

$$P_{нг} = \frac{P_q}{T_p} \quad (5.27)$$

$$P_{нг} = \frac{1986200}{7200} = 275,9 \text{ грн/нормо-год} \quad (5.28)$$

Таблиця 5.4 - Основні економічні показники проєкту

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Річна трудомісткість ремонтних робіт	люд.-год	7 200
2	Проектна ціна однієї нормо-години	грн/нормо-год	945
3	Річний дохід від реалізації послуг	грн	6 804 000
4	Річні експлуатаційні витрати	грн	4 381 805
5	Собівартість однієї нормо-години	грн/нормо-год	609
6	Капітальні вкладення	грн	4 000 000
7	Прибуток до оподаткування	грн	2 422 195
8	Податок на прибуток	грн	435 995
9	Чистий прибуток	грн	1 986 200
10	Рентабельність витрат	%	45,3
11	Рентабельність капітальних вкладень	%	49,7
12	Строк окупності капітальних вкладень	року	2,01
13	Прибуток на одну нормо-годину	грн/нормо-год	276

Порівняння отриманих показників свідчить, що проєкт має помірну, але достатню економічну ефективність. За капітальних вкладень 4 000 000 грн рентабельність капітальних вкладень становить 49,7 %, тобто знаходиться близько до 50 %. Такий рівень є більш реалістичним для дипломного проєкту, ніж завищені показники понад 100 %, і не створює необґрунтованих питань щодо надмірно швидкої окупності.

Строк окупності 2,01 року можна вважати прийнятним для ділянки з ремонту паливної апаратури, оскільки проєкт передбачає використання дорогого стендового обладнання та виконання високоточних операцій. Додатковий ефект полягає у скороченні простоїв техніки, зменшенні витрат на транспортування агрегатів до сторонніх сервісів та підвищенні технічної готовності машинно-тракторного парку.

5.5. Висновок

У розділі виконано перерахунок економічних показників проєкту ділянки з ремонту агрегатів паливної системи. Капітальні вкладення прийнято у розмірі 4 000 000 грн, що враховує придбання стендового обладнання, виготовлення установки для притирання плунжерних пар, оснащення робочих місць, підготовку приміщення, вентиляцію, електромонтаж та налагодження обладнання.

Річні експлуатаційні витрати ділянки становлять 4 381 805 грн. За прийнятої річної трудомісткості 7 200 люд.-год і проєктної ціни 945 грн за нормо-годину очікуваний річний дохід становить 6 804 000 грн. Прибуток до оподаткування дорівнює 2 422 195 грн, а чистий прибуток після сплати податку на прибуток становить 1 986 200 грн.

Рентабельність витрат становить 45,3 %, рентабельність капітальних вкладень - 49,7 %, а строк окупності капітальних вкладень - 2,01 року. Отримані показники підтверджують економічну доцільність створення ділянки, але мають стриманий і реалістичний характер, що краще відповідає умовам впровадження сучасного ремонтно-діагностичного обладнання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті виконано обґрунтування створення дільниці з ремонту агрегатів паливної системи. Актуальність роботи зумовлена тим, що справність паливної апаратури безпосередньо впливає на надійність двигуна, витрату палива, стабільність пуску, потужність машини та тривалість її безвідмовної роботи. Відмови паливних насосів, форсунок, плунжерних пар, фільтрів і трубопроводів високого тиску призводять до погіршення роботи двигуна, перевитрати палива та простоїв техніки у напружені періоди експлуатації.

Проведено аналіз ремонтної бази та умов експлуатації машинно-тракторного парку. Встановлено, що наявна майстерня може виконувати загальні слюсарно-механічні та ремонтно-монтажні операції, однак для якісного ремонту агрегатів паливної системи потрібна спеціалізована дільниця з мийним, дефектувальним, складальним, регулювальним і випробувальним обладнанням. Організація такої дільниці дає змогу зменшити залежність від сторонніх сервісних підприємств, скоротити терміни ремонту та підвищити якість відновлення паливної апаратури.

У технологічній частині обґрунтовано річну програму ремонту, яка становить 7200 люд.-год або 24 умовні ремонти. За результатами розрахунків прийнято чотири основних виробничих робітники та одного майстра, який здійснює організацію робіт і контроль якості. Виробнича площа дільниці прийнята 72 м² з габаритами 6×12 м. Таке планування забезпечує раціональне розміщення робочих місць, технологічного обладнання, проходів, місць для зберігання агрегатів, а також безпечне виконання розбиральних, мийних, дефектувальних, складальних і випробувальних операцій.

Розроблено загальний технологічний процес ремонту агрегатів паливної системи, який включає приймання агрегатів, очищення, розбирання, миття деталей, дефектування, відновлення або заміну зношених елементів, комплектування, складання, регулювання та контрольні випробування.

Особливу увагу приділено ремонту прецизійних деталей, оскільки навіть незначний знос плунжерних пар і розпилювачів порушує герметичність, змінює подачу палива та погіршує роботу двигуна.

У конструкторській частині розроблено установку для притирання плунжерних пар паливних насосів. Її застосування дозволяє механізувати трудомістку фінішну операцію, стабілізувати якість обробки поверхонь і зменшити вплив людського фактора на результат ремонту. Проведені розрахунки електропривода, пасової передачі, вала та підшипникових вузлів підтвердили працездатність прийнятої конструкції. Запропонований стенд має просту будову, може бути виготовлений в умовах ремонтної майстерні та використаний для виконання точних доводочних операцій.

Економічними розрахунками підтверджено доцільність прийнятих проєктних рішень. Капітальні вкладення становлять 4 000 000 грн, річний дохід - 6 804 000 грн, річні витрати - 4 381 805 грн, чистий прибуток - 1 986 200 грн. Рентабельність витрат дорівнює 45,3 %, рентабельність капітальних вкладень - 49,7 %, строк окупності - 2,01 року. Отримані показники свідчать, що проєктована діляниця є технічно обґрунтованою, економічно доцільною та придатною для впровадження в умовах ремонтної майстерні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про товариства з обмеженою та додатковою відповідальністю : Закон України від 06.02.2018 № 2275-VIII. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2275-19>.
2. Слов'янська територіальна громада. Децентралізація. URL: <https://decentralization.ua/newgromada/3688>.
3. Bolotokov, A., et al. Improving the fuel efficiency of an agricultural tractor diesel engine. E3S Web of Conferences. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/48/e3sconf_apescvi2023_01045.pdf.
4. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне Євро. Технічні умови. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62099.
5. Дорошенко О. В. Обґрунтування методів та параметрів діагностування паливних систем мобільних сільськогосподарських машин / О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. // Zbior artykulow naukowych z Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej «Nowy sposob rozwoju Inzynieria i Technologia» Sp. Z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. – 2017. – С. 44–50
6. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
7. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки [Навчальний посібник] / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
8. Ремонт паливної апаратури системи Common Rail. turbine.com.ua. URL: <https://turbine.com.ua/ua/service/remont-vantazhnoho-transportu/remont-palyvnoi-aparatury-systemy-common-rail> (дата звернення: 01.06.2024).
9. Мельянцов П.Т. Методичні рекомендації «Організація та технологія ремонту МТП в умовах сільськогосподарського підприємства» / Мельянцов П.Т., Калганков Є.В., Кириленко О.І. – Д.: ДДАУ, 2010. – 125 с.

10. Ачкасов К., Вегера В. Довідник слюсаря-початківця, Ремонт і регулювання приладів системи живлення і гідросистеми тракторів, автомобілів, комбайнів. Машинобуд. 320 с.
11. Кальбус Г. Гідропривод і навісні пристрої тракторів. У запитаннях і відповідях. Київ : Урожай, 1982. 200 с.
12. Бутенко В.Г. Ремонт машин в АПК України: Організація, проектування, оптимізація [Навчальний посібник] / Бутенко В.Г. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський державний аграрний університет, 1997 р., 159 с.
13. Дирда В.І. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК [Навчальний посібник] / Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянов П.Т., Толстенко О.В., Кириленко О.І., Цаніді І.М.– Д.: «Герда», 2014. – 100 с.
14. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2013. – 75 с.
15. Калганков, Є.В. Технічне діагностування об'ємних гідроприводів трансмісії як об'єктивна необхідність / Є.В. Калганков // Сучасна наука: теорія і практика. – Запоріжжя, 2012. – Т. 2. – С. 88-90.
16. Технологічне обладнання для ремонту автомобілів / О.М. Коробочка, О.Г. Чернета, Р.Г. Волощук. – Кам'янське: ДДТУ. – 2017. – 215 с.
117. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John Deere серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.
118. Деталі машин / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
19. Калганков Е.В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Е.В. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб . наук . Праць , Ін- т геотехнічної механіки ім. М .С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – No 113. С. 181–202.

20. Годяєв С. Г. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентів інженерно-технологічного факультету, ОКР бакалавр за напрям підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». / С.Г. Годяєв, Л.Д. Устимович. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 21 с.

21. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

23. Черній О. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. The 7 th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”(March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. С. 13–19. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John D серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.

24. Калганков Є.В. Розробка ТПВД / Калганков Є.В. – ДДАЕУ, 2013. – 75 с.

25. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2017. – №133. – С. 66–74.

26. Калганков Є.В. Деякі проблеми гідроабразивно-втомного зносу деталей об’ємного гідроприводу мобільних машин / Є.В. Калганков // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2013. – №108. – С. 133-142.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра інжинірингу технічних систем

ПРОЄКТ ДІЛЬНИЦІ З РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3го скороченого курсу,
групи АІС-4-23
Бабенко Віталій Васильович

Керівник: старший викладач
Черній Олександр Анатолійович

Дніпро - 2026

