



## АНОТАЦІЯ

**Свистун Віталій Вікторович** «Проект дільниці по ТО і ремонту паливної апаратури дизельних двигунів сільськогосподарської техніки в умовах ТОВ «Хлібодар» Сумської області.»

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра з агроінженерії за освітньою програмою «Агроінженерія» зі спеціальності 208 Агроінженерія. Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

У кваліфікаційній роботі досліджено організацію спеціалізованої дільниці для технічного обслуговування та ремонту паливної апаратури дизельних двигунів в умовах ТОВ «Хлібодар» Сумської області. Актуальність обраної теми визначається потребою в підвищенні надійності, економічності та екологічності експлуатації сільськогосподарської техніки.

Проект містить аналіз виробничої діяльності підприємства, структури технічного забезпечення, а також чинників, що впливають на ефективність ремонту паливної апаратури. Розглянуто поширені несправності паливних насосів високого тиску, форсунок, фільтрів, паливопроводів та регуляторів подачі палива.

В організаційно-технологічній частині обґрунтовано доцільність створення дільниці, наведено планування робочих зон, вибір обладнання та засобів діагностики. Запропоновано технологію ремонту паливної апаратури з урахуванням безпеки та стандартизації операцій.

У конструкторському розділі розроблено пристосування для фіксації форсунки при обробці, яке проходить міцнісний розрахунок. Окрема увага приділяється охороні праці, організації вентиляції, освітлення, а також заходам із зниження професійних ризиків.

У розділі техніко-економічного обґрунтування доведено ефективність запропонованих рішень, зокрема зменшення витрат на сторонній ремонт, зниження простоїв техніки, підвищення строку служби двигунів.

Ключові слова: паливна апаратура, дизельний двигун, форсунка, ремонт, ТНВД, технічне обслуговування, дільниця, діагностика, пристосування.

## ABSTRACT

Svystun Vitaliy Viktorovych "Project of a site for maintenance and repair of fuel equipment of diesel engines of agricultural machinery in the conditions of LLC "Khibodar" of Sumy region."

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in agricultural engineering under the educational program "Agroengineering" in specialty 208 Agroengineering. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification work examines the organization of a specialized site for maintenance and repair of fuel equipment of diesel engines in the conditions of LLC "Khibodar" of Sumy region. The relevance of the chosen topic is determined by the need to increase the reliability, economy and environmental friendliness of the operation of agricultural machinery.

The project contains an analysis of the production activities of the enterprise, the structure of technical support, as well as factors affecting the efficiency of fuel equipment repair. Common malfunctions of high-pressure fuel pumps, injectors, filters, fuel lines and fuel supply regulators are considered.

In the organizational and technological part, the feasibility of creating a site is substantiated, the planning of work areas, the selection of equipment and diagnostic tools are given. The technology for repairing fuel equipment is proposed, taking into account safety and standardization of operations.

In the design section, a device for fixing the nozzle during processing is developed, which undergoes a strength calculation. Special attention is paid to labor protection, the organization of ventilation, lighting, as well as measures to reduce occupational risks.

In the feasibility study section, the effectiveness of the proposed solutions is proven, in particular, reducing the cost of third-party repairs, reducing equipment downtime, increasing the service life of engines.

Keywords: fuel equipment, diesel engine, injector, repair, fuel injection pump, maintenance, site, diagnostics, device.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ХЛБОДАР» .....	10
1.1 Характеристика виробничої бази .....	10
1.2 Результати виробничої діяльності господарства .....	14
1.3 Обґрунтування теми проекту .....	17
1.4 Аналіз технологічного процесу ремонту в господарстві .....	19
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ .....	23
2.1. Складові елементи паливної апаратури дизельних двигунів .....	23
2.2 Основні несправності паливної апаратури .....	26
2.3 Технологія ремонту паливної апаратури .....	34
2.4 Вибір технологічного обладнання для ремонту паливної апаратури ..	38
2.5 Компонування обладнання на ділянці .....	40
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	44
3.1. Конструювання пристосування для закріплення форсунки при ремонті .....	44
3.2 Перевірка спроектованого пристосування на міцність .....	49
3.3 Опис пристрою та принцип роботи пристосування .....	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	54
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ .....	58
ВИСНОВКИ .....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	64
ДОДАТКИ .....	67

факультет  
СНАУ

## ВСТУП

Надійність і ефективність дизельних двигунів є основними факторами, які впливають на успіх експлуатації та економічну життєздатність різних галузей промисловості, включаючи транспорт, виробництво та виробництво електроенергії. Головне для досягнення оптимальних показників — впровадження комплексної системи обслуговування паливної апаратури. Такі системи призначені не просто для ремонту, а й для проактивного обслуговування двигунів шляхом систематичних перевірок, діагностики на основі даних і своєчасного втручання. У цьому есе досліджується, як ефективні системи технічного обслуговування підвищують надійність дизельного двигуна, покращують експлуатаційну ефективність, а також виклики, пов'язані з їх впровадженням, зрештою підкреслюючи їх значення для забезпечення сталої роботи двигуна.

Добре структурована система технічного обслуговування відіграє вирішальну роль у підвищенні надійності дизельних двигунів шляхом мінімізації несподіваних відмов і продовження терміну служби. Регулярне профілактичне технічне обслуговування, включаючи планову заміну масла, фільтрів і перевірку компонентів, значно знижує ймовірність раптових поломок, спричинених недбалістю або непоміченим зносом. Наприклад, раннє виявлення таких проблем, як знос поршневих кілець або засмічення форсунок шляхом систематичних перевірок, дозволяє своєчасно проводити ремонт до того, як ці проблеми переростуть у дорогі поломки. Крім того, ведення детальних записів про технічне обслуговування дозволяє використовувати прогнозу аналітику, використовуючи історичні дані для прогнозування потенційних проблем на основі моделей використання двигуна та умов експлуатації. Цей проактивний підхід гарантує, що технічне обслуговування виконується саме тоді, коли це необхідно, а не покладається на фіксовані інтервали, тим самим зменшуючи час простою та витрати на ремонт. Отже, така система сприяє надійній роботі двигуна, що зводить до мінімуму несподівані збої, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення

продуктивності та зниження витрат на технічне обслуговування.

Крім надійності, надійна система технічного обслуговування значно впливає на ефективність дизельних двигунів, забезпечуючи їх оптимальну роботу. Належне та своєчасне технічне обслуговування гарантує, що процеси згоряння відбуваються в ідеальних умовах, максимізуючи економію палива та вихідну потужність. Наприклад, чисті паливні форсунки та правильно відкалібровані системи впорскування палива сприяють повному згорянню, зменшуючи витрати палива та викиди. І навпаки, нехтування обслуговуванням може призвести до втрат енергії через забиті фільтри або зношені компоненти, які перешкоджають потоку повітря чи подачі палива. Крім того, заплановані коригування, такі як зазори клапанів і калібрування турбокомпресора, допомагають підтримувати максимальну продуктивність двигуна. Регулярна заміна деталей, включаючи свічки розжарювання та повітряні фільтри, запобігає втратам енергії, спричиненим неефективністю. Крім того, послідовні практики технічного обслуговування подовжують термін експлуатації двигунів, запобігаючи передчасному зносу та корозії, таким чином зберігаючи ефективність з часом і зменшуючи потребу в частій заміні. Ці заходи разом гарантують, що дизельні двигуни працюють із максимальною ефективністю, що призводить до зниження експлуатаційних витрат і довшого терміну служби.

Однак впровадження ефективної системи технічного обслуговування представляє кілька проблем, які потребують ретельного розгляду. Однією з основних перешкод є високі початкові та поточні витрати, пов'язані з передовими технологіями обслуговування, такими як датчики, віддалений моніторинг і програмне забезпечення для прогнозової аналітики. Ці інвестиції, хоча потенційно заощаджують кошти в довгостроковій перспективі, можуть бути непомірними для невеликих операторів або організацій з обмеженим бюджетом. Крім того, успіх таких систем значною мірою залежить від технічної компетентності обслуговуючого персоналу; отже, для забезпечення належного використання системи та інтерпретації даних необхідне широке

навчання. Без кваліфікованих техніків переваги складних інструментів технічного обслуговування не можна повністю реалізувати, ризикуючи помилковим діагнозом або неналежним ремонтом. Крім того, організації повинні збалансувати частоту технічного обслуговування з експлуатаційними вимогами, щоб запобігти надмірним простоям, які знижують продуктивність. Наприклад, надто жорсткі графіки технічного обслуговування можуть призвести до непотрібних зупинок двигуна, тоді як нечасте технічне обслуговування може призвести до збільшення кількості відмов. Тому розробка плану технічного обслуговування, який враховує робочі графіки, обмеження витрат і технологічні можливості, є життєво важливою для максимізації переваг систем технічного обслуговування без шкоди для ефективності.

Розгортання комплексної системи технічного обслуговування паливної апаратури глибоко впливає на надійність та ефективність дизельних двигунів. Забезпечуючи раннє виявлення зносу, сприяючи прогнозованому технічному обслуговуванню та забезпечуючи оптимальну роботу, такі системи зменшують кількість несподіваних відмов і продовжують термін служби двигуна. Незважаючи на фінансові та технічні труднощі, пов'язані з їх впровадженням, довгострокові переваги, які проявляються через покращену продуктивність, скорочення часу простою та економію коштів, роблять їх незамінними для галузей, які залежать від дизельних двигунів. Оскільки технологічний прогрес продовжує розвиватися, організації, які інвестують у складні системи технічного обслуговування, матимуть кращі можливості для підтримки високого рівня експлуатаційної надійності та ефективності, зрештою забезпечуючи свою конкурентоспроможність у все більш вимогливому промисловому середовищі.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ХЛІБОДАР»

### 1.1 Характеристика виробничої бази.

ТОВ «Хлібодар» — це підприємство, яке успішно працює в аграрному секторі України з 2003 року. Зареєстроване 23 грудня 2003 року, компанія розташована у Сумській області, Сумському районі, в селищі Степанівка за адресою вул. Центральна, будинок 23а.

Основним напрямом діяльності підприємства є вирощування зернових та технічних культур. Завдяки сучасним агротехнологіям, висококваліфікованим спеціалістам та відповідальному підходу до роботи, «Хлібодар» забезпечує високу якість своєї продукції. Компанія сприяє розвитку сільського господарства в регіоні та робить значний внесок у забезпечення продовольчої безпеки країни.

ТОВ «Хлібодар» активно впроваджує інновації та слідує сучасним тенденціям аграрного ринку. Завдяки цьому підприємство зберігає конкурентоспроможність та продовжує свій стабільний розвиток.

ТОВ "Хлібодар" Сумської області є сучасним підприємством, яке спеціалізується на виробництві хлібобулочних виробів. Воно займає провідні позиції в регіоні завдяки високій якості продукції, інноваційним підходам до виробничих процесів та орієнтації на потреби споживачів.

Основною діяльністю компанії є випікання різноманітних видів хліба, булочок, багетів, здоби та інших виробів з борошна. ТОВ "Хлібодар" активно використовує сучасне обладнання та дотримується суворих стандартів якості, що дозволяє забезпечувати стабільний попит на продукцію. Виробництво базується на перевірених рецептурах, а також на використанні натуральних інгредієнтів, що сприяє створенню корисних і смачних продуктів.

Підприємство також активно впроваджує інновації у своїй діяльності. Зокрема, воно розробляє нові види продукції, які відповідають сучасним тенденціям харчування, включаючи цільнозерновий хліб, безглютенові вироби та продукцію з низьким вмістом цукру. Це дозволяє компанії задовольняти потреби різних категорій споживачів, включаючи тих, хто

дотримується здорового способу життя.

ТОВ "Хлібодар" приділяє велику увагу екологічності виробництва. Підприємство працює над зниженням відходів, оптимізацією використання ресурсів і впровадженням енергоефективних технологій. Крім того, компанія активно співпрацює з місцевими постачальниками сировини, підтримуючи розвиток регіональної економіки.

Важливим аспектом діяльності ТОВ "Хлібодар" є соціальна відповідальність. Підприємство бере участь у благодійних акціях, підтримує місцеві громади та сприяє створенню нових робочих місць у Сумській області. Завдяки своїй діяльності компанія не лише забезпечує споживачів якісними продуктами харчування, але й робить значний внесок у розвиток регіону.

Таким чином, ТОВ "Хлібодар" є прикладом успішного українського підприємства, яке поєднує традиції хлібопекарства з сучасними технологіями та підходами до ведення бізнесу. Завдяки своїй професійній діяльності компанія здобула довіру споживачів і продовжує розвиватися в умовах конкурентного ринку.

Господарство, розташоване у східній частині лісостепової зони Сумської області, характеризується сприятливими природними умовами для розвитку сільськогосподарського виробництва. Територія має різноманітний рельєф, помірний клімат і родючі ґрунти, що створюють оптимальні умови для вирощування сільськогосподарських культур.

Тваринний і рослинний світ регіону представлений типовими для лісостепу видами. Лісова рослинність включає хвойні, березові та вільхові ліси, а також сосново-дубові насадження на окремих ділянках. Змішані ліси мають невеликі площі, але відіграють важливу екологічну роль. Така різноманітність рослинного покриву сприяє підтриманню біологічного балансу та забезпечує необхідні умови для ведення сільського господарства.

Клімат у регіоні помірний, із чітко вираженими сезонами. Зима помірно прохолодна, із середньою температурою повітря в січні від  $-7,9^{\circ}\text{C}$  на півночі до  $-7,1^{\circ}\text{C}$  на південному заході. Літо жарке: середня температура в липні

коливається від  $+25^{\circ}\text{C}$  на півночі до  $+30^{\circ}\text{C}$  на південному сході. Період із температурою понад  $+10^{\circ}\text{C}$  триває 150-160 днів, що є достатнім для вирощування більшості сільськогосподарських культур.

Абсолютний мінімум температури в регіоні сягає  $-20^{\circ}\text{C}$ , тоді як абсолютний максимум становить  $+35^{\circ}\text{C}$ . Середньорічна температура повітря дорівнює  $+15^{\circ}\text{C}$ . Оподи розподіляються рівномірно протягом року, із середньорічною кількістю 470-560 мм. Найбільша їх частка припадає на весняно-літній період, що забезпечує необхідну вологу для росту рослин. Зимові оподи формують постійний сніговий покрив із середньою висотою 22 см, а глибина промерзання ґрунту становить 100-120 см.

Основним типом ґрунту на території господарства є чорнозем, який славиться своєю високою родючістю. Бальна оцінка ґрунту становить 44, що свідчить про його придатність для інтенсивного сільськогосподарського використання. Будова поверхні орних масивів досить складна та неоднорідна, що потребує ретельного підходу до обробітку землі.

Господарство має добре укомплектований машинно-тракторний парк, який забезпечує виконання всіх механізованих робіт. Аналіз технічного забезпечення свідчить про те, що керівництво підприємства приділяє значну увагу оновленню техніки. Закупівля сучасного обладнання дозволяє підвищити продуктивність праці та ефективність обробітку полів.

Сприятливі кліматичні та ґрунтові умови створюють широкі можливості для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур. Достатня кількість вологи та тривалий теплий період сприяють активному росту рослинності. Оновлення машинно-тракторного парку та впровадження сучасних технологій дозволяють господарству підвищувати рівень механізації й ефективності виробництва.

Таким чином, природно-кліматичні ресурси Сумської області є вагомим фактором успішного розвитку сільського господарства. Раціональне використання цих ресурсів у поєднанні з ефективним управлінням і технічним забезпеченням є запорукою стабільного зростання продуктивності

господарства.

Таблиця 1.1 – Кількість тракторів ТОВ «Хлібодар».

Марка	Наявна кількість, шт.	Встановлена потужність, кВт
Class Axion 850	3	299
Class Axion 950	3	228
John Deere 6B110	2	116
Class741 Scorpion	2	74,2
МТЗ – 892.2/892	3	60

Таблиця 1.2 – Кількість комбайнів та СГМ.

Назва	Марка	Кількість
Зернозбиральні машини	Claas TUCANO480 HYBRID	2
	<u>Claas Lexion 570</u>	3
Плуги	ПЛН-4-35, ПЛН-3-35	7
	LEMKEN DIAMANT 10	3
Борони	LEMKEN RUBIN 9	5
	УДА - 4,5	3
	БП-18; ЗПБ -21	4
	«СОЛОХА» БГР - 4,2	3
Котки	ЗКВГ-1,4; ККН-2,8	18
Культиватори	КПС – 4; КПЄ 8-01	6
	CASE IH Tigermate 20032ft	3
Зчіпка	С-11	8
Розкидачі добрив (причипні)	МВД-1000	4
	KUHN Axis 40.2 M-EMC	3
Підживлювачі, оприскувачі	ОПК 2500 - 22	3
	Hardi ALPHA evo TWIN FORCE	2

Сівалки	Атря 8 (no-till, mini-till)	3
	Great Plain S3 S300 HD	3
	C3-3,6	2
Жатки	Vario 1050	2
	MAANS-CONTOUR F900	2
	GERINGHOFF ROTA-DISC	2
Косарка	Wirax Z-069	2
Причепи автомобільні	НЕФАЗ-8560	1
Причепи тракторні	Бункер накопичувач ПБН-50	3
	ТСП-14	3
	ПТС-4, ПТС-6	5

Таблиця 1.3 – Кількість автомобілів в господарстві

Марка автомашин	Потужність двигуна, кВт	Кількість автомашин, шт.	Сумарна потужність в кВт
ГАЗ - 53	73,5	1	73,5
ЗИЛ - 130	110,4	2	120,8
Камаз – 65115-6012	221	2	442
Камаз - 55111	154	2	308
RENAULT DUSTER	80	2	160

## 1.2 Результати виробничої діяльності господарства.

Підприємство ТОВ «Хлібодар» спеціалізується на виробництві зернових та технічних культур, а саме Кукурудзи, Соняшника, Пшениці, Ячменю, Рапсу, Квасолі. культур за останні 3 роки наведено в таблиці 1.4 та рисунку 1.1. Результати збирання врожаю в господарстві за останні 3 роки наведено в таблиці 1.3 та рисунку 1.2. Врожайність різних сільськогосподарських культур за останні 3 роки наведено в таблиці 1.6 та рисунку 1.3.

Таблиця 1.4 – Використання земель господарства ТОВ «Хлібодар»

Назва культури	Зайняті площі по роках, га		
	2022	2023	2024
Пшениця озима	804	540,8	994,8
Жито озиме	282	0	0
Ячмінь ярий	207	213,6	48
Кукурудза на зерно	909,6	1344	2356,44
Соняшник на зерно	1419	1158	1994,8
Соя	0	70	0



Рисунок 1.1 – Структура сільськогосподарських угідь ТОВ «Хлібодар»

Таблиця 1.5 – Валовий збір врожаю сільськогосподарських культур ТОВ «Хлібодар».

Назва культури	Одержано врожаю, ц		
	2022	2023	2024
Пшениця озима	2568	2358	1850
Ячмінь ярий	68	350	540
Кукурудза на зерно	4680	3580	2456
Соняшник на зерно	1413	1158	680
Соя	0	890	963



Рисунок 1.2 – Валовий збір врожаю сільськогосподарських культур ТОВ «Хлібодар».

Таблиця 1.6 – Врожайність культур ТОВ «Хлібодар».

Назва культури	Врожайність, ц/га		
	2022	2023	2024
Пшениця озима	35,23	36,86	35,60
Ячмінь ярий	28,58	28,86	27,80
Кукурудза на зерно	120	110	110
Гречка	30	35	25
Соняшник на зерно	25	23	22,50
Соя	0,00	23,60	20,20

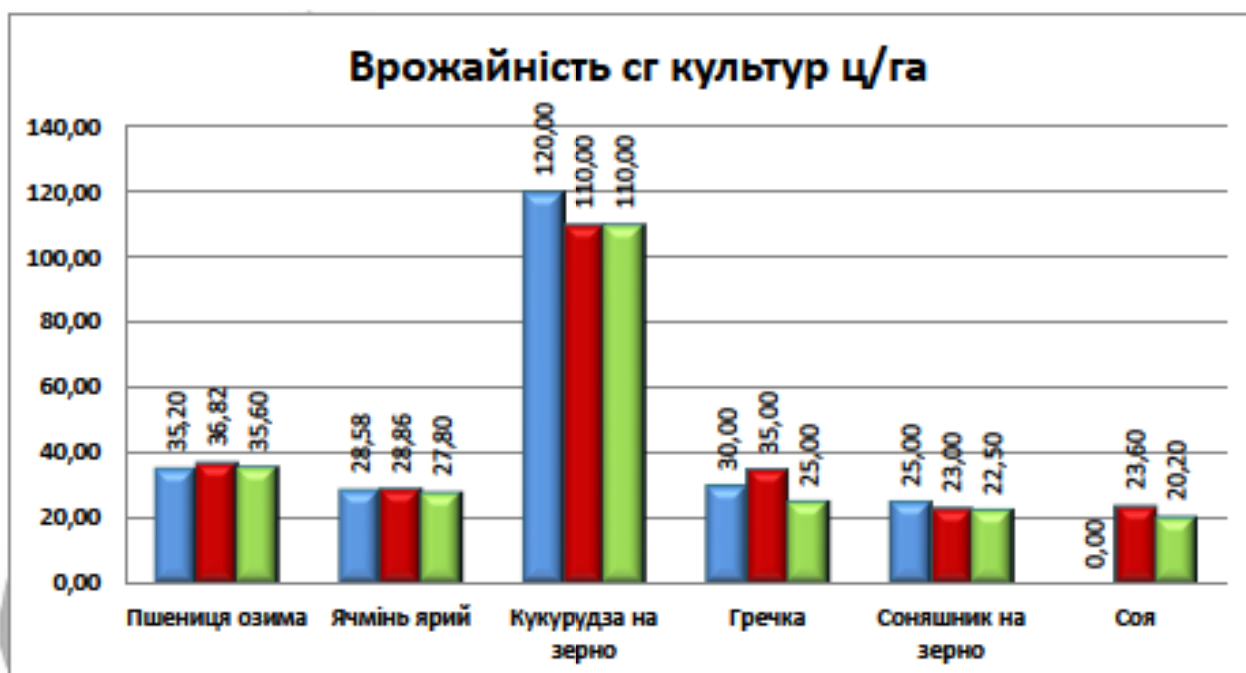


Рисунок 1.3 – Врожайність сільськогосподарських культур ТОВ «Хлібодар»

### 1.3 Обґрунтування теми проекту.

Створення дільниці ремонтної майстерні для обслуговування паливної апаратури дизельних двигунів: обґрунтування та перспективи

У сучасному світі дизельні двигуни відіграють важливу роль у багатьох галузях, таких як транспорт, сільське господарство, будівництво та промисловість. Вони відзначаються високою ефективністю та надійністю, проте, як і будь-яке інше обладнання, потребують регулярного обслуговування та ремонту. Особливої уваги потребує паливна апаратура, яка є ключовим компонентом для забезпечення оптимальної роботи двигуна. У зв'язку з цим виникає потреба у створенні спеціалізованої дільниці ремонтної майстерні, яка забезпечить якісне обслуговування та ремонт паливної апаратури дизельних двигунів.

Зростання кількості дизельних транспортних засобів та обладнання призводить до збільшення попиту на послуги з ремонту паливної апаратури. Несправності в системі подачі пального можуть призвести до значного зниження продуктивності двигуна, підвищення витрат пального та збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Таким чином, якісне обслуговування

та своєчасний ремонт паливної апаратури є критично важливими для підтримання ефективності та екологічності дизельних двигунів.

1. Зростаючий попит на послуги: Збільшення кількості дизельних транспортних засобів та обладнання потребує розширення інфраструктури для їх обслуговування. Створення спеціалізованої дільниці дозволить задовольнити зростаючий попит на якісні ремонтні послуги.

2. Якість обслуговування: Спеціалізована дільниця забезпечить високий рівень обслуговування завдяки використанню сучасного обладнання та технологій, а також залученню кваліфікованих фахівців.

3. Економія ресурсів: Регулярне обслуговування та своєчасний ремонт дозволять зменшити витрати на паливе та експлуатацію, підвищити довговічність і надійність дизельних двигунів.

4. Екологічні переваги: Якісне обслуговування паливної апаратури сприятиме зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу, що є важливим аспектом збереження навколишнього середовища.

Створення дільниці ремонтної майстерні по обслуговуванню паливної апаратури дизельних двигунів відкриває низку перспектив для подальшого розвитку. Це включає можливість розширення спектру послуг, впровадження новітніх технологій діагностики та ремонту, а також розвиток співпраці з виробниками паливної апаратури для забезпечення доступу до оригінальних запчастин та технічної підтримки.

Створення спеціалізованої дільниці ремонтної майстерні для обслуговування паливної апаратури дизельних двигунів є важливим кроком для забезпечення надійності та ефективності роботи дизельного обладнання. Це не лише сприятиме підвищенню якості послуг, але й матиме позитивний вплив на економіку та екологію регіону. Зважаючи на зростаючий попит на такі послуги, інвестиції в створення та розвиток такої дільниці є економічно доцільними та стратегічно важливими.

#### 1.4 Аналіз технологічного процесу ремонту в господарстві

Процес ремонту паливної апаратури на обслуговуючому підприємстві є складним і високотехнічним завданням, що вимагає системного підходу для забезпечення безпеки, ефективності та довговічності обладнання. Оскільки сучасні паливні системи стають все більш складними, процес ремонту включає кілька етапів, від початкової діагностики до інтеграції передових технологічних інновацій. Це має на меті проаналізувати технологічні процедури, пов'язані з ремонтом паливної апаратури, підкреслюючи важливість ретельної оцінки, ретельного розбирання, точних методів ремонту, ретельних випробувань і роль сучасних технологічних досягнень у підвищенні якості ремонту та продуктивності.

Початкова оцінка та діагностичні процедури мають вирішальне значення для виявлення основних проблем у паливному обладнанні, гарантуючи точність та ефективність ремонту. Процес починається з фундаментального тестування системи впорскування палива, яке включає первинний огляд для візуальної оцінки компонентів, після чого проводиться тестування тиску палива для перевірки належної витрати палива та рівнів тиску. Потім проводяться електричні випробування, щоб перевірити цілісність електропроводки та електронних елементів керування, залучених до керування паливом. Розширена діагностика може включати спеціалізовані інструменти тестування впорскування палива, які надають детальну інформацію про продуктивність системи, наприклад інструменти сканування, які оцінюють компоненти транспортного засобу за допомогою всебічного пошуку даних і моніторингу в реальному часі [1]. Діагностичний процес відбувається за структурованою послідовністю, починаючи з базових візуальних перевірок, просуваючись через оцінку тиску та електрики та завершуючись розширеною діагностикою сканування. Ці інструменти є життєво важливими для моніторингу показників продуктивності, впровадження стратегій прогнозованого технічного обслуговування та оцінки необхідності заміни компонентів, тим самим суттєво сприяючи підвищенню

ефективності роботи та скороченню простоїв.

Після етапу діагностики виконуються етапи розбирання та підготовки, щоб полегшити ефективний ремонт із дотриманням стандартів безпеки. Належна підготовка передбачає забезпечення вимкнення двигуна або паливної системи та суворого дотримання всіх протоколів безпеки, щоб запобігти нещасним випадкам під час демонтажу. Компонування та дизайн компонентів паливного обладнання оптимізовано для мінімізації помилок і полегшення очищення та обслуговування, що є важливим для запобігання перехресному забрудненню та накопиченню залишків, які можуть погіршити продуктивність системи [2]. Під час розбирання обладнання ретельно розбирається до основних компонентів, що дозволяє ретельно перевірити кожен компонент на ознаки зносу, корозії чи пошкодження [3]. Цей ретельний процес гарантує заміну або ремонт лише несправних компонентів, зберігаючи цілісність усієї системи та готуючи її до наступного повторного складання.

Техніки ремонту та методи заміни компонентів адаптовані для вирішення конкретних проблем, виявлених під час діагностики та перевірки. Пошкоджені лінії та компоненти замінюються високоякісними деталями, еквівалентними OEM, для забезпечення сумісності та довговічності [4]. Методи ремонту, такі як зварювання, використовуються для відновлення металевих компонентів, пошкоджених під час експлуатації або ремонту, причому зварювання визнано своєю універсальністю для різних металевих конструкцій [5]. Залежно від характеру несправності, ремонт може включати пайку, відпайку або повторне розпаювання для лагодження електронних компонентів або заміни несправних частин на нові [6]. Ці методи вибираються на основі типу та ступеня пошкодження, щоб відновити функціональність обладнання, дотримуючись галузевих стандартів безпеки та надійності.

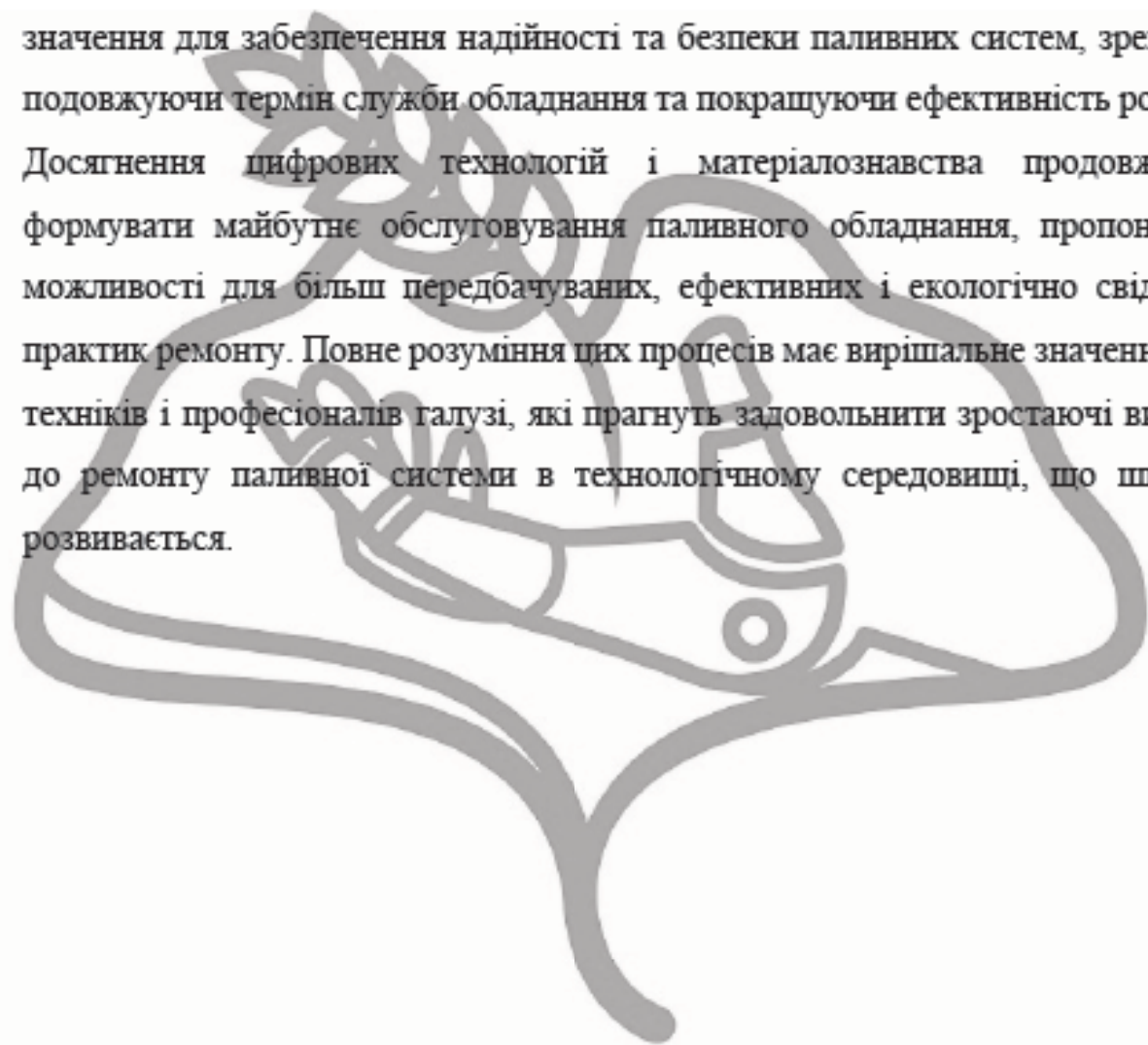
Повторне складання, випробування та валідація становлять завершальний етап процесу ремонту, гарантуючи правильне та безпечне функціонування паливної апаратури після ремонту. Під час повторного складання кожен компонент ретельно повертається на місце, дотримуючись

точних процедур, щоб уникнути помилок, які можуть поставити під загрозу продуктивність системи [3]. Після повторного складання проводиться суворе тестування продуктивності, щоб перевірити роботу обладнання за нормальних робочих умов, включаючи випробування тиском, оцінку потоку та перевірку електронної системи [3]. Заходи контролю якості, такі як вимірювання, перевірка, випробування та відбір проб, є невід'ємною частиною цього етапу, забезпечуючи впевненість у тому, що ремонт відповідає необхідним стандартам і специфікаціям [7]. Процедури валідації підтверджують, що відремонтоване обладнання може працювати надійно та безпечно, тим самим подовжуючи термін його служби та запобігаючи майбутнім збоєм.

Сучасні технологічні інновації зробили революцію в ремонті паливної апаратури, ввівши автоматизацію, аналітику даних і штучний інтелект в основу практики технічного обслуговування [8]. Цифрові технології дозволяють у режимі реального часу відстежувати продуктивність обладнання, здійснювати прогнозне обслуговування та ефективно виявляти несправностей, що значно скорочує час простою та витрати на ремонт. Інтеграція пристроїв IoT і аналітики великих даних дозволяє безперервно оцінювати працездатність паливних систем, полегшуючи проактивне втручання до того, як виникнуть збої [9]. Крім того, прогрес у матеріалознавстві та інженерії, що ґрунтується на інноваційних технологічних рішеннях, покращує довговічність і продуктивність змінних компонентів [9]. Хоча ці технологічні інновації пропонують численні переваги, вони також створюють проблеми, пов'язані з витратами на впровадження та впливом на навколишнє середовище, що вимагає ретельного розгляду зацікавленими сторонами галузі [10]. Загалом впровадження цих інновацій підвищує точність, безпеку та довговічність процесів ремонту паливної апаратури.

Ремонт паливної апаратури на підприємстві сервісного обслуговування – це багатоплановий процес, який поєднує точні процедури діагностики, ретельний демонтаж, кваліфіковану техніку ремонту, ретельне тестування та впровадження сучасних технологічних інновацій. Кожен етап має важливе

значення для забезпечення надійності та безпеки паливних систем, зрештою подовжуючи термін служби обладнання та покращуючи ефективність роботи. Досягнення цифрових технологій і матеріалознавства продовжують формувати майбутнє обслуговування паливного обладнання, пропонуючи можливості для більш передбачуваних, ефективних і екологічно свідомих практик ремонту. Повне розуміння цих процесів має вирішальне значення для техніків і професіоналів галузі, які прагнуть задовольнити зростаючі вимоги до ремонту паливної системи в технологічному середовищі, що швидко розвивається.



# Інженерно-технологічний факультет СНАУ

## РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТУ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ

### 2.1. Складові елементи паливної апаратури дизельних двигунів.

Паливна апаратура дизельних двигунів сільськогосподарської техніки складається з таких основних компонентів:

1. Паливний насос високого тиску (ТНВД) - забезпечує подачу палива під високим тиском до форсунок.
2. Форсунки - розпилюють паливо в камеру згорання у вигляді дрібнодисперсного туману.
3. Паливний фільтр - очищує паливо від домішок і механічних частинок.
4. Паливопроводи високого і низького тиску - транспортують паливо між компонентами системи.
5. Паливний бак - резервуар для зберігання палива.
6. Підкачувальний насос - забезпечує подачу палива з бака до ТНВД.
7. Регулятор подачі палива - контролює кількість палива, що подається в залежності від навантаження двигуна.
8. Система вентиляції паливного бака - запобігає утворенню вакууму в баку.

Ці компоненти працюють разом для забезпечення ефективної роботи дизельного двигуна.

Дизельні двигуни є основою для роботи різних типів сільськогосподарської техніки, пропонуючи міцну продуктивність і надійність, необхідні для сільськогосподарської діяльності. Ефективність і довговічність цих двигунів значною мірою залежать від їх паливної апаратури, яка забезпечує оптимальну подачу, зберігання та керування паливом. Розуміння компонентів, які входять до складу паливної апаратури дизельних двигунів сільськогосподарської техніки, дає зрозуміти, як ці системи підтримують функціональність двигуна, покращують продуктивність і сприяють загальній ефективності роботи. У цьому есе досліджуються основні елементи систем уприскування палива, компоненти зберігання та подачі

палива, а також допоміжні компоненти паливної системи, підкреслюючи їх роль і значення у функціонуванні сільськогосподарської техніки з дизельним двигуном.

Система впорскування палива є критично важливим компонентом дизельних двигунів, відповідальним за подачу палива в циліндри двигуна з точним контролем часу впорскування та розпилення. Його основна мета — забезпечити впорскування потрібної кількості палива в оптимальний момент для забезпечення ефективного згоряння, що безпосередньо впливає на продуктивність двигуна та викиди. Удосконалені системи прямого впорскування використовують паливні насоси високого тиску для забезпечення точнішої подачі палива, що призводить до покращеного відгуку дросельної заслінки та збільшення вихідної потужності. Ці насоси високого тиску підтримують постійний тиск у паливній рампі шляхом безперервної подачі палива, а датчик тиску контролює систему, щоб виявити будь-які коливання. Це регулювання забезпечує ефективне розпилення палива, сприяючи повному згорянню та підвищуючи ефективність двигуна. Правильне функціонування системи впорскування палива має важливе значення для максимізації потужності, зменшення споживання палива та мінімізації викидів забруднюючих речовин, що робить її наріжним каменем сучасних технологій дизельних двигунів у сільськогосподарській техніці.

Компоненти зберігання та доставки палива утворюють основу паливної системи, забезпечуючи безпечне зберігання та надійну доставку дизельного палива до двигуна. Конструкція паливних баків повинна враховувати фактори навколишнього середовища, такі як коливання температури та корозійні елементи, які можуть поставити під загрозу цілісність резервуара для зберігання. Вибір відповідних матеріалів для резервуарів, таких як корозійностійкі метали або спеціалізовані пластики, є життєво важливим для підтримки якості палива протягом тривалого часу. Паливні фільтри є невід'ємною частиною цієї системи, оскільки вони забезпечують надходження до двигуна лише чистого палива, запобігаючи пошкодженню критичних

компонентів і зберігаючи оптимальну продуктивність. Регулярне обслуговування цих фільтрів має важливе значення для запобігання засміченню та підтримки ефективності подачі палива. Паливопроводи та шланги, як правило, виготовлені з міцних матеріалів, таких як сталь, алюміній або армована гума, розроблені таким чином, щоб витримувати хімічні властивості дизельного палива та фізичні навантаження, що виникають під час роботи. Ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити постійну та вільну від забруднень подачу палива з резервуарів для зберігання до двигуна, підтримуючи загальну надійність і довговічність сільськогосподарської техніки.

Допоміжні компоненти паливної системи відіграють допоміжну, але життєво важливу роль у підтримці належного функціонування паливної системи дизельного двигуна. Регулятор тиску палива гарантує, що тиск палива залишається на оптимальному рівні, запобігаючи падінням тиску, які можуть погіршити розпилення палива та ефективність згоряння. Підтримуючи постійний тиск, цей компонент допомагає двигуну працювати плавно за різних умов навантаження. Крім того, паливні фільтри, призначені для видалення води та твердих забруднень, захищають двигун від потенційного пошкодження, спричиненого забрудненнями в паливі. Ці фільтри особливо важливі при використанні біодизеля або іншого альтернативного палива, яке може містити більший рівень домішок. Використання присадок до палива додатково покращує властивості палива, особливо для біодизеля, покращуючи змащувальні властивості та характеристики згоряння, що позитивно впливає на роботу двигуна та довговічність. У сукупності ці допоміжні компоненти та присадки підтримують ефективність основної паливної системи, зменшують потреби в обслуговуванні та забезпечують стабільну роботу сільськогосподарської техніки, що працює на дизельних двигунах.

Паливна апаратура дизельних двигунів сільськогосподарської техніки складається з комплексної системи компонентів, призначених для забезпечення ефективної подачі, зберігання та управління паливом. Система

впорскування палива з її високоточними механізмами подачі безпосередньо впливає на продуктивність двигуна та викиди. Компоненти зберігання та подачі палива зберігають якість палива та забезпечують постійну подачу, а допоміжні системи підтримують оптимальний тиск і чистоту палива. Разом ці елементи утворюють інтегровану мережу, яка підтримує надійну роботу сільськогосподарської техніки, сприяючи підвищенню продуктивності та сталості ведення сільського господарства. Розуміння цих компонентів підкреслює їхню важливість у підтримці ефективності та довговічності обладнання з дизельним двигуном у сільському господарстві.

## 2.2 Основні несправності паливної апаратури

Паливне обладнання є найважливішим компонентом сучасних транспортних засобів і машин, що відповідає за доставку необхідного палива до двигунів для забезпечення оптимальної роботи. Незважаючи на свою життєво важливу роль, паливні системи схильні до різних несправностей, які можуть поставити під загрозу їх ефективність і безпеку. Розуміння поширених несправностей, пов'язаних із паливним обладнанням, має важливе значення для точної діагностики проблем і впровадження ефективних стратегій технічного обслуговування. У цьому есе досліджуються основні несправності паливних насосів, систем упорскування палива та паливних фільтрів, висвітлюються їхні причини, симптоми та потенційний вплив на роботу автомобіля.

Однією з найпоширеніших несправностей паливної апаратури є механічні несправності паливних насосів. Ці несправності часто проявляються через незвичайні шуми, що виходять із насоса, які можуть бути пов'язані з декількома механічними проблемами, такими як кавітація, витік повітря, зношені підшипники, пошкодження крильчатки або зміщення. Кавітація виникає, коли всередині насоса утворюються та згортаються бульбашки пари, створюючи стукіт і знижуючи ефективність. Витоки повітря можуть ввести

небажане повітря в паливопровід, спричиняючи роботу насоса інтенсивніше та створюючи шум. Зношені підшипники та пошкоджені робочі колеса погіршують безперебійну роботу насоса, що призводить до вібрації та ненормальних звуків, тоді як неправильне розташування компонентів може спричинити надмірне навантаження та шум. Крім того, проблеми з електрикою відіграють значну роль у несправності насоса; несправна проводка, корозійні з'єднання або перегорілі запобіжники можуть призвести до переривання електропостачання, що призведе до несправності насоса або його роботи з перебоями. Ці електричні проблеми не тільки перешкоджають доставці палива, але й створюють ризики для безпеки, підкреслюючи важливість регулярного огляду та технічного обслуговування для запобігання таким збоям [T1, T2].

Системи впорскування палива відіграють ключову роль у роботі двигуна, але вони вразливі до різних проблем, які ставлять під загрозу їх функціональність. Поширеною проблемою є засмічення паливних форсунок, що може спричинити такі симптоми, як вібрація двигуна, різка робота на холостому ході, пропуски запалювання та підвищена витрата палива. Коли інжектори забиваються, вони не можуть подавати належну кількість палива, що призводить до нерівномірного згоряння та нестабільності двигуна. Крім того, проблеми з блоком керування двигуном (ECU) можуть порушити повітряно-паливну суміш, що призведе до зниження продуктивності двигуна, зниження потужності та збільшення викидів. Несправності в ECU можуть виникати через несправні датчики або проблеми з проводкою, які потім впливають на момент уприскування палива та його кількість. Інше часте занепокоєння пов'язане з витокami, спричиненими пошкодженими ущільненнями інжектора або тріщинами в корпусі інжектора. Ці витіки можуть призвести до появи запаху палива, неефективного споживання палива та потенційної загрози безпеці через витік парів палива в моторний відсік. Сукупний ефект цих проблем підкреслює важливість своєчасної діагностики та ремонту для підтримки оптимальної роботи двигуна та економії палива [T3,

T4, T5].

Паливні фільтри служать першою лінією захисту паливної системи від забруднень, але вони також схильні до несправностей з часом. Забруднення від бруду, сміття або води може призвести до засмічення фільтра, що значно перешкоджає потоку палива та тиску. Засмічений фільтр зменшує швидкість потоку палива, що надходить до двигуна, через що паливний насос працює інтенсивніше та створює надмірний шум. У важких випадках насос може працювати насухо або заклинити, що призведе до зупинки двигуна або неможливості його запуску. Накопичення сміття у фільтрі також призводить до збільшення зносу інших компонентів паливної системи, що ще більше ускладнює технічне обслуговування. Правильна установка фільтрів має вирішальне значення, неправильне встановлення може спричинити витік палива або неправильне ущільнення, що не тільки знижує ефективність системи, але й створює проблеми з безпекою. Оскільки фільтри вловлюють забруднення, їхня ефективність з часом знижується, що вимагає регулярної заміни, щоб запобігти цим несправностям і забезпечити довговічність усієї паливної системи [T6, T7, T8].

Несправності в паливопроводах і шлангах є ще однією серйозною проблемою, яка може поставити під загрозу всю систему подачі палива. Ці проблеми часто виникають через такі фактори, як старіння, неправильне встановлення та неналежне технічне обслуговування, які з часом прискорюють псування шланга. Коли шланги старіють, їх гумові або пластикові компоненти стають крихкими, тріскаються або утворюються витіки, особливо під впливом суворих умов навколишнього середовища або паливних добавок. Забруднювачі, присутні в паливі, такі як бруд, сміття або вода, можуть ще більше прискорити знос і спричинити засмічення або витік у шлангах. Крім того, наявність води та інших домішок може погіршити внутрішню поверхню шлангів, послабити їх структурну цілісність і призвести до потенційних поломок. Іншою поширеною проблемою є зношені ущільнення; з часом ущільнювачі можуть погіршитися через вплив палива,

тепла та вібрації, що призводить до витоків, які знижують ефективність системи та створюють ризики для безпеки. Послаблені з'єднання — часто спричинені вібрацією двигуна або неправильним встановленням — також можуть призвести до витoku палива, що не тільки знижує продуктивність, але й створює небезпеку пожежі. Найчастішою причиною несправностей паливної системи залишається забруднення частинками різного розміру, які засмічують фільтри, пошкоджують насоси та перешкоджають потоку палива. Ці питання підкреслюють важливість регулярного огляду, належного встановлення та своєчасної заміни шлангів і фітингів, щоб запобігти витокам, зберегти цілісність палива та забезпечити безпеку експлуатації автомобіля [T1, T2, T3].

Резервуари для зберігання палива є життєво важливими для безпечного зберігання великої кількості палива, але вони чутливі до ряду несправностей, які можуть поставити під загрозу як безпеку, так і якість палива. Однією з найпоширеніших проблем є корозія, яка виникає внаслідок постійного впливу на бак палива, особливо за наявності вологи. Нафтове паливо за своєю природою є корозійним, і з часом це може послабити структуру резервуара, що призведе до витоків, погіршення чи навіть катастрофічної поломки, якщо його не усунути. Регулярні перевірки мають вирішальне значення для виявлення ранніх ознак корозії та запобігання небезпечним витокам або пошкодженню конструкції. Іншою поширеною проблемою є наявність води в паливному баку, яка може надходити з кількох джерел. Через коливання температури всередині резервуарів часто утворюється конденсат, що сприяє накопиченню вологи. Несправні кришки паливного бака або неправильне ущільнення також можуть призвести до проникнення води, тоді як проблеми в системі подачі палива, такі як забруднене або заповнене водою паливо, посилюють проблему. Крім того, заправка забрудненим водою паливом із ненадійних джерел або підземних резервуарів, які піддаються впливу ґрунтових вод, може призвести до потрапляння значної кількості води в бак. Забруднення водою не тільки впливає на спалювання палива, але також може спричинити корозію та сприяти розвитку мікробів, що ще більше пошкоджує

бак і погіршує якість палива. Вирішення цих проблем вимагає ретельного технічного обслуговування, належної герметизації та регулярних перевірок для виявлення та пом'якшення проблем з водою та корозією, перш ніж вони призведуть до серйозніших несправностей [Т4, Т5].

Працездатність і безпека паливної апаратури значною мірою залежать від належного обслуговування та своєчасного виявлення несправностей різних компонентів. Механічні несправності паливних насосів, проблеми з системами впорскування палива та проблеми з паливними фільтрами — усе це створює значні ризики для продуктивності та безпеки двигуна, якщо їх не усунути. Крім того, несправності в паливопроводах і шлангах, спричинені старінням, забрудненням і неправильним встановленням, можуть призвести до витоків і неефективності системи, тоді як проблеми з паливними резервуарами, такі як корозія та забруднення водою, загрожують цілісності всієї паливної системи. Розпізнавання цих поширених несправностей і розуміння їх причин дозволяє власникам транспортних засобів і фахівцям з технічного обслуговування вживати профілактичні заходи, забезпечуючи надійність, ефективність і безпеку паливних систем. Регулярні перевірки, негайний ремонт і належна практика технічного обслуговування є важливими для запобігання цим несправностям і продовження терміну служби паливної апаратури, зрештою гарантуючи роботу автомобіля та екологічну безпеку.

Основні несправності паливної апаратури, їхні причини та способи діагностики

#### 1. Забруднення паливної системи

Однією з найпоширеніших проблем є забруднення паливної системи, яке може виникнути через використання неякісного палива, попадання пилу або води в бак. Найчастіше це призводить до засмічення фільтрів, форсунок або паливного насоса.

Ознаки:

- Зниження потужності двигуна;
- Нерівномірна робота на холостих обертах;

- Підвищена витрата палива;
- Утруднений запуск двигуна.

Рішення:

Регулярна заміна паливних фільтрів та використання якісного палива допоможе уникнути цієї проблеми. У разі серйозного забруднення необхідно промити систему та перевірити стан форсунок.

## 2. Знос форсунок

Форсунки відповідають за точне дозування та розпилювання палива. Згодом вони можуть зношуватися або засмічуватися, що впливає на якість паливно-повітряної суміші.

Ознаки:

- Нерівномірна робота двигуна;
- Дим із вихлопної труби (чорний або білий);
- Зниження тяги;
- Збільшення витрати палива.

Рішення:

Періодична перевірка та чистка форсунок за допомогою ультразвукової обробки або спеціальних рідин. У разі значного зносу форсунки підлягають заміні.

## 3. Проблеми з паливним насосом

Паливний насос забезпечує подачу палива під необхідним тиском. Його несправність може бути спричинена механічним зносом, перегрівом або засміченням.

Ознаки:

- Двигун не заводиться або зупиняється під час роботи;
- Нерівномірна подача палива;
- Зниження тиску в системі.

Рішення:

Діагностика паливного насоса за допомогою манометра для перевірки тиску. У разі поломки насос потрібно ремонтувати або замінювати. Регулярне

обслуговування системи допоможе уникнути таких проблем.

#### 4. Повітря в паливній системі

Попадання повітря в паливну систему може призвести до порушення роботи двигуна. Це трапляється через негерметичність з'єднань або пошкодження трубопроводів.

Ознаки:

- Утруднений запуск двигуна;
- Скачки обертів;
- Різде зниження потужності.

Рішення:

Перевірка герметичності системи та усунення несправностей (затягування з'єднань, заміна пошкоджених елементів).

#### 5. Несправності датчиків

Сучасні двигуни обладнані електронними системами управління, які використовують різноманітні датчики для контролю роботи паливної апаратури. Несправність одного з них може призвести до некоректної подачі палива.

Ознаки:

- Загоряння індикатора "Check Engine";
- Нестабільна робота двигуна;
- Зростання витрати палива.

Рішення:

Діагностика електронної системи за допомогою спеціального обладнання (сканера). У разі виявлення несправного датчика його потрібно замінити.

#### 6. Зношення елементів ТНВД

ТНВД є ключовим елементом у дизельних двигунах, який забезпечує подачу палива під високим тиском. З часом його елементи можуть зношуватися через постійні навантаження або використання неякісного палива.

Ознаки:

- Складнощі із запуском двигуна;
- Нерівномірна робота на холостих обертах;
- Падіння потужності.

Рішення:

Ремонт або заміна окремих компонентів ТНВД (плунжерних пар, клапанів тощо). Важливо використовувати якісне паливо та проводити регулярне технічне обслуговування.

#### 7. Пошкодження ущільнювачів та прокладок

Ущільнювачі та прокладки запобігають витoku палива в системі. Їхнє пошкодження може спричинити втрату герметичності.

Ознаки:

- Запах палива в салоні або під капотом;
- Плями палива під автомобілем;
- Падіння тиску в системі.

Рішення:

Огляд ущільнювачів і прокладок, їхня заміна у разі пошкодження.

Важливо використовувати якісні матеріали для ремонту.

#### 8. Несправності електронного блоку управління (ЕБУ)

ЕБУ контролює роботу паливної апаратури, і його несправність може призвести до неправильного дозування палива або повного виходу системи з ладу.

Ознаки:

- Відсутність реакції на педаль акселератора;
- Помилки в роботі датчиків;
- Неможливість запуску двигуна.

Рішення:

Діагностика ЕБУ у спеціалізованому сервісі. У деяких випадках проблему можна вирішити перепрограмуванням блоку або його заміною.

### 2.3 Технологія ремонту паливної апаратури

Технічне обслуговування та ремонт паливної апаратури дизельних двигунів зазнали значного розвитку з появою передових технологій. Ці інновації спрямовані на підвищення ефективності, продовження терміну служби критичних компонентів і зниження експлуатаційних витрат. Оскільки дизельні двигуни залишаються життєво важливими на транспорті, у сільському господарстві та промисловості, інтеграція сучасних методів ремонту стала важливою.

Одним із найбільш помітних досягнень у ремонті дизельного паливного обладнання є використання складних методів очищення, таких як ультразвукове очищення. Ця технологія використовує високочастотні звукові хвилі для видалення стійких відкладень, таких як нагар і лак, з паливних форсунок, які є критичними для належної роботи двигуна. Ультразвукове очищення забезпечує відновлення оптимальної роботи форсунок, покращуючи розпилення палива та ефективність згоряння. Крім того, лазерне порошкове зварювання стало універсальним методом ремонту, здатним відновлювати пошкоджені литі компоненти та розширювати межі ремонту звичайних матеріалів. Ця техніка дозволяє виконувати точні ремонти, які раніше були неможливими, тим самим подовжуючи термін служби деталей двигуна та зменшуючи потребу у дорогих замінах. Крім того, поява технології 3D-друку пропонує інноваційні рішення для виробництва запасних частин на вимогу. Створюючи точні індивідуальні компоненти за допомогою адитивного виробництва, техніки можуть швидко замінити зношені або зламані деталі, мінімізуючи простой та логістичні проблеми, пов'язані з традиційними ланцюгами поставок [1].

Сучасні технології ремонту також приносять численні переваги, які значно підвищують ефективність роботи та стійкість. Цифрові системи технічного обслуговування, наприклад, забезпечують моніторинг і аналіз даних у реальному часі, що допомагає оптимізувати графіки технічного

обслуговування та зменшити споживання енергії. Такий підхід не тільки зберігає ресурси, але й мінімізує відходи, запобігаючи непотрібній заміні деталей і ремонту. Фільтри паливних газів, інтегровані з передовими системами фільтрації, відіграють вирішальну роль у захисті турбін, компресорів та інших життєво важливих компонентів від зносу та корозії. Їх використання подовжує термін експлуатації цих деталей, підтримуючи чистіший потік палива та зменшуючи кількість пошкоджень, спричинених забрудненнями. Крім того, технологічні інновації сприяють розумнішому плануванню маршрутів і управлінню паливом у логістичних операціях. Дані в режимі реального часу дозволяють менеджерам автопарків миттєво коригувати маршрути, уникаючи затримок і знижуючи витрати на пальне, що призводить до економії коштів і покращення надання послуг.

Діагностичні засоби стали незамінними при ремонті та обслуговуванні дизельної паливної апаратури. Ці інструменти допомагають фахівцям точно діагностувати проблеми, тим самим запобігаючи майбутнім поломкам і оптимізуючи процеси ремонту. Удосконалені системи діагностики можуть з високою точністю виявляти такі проблеми, як падіння тиску палива, аномалії навантаження двигуна та невідповідності рівня наддуву. Надаючи дані в режимі реального часу під час роботи двигуна, ці інструменти дозволяють командам технічного обслуговування швидко приймати обґрунтовані рішення, скорочуючи тривалість і вартість ремонту. Дослідження показують, що впровадження таких діагностичних технологій може знизити витрати на технічне обслуговування до 20%, скоротити час простою обладнання на 30% і підвищити готовність обладнання на 15%. Ці вдосконалення не тільки підвищують надійність, але й призводять до значної економичності для операторів.

Незважаючи на численні переваги, впровадження нових технологій ремонту стикається з рядом проблем. Однією з суттєвих перешкод є відсутність повної інформації від власників або виробників обладнання щодо сумісності та безпеки передових рішень, що перешкоджає прийняттю. Крім

того, опір персоналу, який звик до традиційних методів, може перешкоджати інтеграції інноваційних практик. Деякі технічні спеціалісти покладаються виключно на знання з підручників, яких може бути недостатньо для роботи зі складними сучасними системами, створюючи прогалину в знаннях, яку необхідно усунути шляхом цілеспрямованого навчання та підтримки. Крім того, занепокоєння щодо сумісності присадок до палива з різними видами нафтового палива та системами двигуна створює ризики для безпеки та ускладнює процедури ремонту. Вирішення цих проблем вимагає спільних зусиль між виробниками, технічними спеціалістами та регулюючими органами для розробки стандартизованих інструкцій і освітніх програм, які сприятимуть плавному впровадженню нових технологій.

Заглядаючи вперед, майбутнє технології ремонту паливної апаратури готове до трансформаційних досягнень завдяки штучному інтелекту (AI), Інтернету речей (IoT) і екологічним інноваціям. Програми штучного інтелекту все більше інтегруються в стратегії технічного обслуговування транспортних засобів, уможливаючи прогнозу аналітику, яка прогнозує несправності компонентів, оптимізує графіки технічного обслуговування та продовжує термін служби деталей двигуна. Цей проактивний підхід зменшує кількість несподіваних відключень і мінімізує витрати на ремонт. Одночасно виробники зосереджуються на розробці екологічно стійких рішень для очищення та ремонту, зменшуючи залежність від шкідливих хімікатів і енергоємних процесів. Розгортання систем, керованих Інтернетом речей, додатково розширює можливості прогнозованого технічного обслуговування шляхом постійного моніторингу стану обладнання та попередження технічних спеціалістів про потенційні проблеми до їх загострення. Ці технологічні тенденції обіцяють майбутнє, де паливне обладнання дизельних двигунів можна буде обслуговувати більш ефективно, стійко та економічно, що в кінцевому підсумку змінює ландшафт ремонту та обслуговування двигунів.

Галузь ремонту паливної апаратури дизельних двигунів зазнає значних трансформацій завдяки впровадженню передових технологій. Від

інноваційних методів очищення та зварювання до інтелектуальних діагностичних інструментів і систем прогнозованого технічного обслуговування, ці розробки підвищують ефективність, безпеку та стійкість. Незважаючи на те, що залишаються проблеми з впровадженням і безпекою, постійні дослідження та технологічний прогрес обіцяють майбутнє, де ремонт буде швидшим, точнішим і безпечнішим для навколишнього середовища. Оскільки ці інновації продовжують розвиватися, вони відіграватимуть вирішальну роль у забезпеченні надійної роботи дизельних двигунів у різних галузях промисловості.

Технологія ремонту паливної апаратури дизельних двигунів є важливим аспектом забезпечення надійності та ефективності роботи двигунів. Цей процес включає кілька етапів, які повинні виконуватися відповідно до технічних вимог та стандартів.

Перш за все, проводиться діагностика паливної апаратури для визначення несправностей. Це може включати перевірку форсунок, паливного насоса високого тиску (ПНВТ), регуляторів тиску та інших компонентів. Для цього використовуються спеціалізовані стенди та обладнання.

Наступним етапом є демонтаж і розбирання компонентів. Усі деталі ретельно очищаються від забруднень, а зношені або пошкоджені елементи замінюються новими. Особливу увагу приділяють точності підгонки деталей, щоб уникнути витоків палива чи зниження тиску.

Після цього виконується складання паливної апаратури та її налаштування. Це включає регулювання тиску впорскування, перевірку герметичності та тестування у різних режимах роботи. Завершальним етапом є встановлення апаратури на двигун і проведення контрольних випробувань.

Якісний ремонт паливної апаратури забезпечує стабільну роботу дизельного двигуна, знижує витрати палива та мінімізує викиди шкідливих речовин. Для досягнення найкращих результатів рекомендується звертатися до сертифікованих спеціалістів і використовувати оригінальні запчастини.

## 2.4 Вибір технологічного обладнання для ремонту паливної апаратури

Вибір відповідного технологічного обладнання для ремонту паливної апаратури є критичним аспектом, який впливає на ефективність, точність і безпеку технічного обслуговування. Оскільки паливні системи стають дедалі складнішими, зростає потреба в спеціалізованих інструментах діагностики та ремонту, що вимагає ретельної оцінки різних критеріїв для забезпечення оптимальної продуктивності. У цьому есе досліджуються основні критерії вибору відповідного діагностичного та ремонтного обладнання, розглядаються типи технологічних інструментів, що використовуються в цій галузі, і обговорюється, як останні технологічні досягнення змінили діагностичні та ремонтні процеси в обслуговуванні паливного обладнання.

Вибір правильного обладнання для діагностики та ремонту залежить від кількох ключових критеріїв, щоб гарантувати ефективність і сумісність із існуючою технологічною екосистемою. Найголовнішим серед них є важливість вибору діагностичних інструментів, які бездоганно інтегруються з іншим обладнанням і системами, забезпечуючи тим самим комплексне й ефективне усунення несправностей. Точність і надійність мають першорядне значення; діагностичні інструменти повинні надавати точні результати для точного виявлення проблем і ефективного керівництва ремонтом, мінімізуючи простої та запобігаючи подальшим пошкодженням [1]. Крім того, спеціальне обладнання необхідне для ремонту та діагностики критичних компонентів паливної системи, таких як форсунки, PLD-секції та насоси. Ці компоненти вимагають випробувань на спеціалізованих стендах з використанням спеціалізованих інструментів для забезпечення безпеки та точності, особливо з огляду на можливі наслідки руйнувань або несправностей паливної системи [2]. Крім того, ремонтпридатність є життєво важливим критерієм, який підкреслює легкість і швидкість, з якою обладнання можна відремонтувати або відновити до робочого стану. Обладнання, розроблене з урахуванням ремонтпридатності, скорочує час ремонту, знижує експлуатаційні витрати та

забезпечує безперервну продуктивність, що робить його важливим фактором у процесі вибору [3].

Ландшафт технологічного обладнання, що використовується для діагностики та ремонту, охоплює різноманітний набір інструментів, розроблених для задоволення конкретних операційних потреб. Діагностичне обладнання варіюється від медичних пристроїв візуалізації, таких як рентгенівські та ультразвукові системи, до спеціалізованих інструментів, що використовуються в промислових умовах, включаючи електрокардіографи (ЕКГ), спірометри та монітори артеріального тиску [4]. У контексті ремонту паливної системи переважають гідравлічні та рідинні інструменти для трансмісії, що полегшує маніпуляції та тестування паливних компонентів у контрольованих умовах. Мобільні засоби діагностики також відіграють важливу роль, пропонуючи гнучкість і легкість використання в різних робочих середовищах. Спрощені системи вибору шлангів і термопластичні компоненти все більше інтегруються в процедури ремонту, щоб оптимізувати робочі процеси та зменшити складність. Крім того, електрогідравлічні пристрої керування дозволяють точно регулювати та перевіряти паливні системи, сприяючи точнішій діагностиці та ремонту. Еволюція цих технологічних засобів відображає тенденцію до більш складного, ефективного та зручного обладнання, призначеного для підвищення ефективності обслуговування паливної апаратури [5]. Історично розробка таких засобів діагностики та ремонту була сформована промисловими потребами, особливо в таких регіонах, як Росія, де організація технічної діагностики розвивалася, щоб відповідати все більш складним експлуатаційним вимогам [6].

Технологічний прогрес глибоко вплинув на процеси діагностики та ремонту паливного обладнання, що призвело до суттєвого покращення точності, безпеки та ефективності. Сучасні діагностичні технології дозволяють механікам виявляти проблеми з безпрецедентною точністю, значно скорочуючи час, необхідний для діагностики проблем, і скорочуючи час простою автомобіля чи обладнання [7]. Такі досягнення полегшують ранне

виявлення потенційних несправностей, дозволяючи проводити профілактичне технічне обслуговування до того, як виникнуть катастрофічні поломки. Ще однією важливою перевагою є підвищена безпека; розширена діагностика може виявити ранні ознаки зносу, корозії або інші потенційні небезпеки, тим самим запобігаючи нещасним випадкам і забезпечуючи безпечніші умови праці. Крім того, ці технологічні вдосконалення сприяють підвищенню надійності та довговічності паливних систем, оскільки раннє втручання мінімізує пошкодження та продовжує термін служби компонентів. Загалом, технічний прогрес підвищив стандарти діагностики та ремонту паливної апаратури, зробивши весь процес більш ефективним, точним і безпечнішим як для технічних працівників, так і для кінцевих користувачів [8].

Вибір технологічного обладнання для ремонту паливної системи вимагає ретельного врахування таких критеріїв, як сумісність, точність, спеціальна функціональність і ремонтпридатність. Набір доступних засобів діагностики та ремонту значно розширився, охоплюючи різноманітні пристрої, призначені для задоволення конкретних експлуатаційних вимог. Останні технологічні досягнення продовжують революціонізувати сферу, підвищуючи точність діагностики, скорочуючи час ремонту та покращуючи стандарти безпеки. З розвитком технологій технічне обслуговування паливного обладнання стає все більш ефективним, надійним і безпечним, гарантуючи, що процеси ремонту йдуть в ногу зі зростаючою складністю паливних систем.

## 2.5 Компонування обладнання на дільниці

Ефективна та безпечна робота дільниці спеціалізованої майстерні, присвяченої діагностиці та ремонту шарнірів паливної апаратури на грамотно спланованому розташуванні інструменту та механізмів. Оптимальне розташування не тільки підвищує продуктивність, але й забезпечує дотримання стандартів безпеки та ергономічних принципів. У цьому есе

розглядаються фундаментальні міркування щодо проектування ефективного робочого простору, зосереджуючись на стратегічному розміщенні діагностичного та ремонтного обладнання, організації інструментів і запасних частин, а також критичних заходах безпеки, необхідних для поводження з потенційно небезпечними паливними системами.

Дизайн компонування діагностичного обладнання відіграє ключову роль у підвищенні ефективності робочого процесу в майстерні. Правильне розміщення діагностичних інструментів, таких як електронні аналізатори, вимірювачі тиску та прилади для вимірювання викидів, має полегшити доступ і звести до мінімуму непотрібні рухи. Наприклад, розміщення діагностичних пристроїв, які часто використовуються, поблизу майданчиків для випробувань транспортних засобів зменшує час транспортування та прискорює процеси усунення несправностей. Створення визначених зон для тестування, калібрування та усунення несправностей гарантує систематичну організацію кожного етапу діагностичного процесу, що мінімізує помилки та скорочує час виконання. Крім того, інтеграція заходів безпеки, таких як неслизька підлога, заземлення електрообладнання та захисні бар'єри, разом із ергономічними міркуваннями, такими як регульовані робочі столи та відповідне освітлення, ще більше підвищує як безпеку, так і комфорт для техніків. Наприклад, ергономічні робочі станції, які зменшують навантаження, можуть сприяти швидкій діагностиці та зменшенню помилок, пов'язаних із втомою, демонструючи, як дизайн впливає на загальну ефективність.

Розташування ремонтного обладнання відповідно до компонентів паливної системи вимагає ретельної організації, щоб забезпечити безперебійну роботу та швидкий доступ до основних інструментів. Спеціалізовані інструменти для ремонту, такі як від'єднувачі паливопроводів, манометри та набори для чищення форсунок, слід систематично організовувати в легкодоступних місцях зберігання. Впровадження маркованих шаф для зберігання або ящиків для різних частин паливної системи (наприклад, фільтрів, насосів, форсунок) оптимізує управління

запасами та скорочує час простою, витрачений на пошук компонентів. Крім того, включення рухомих робочих станцій, оснащених модульними інструментальними панелями, дозволяє технікам адаптувати свій робочий простір відповідно до конкретних ремонтних завдань, сприяючи гнучкості. Наприклад, мобільний візок із повним набором ручних інструментів можна легко транспортувати до різних транспортних засобів або зон ремонту, тим самим підвищуючи продуктивність. Адекватні рішення для зберігання запасних частин і витратних матеріалів, такі як герметичні контейнери для фільтрів і мастильних матеріалів, додатково оптимізують робочий процес, запобігають безладу та гарантують, що необхідні деталі завжди під рукою.

Підтримання безпеки та дотримання нормативних стандартів є першорядним у ділянці діагностики та ремонту паливної апаратури. Належні системи вентиляції, такі як витяжні установки та установки фільтрації повітря, є важливими для видалення небезпечних паливних парів, запобігаючи накопиченню, яке може призвести до пожежі чи небезпеки для здоров'я. Чіткі знаки, що вказують на небезпеку, наприклад легкозаймісті матеріали, системи високого тиску та аварійні виходи, повинні бути стратегічно розміщені по всій майстерні, щоб безпечно керувати персоналом. Крім того, регулярні перевірки та технічне обслуговування діагностичного та ремонтного обладнання забезпечують експлуатаційну безпеку та відповідність; наприклад, регулярне калібрування манометрів гарантує точну діагностику, а періодичні перевірки запобіжних клапанів запобігають випадковим викидам. Впровадження протоколів безпеки, проведення навчальних занять і забезпечення суворого дотримання стандартів безпеки не тільки захищають персонал, але й забезпечують відповідність майстерні галузевим нормам. Наприклад, вогнегасники та комплекти для локалізації розливу мають бути легкодоступними, що зміцнює культуру безпеки та готовності.

Розміщення обладнання в майстерні, призначеної для діагностики та ремонту паливних систем, є багатограним завданням, яке суттєво впливає на ефективність роботи, безпеку та відповідність нормативним вимогам. Добре

продумане розташування, яке враховує ергономічне розміщення, організоване зберігання та гнучкі робочі місця, сприяє плавному робочому процесу та скорочує час простою. Водночас надійні заходи безпеки, включаючи вентиляцію, вивіски та регулярне обслуговування обладнання, є життєво важливими для захисту персоналу та забезпечення відповідності майстерні галузевим стандартам. Зрештою, продумано організована секція не тільки підвищує продуктивність, але й створює безпечне робоче середовище, створюючи основу для ефективної та надійної діагностики та ремонту паливної системи.



# Інженерно-технологічний факультет СНАУ

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1. Конструювання пристосування для закріплення форсунки при ремонті.

Технічне обслуговування та ремонт промислового обладнання часто передбачає роботу з форсунками, які є ключовими компонентами в різних сферах застосування, таких як процеси розпилення, розподіл рідини та розпилення. Правильна фіксація форсунок під час ремонту є важливою для забезпечення їх оптимальної роботи та довговічності. Розробка ефективного пристрою для кріплення форсунок може значно скоротити час простою, запобігти виходу обладнання з ладу та підвищити ефективність роботи.

Пристрій фіксації форсунок відіграє важливу роль у підтримці функціональності та надійності обладнання, надійно утримуючи форсунки на місці під час ремонту та звичайних операцій. Засмічені або пошкоджені форсунки можуть спричинити проблеми протитиску, які спричиняють надмірне навантаження на насоси та інші компоненти системи, потенційно призводячи до поломки обладнання, якщо їх не усунути негайно [1]. Крім того, підтримка форсунок у хорошому стані зменшує частоту заміन і мінімізує час простою, пов'язаний з ремонтом, тим самим підвищуючи загальну продуктивність [1]. Оскільки форсунки відповідають за створення рідкого шару в процесах розпилення, їх правильне розташування та надійна фіксація є критичними, оскільки тип і розмір форсунки суттєво впливають на якість та ефективність розпилення [2]. Отже, добре розроблений фіксуючий пристрій є важливим для забезпечення стабільної роботи та уникнення дорогих перерв у промислових процесах.

Ефективні конструктивні міркування є фундаментальними для розробки надійного пристрою фіксації сопла. Одним із основних факторів є вибір міцних матеріалів, здатних витримувати важкі умови експлуатації та абразивне зношування. Перевага віддається таким матеріалам, як загартована нержавіюча сталь, кобальтові сплави, карбід вольфраму або кераміка через їх виняткову довговічність і стійкість до корозії та механічного впливу [3]. Ці

матеріали гарантують, що пристрій збереже свою цілісність протягом тривалого використання, навіть у складних умовах. Крім того, пристрій має підтримувати різні розміри та типи насадок, що потребує регульованих або адаптованих механізмів, які можуть надійно утримувати різні конфігурації. Правильний вибір матеріалу та особливості конструкції мають вирішальне значення для створення універсального та довговічного фіксуючого пристрою, придатного для різноманітних промислових застосувань.

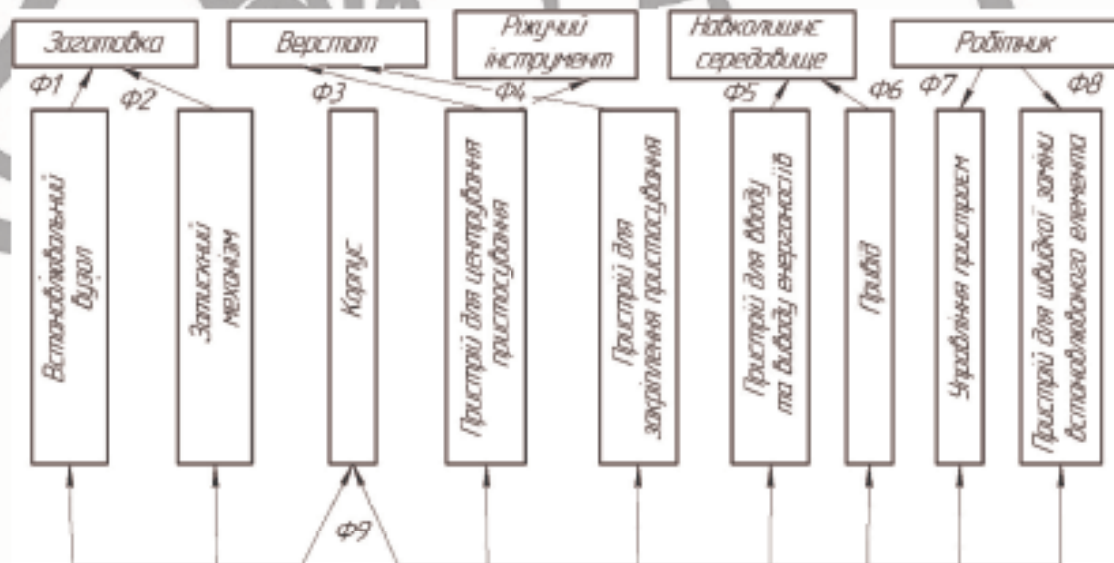


Рисунок 3.1 – Функціональна структура проектного пристосування для закріплення паливних форсунок

Механічні компоненти та механізми, вбудовані в пристрій для фіксації сопла, є центральними для його функціональності. Ключовим компонентом є затискний механізм, який забезпечує надійне утримання насадки під час експлуатації та ремонту, запобігаючи ненавмисному зсуву [4]. Рух цього механізму має бути точним і надійним, що часто досягається за допомогою систем, розроблених для надійного кріплення під час процесів виробництва, складання або обслуговування. Щоб підвищити контроль і точність, часто використовуються програмовані логічні контролери (PLC), що полегшує точне позиціонування та роботу механічних частин [5]. Крім того, механізм блокування гарантує, що після закріплення насадки вона залишається в робочому стані без ризику випадкового від'єднання, таким чином зберігаючи

стандарти безпеки та продуктивності [6]. Разом ці компоненти утворюють цілісну систему, яка гарантує, що насадка залишається фіксованою протягом різних робочих фаз.

Останні інновації та технологічні особливості значно вдосконалили конструкцію пристроїв фіксації насадок. Швидка еволюція технологій автоматизації та штучного інтелекту проклала шлях для більш розумних, ефективніших пристроїв, здатних до самоконтролю та адаптивного налаштування [7]. Така технологічна інтеграція дозволяє отримувати зворотний зв'язок і коригування в реальному часі, зменшуючи ручне втручання та покращуючи послідовність. Крім того, старі системи часто стикалися з проблемами сумісності з сучасними програмами через застарілі стандарти проектування, що призводило до операційної неефективності [8]. Сучасні пристрої сумісні з поточними платформами автоматизації, що забезпечує бездоганну інтеграцію в існуючі виробничі процеси. Ці інновації разом підвищують надійність, ефективність і простоту обслуговування пристроїв для фіксації сопел, узгоджуючи їх із вимогами сучасного промислового середовища.

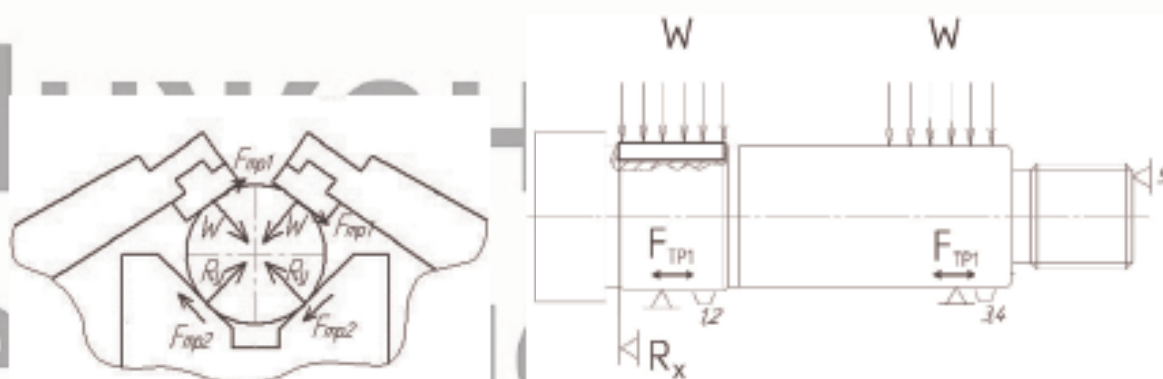


Рисунок 3.2 – Схема закріплення форсунки затискним механізмом.

Перш ніж використовувати пристрій для фіксації сопла в робочих умовах, необхідні ретельні випробування та перевірка, щоб переконатися в його ефективності та довговічності. Випробування прототипу передбачає комплексну оцінку функціональності, міцності та надійності пристрою в імітованих умовах експлуатації [9]. Проведення серії тестів, таких як

функціональні, стрес-тести та тести на точність, дає цінну інформацію про продуктивність і потенційні області для вдосконалення [10]. Врахування відгуків користувачів через ітераційні цикли тестування ще більше вдосконалює дизайн, вирішуючи практичні проблеми, що виникають під час використання в реальному світі [11]. Ці процедури перевірки мають вирішальне значення для підтвердження того, що пристрій може витримувати робочі навантаження, підтримувати надійну фіксацію та стабільно працювати протягом тривалого часу, зрештою гарантуючи його придатність для промислового застосування.

Незважаючи на прогрес у розробці пристроїв для фіксації сопел, залишається кілька проблем, які можуть вплинути на їх довгострокову ефективність та інтеграцію в промислові робочі процеси. Однією з важливих проблем є вплив різноманітних виробничих та робочих параметрів, таких як налаштування 3D-друку, які можуть вплинути на кінцеву форму та точність компонентів пристрою [12]. Такі фактори, як температура сопла, щільність заливки, візерунки друку та кут растру, безпосередньо впливають на властивості матеріалу, потенційно призводячи до відхилень, що погіршують підгонку та продуктивність пристрою. Крім того, постійне технічне обслуговування пристрою має важливе значення для підтримки оптимальної роботи, що вимагає систематичних і безперервних інженерних послуг, щоб гарантувати, що пристрій залишається ефективним протягом усього терміну служби, мінімізуючи витрати [13]. Крім того, інтеграція розумних технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання, створює як можливості, так і перешкоди. Незважаючи на те, що ці інновації можуть забезпечити моніторинг у реальному часі, адаптивні коригування та прогнозне обслуговування, вони також створюють проблеми, пов'язані зі складністю системи, безпекою даних і потребою в спеціалізованому технічному досвіді [14]. Вирішення цих проблем шляхом постійних досліджень і розробок стане ключовим фактором для підвищення довговічності, функціональності та інтелектуальності майбутніх пристроїв для фіксації сопел, що зрештою призведе до більш

надійних і автономних рішень для обслуговування.

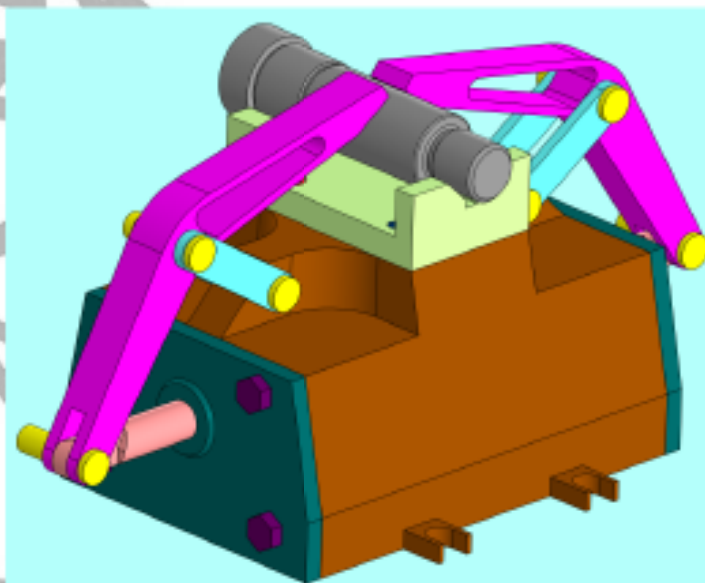


Рисунок 3.3 –3d-модель спроектованого пристосування

Таким чином, розробка пристрою для фіксації форсунок під час ремонту є критичною інновацією, яка підвищує ефективність, безпеку та надійність промислових операцій. Важливість такого пристрою полягає в його здатності підтримувати правильне розташування форсунок, тим самим запобігаючи збоєм системи та забезпечуючи постійну якість розпилення. Розробка ефективного фіксуючого пристрою передбачає ретельний розгляд міцних матеріалів, механізмів, що адаптуються, і механічної точності для пристосування до різних типів сопел і робочих середовищ. Впровадження технологічних інновацій, зокрема автоматизації та інтелектуальних функцій, ще більше покращило продуктивність пристрою та зручність у використанні, хоча ці досягнення також створюють нові проблеми, які потрібно вирішувати шляхом постійних досліджень. Ретельне тестування та валідація необхідні для підтвердження надійності та довговічності пристрою, гарантуючи його відповідність галузевим стандартам. Рух вперед, вирішення потенційних проблем, таких як мінливість виробництва, вимоги до обслуговування та інтеграція інтелектуальних систем, буде мати вирішальне значення для подальшої еволюції пристроїв для фіксації сопел. Загалом ці зусилля значною

мірою сприятимуть скороченню часу простою, зниженню витрат на технічне обслуговування та вдосконаленню промислових методів ремонту, що зрештою підтримає більш ефективну та стійку роботу в різних секторах.

### 3.2 Перевірка спроектованого пристосування на міцність

У сучасному машинобудуванні та виробничих процесах надзвичайно важливим є забезпечення високої точності обробки деталей. Це досягається шляхом оптимізації конструкцій пристроїв, які використовуються для закріплення заготовок, а також аналізу механічних характеристик системи «пристрій-заготовка». Наведено результати статичного аналізу деформацій і напружень, виконаного з використанням програмного пакету ANSYS, що дозволяє оцінити поведінку елементів системи під дією навантажень.

Для проведення аналізу була створена комп'ютерна модель системи «пристрій-заготовка», яка включає базуючі елементи, заготовку, поршень і важіль. Модель була піддана статичному аналізу із застосуванням програмного забезпечення ANSYS, яке дозволяє виконувати розрахунки деформацій і внутрішніх напружень у деталях системи. Основними параметрами дослідження стали величини деформацій (Total Deformation) та еквівалентних напружень (Equivalent Stress).

#### Деформації в системі

На основі отриманих епюр деформацій було встановлено, що найбільше значення деформації спостерігається на поршні і становить 1,67 мм (рис. 3.4). Це є очікуваним результатом, оскільки поршень є одним із ключових елементів системи, який приймає на себе значну частину навантажень. Водночас деформації базуючих елементів призми та заготовки практично відсутні. Такий результат свідчить про те, що сили закріплення не впливають на точність обробки заготовки, що є позитивним фактором для забезпечення високої якості виготовлення деталей.

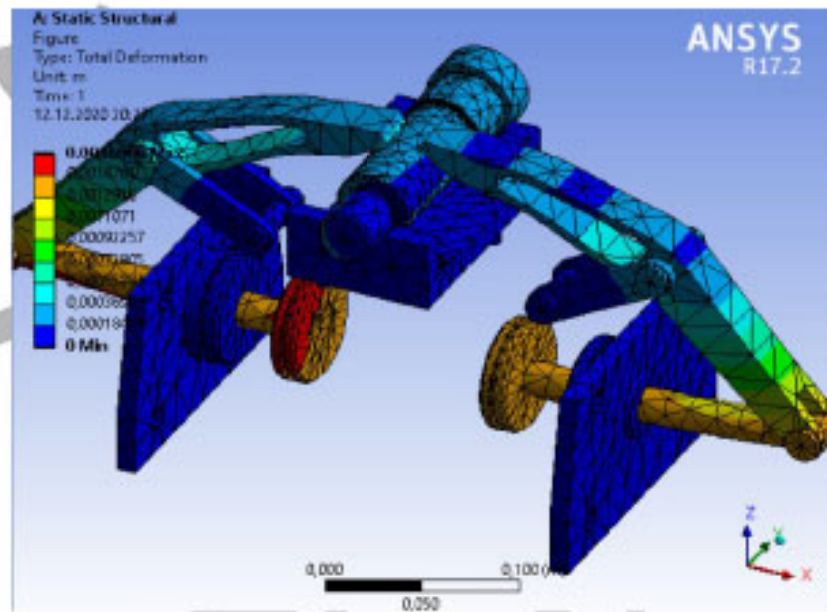


Рисунок 3.4 – Епюри деформацій спроектованого пристрою

### Напруження в деталях

Розрахунок внутрішніх напружень показав, що найбільші значення напружень характерні для деталі «Важіль». Їх величина становить 64 МПа. Це значення є прийнятним для обраного конструкційного матеріалу, який має достатній запас міцності для роботи в умовах нормального експлуатаційного навантаження. Інші елементи системи демонструють значно нижчі рівні напружень, що підтверджує їхню стабільність і надійність у конструкції.

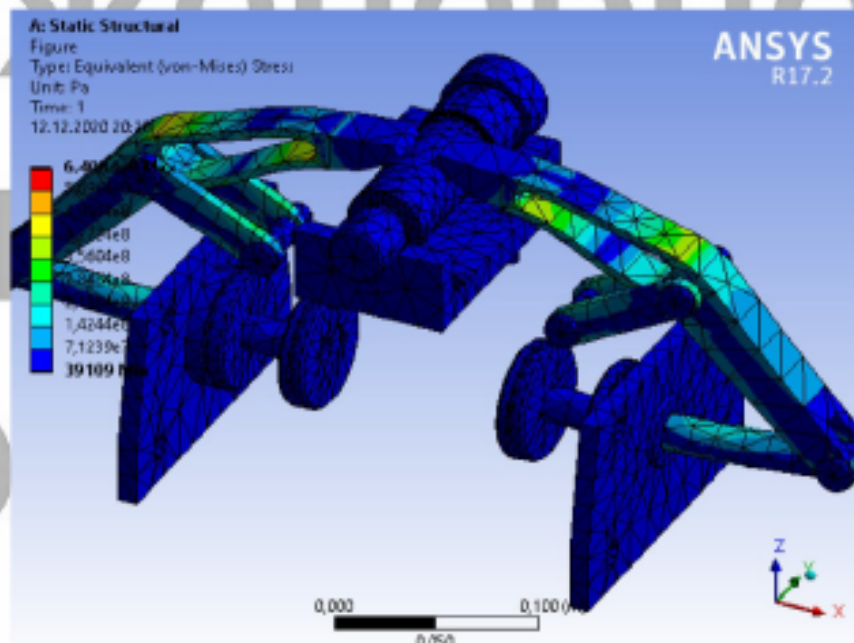


Рисунок 3.4 - Ешора напружень при роботі пристосування

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що конструкція системи «пристрій-заготовка» є оптимальною з точки зору механічної стабільності. Відсутність значних деформацій базуючих елементів гарантує точність обробки заготовки, що є критично важливим для забезпечення відповідності готових деталей технічним вимогам.

Найбільші напруження у важелі свідчать про те, що цей елемент приймає на себе основне навантаження в системі. Проте рівень напружень залишається в межах допустимих значень для обраного матеріалу, що підтверджує правильність вибору матеріалу та конструктивних рішень.

#### Висновки

1. Проведений статичний аналіз системи «пристрій-заготовка» дозволив оцінити механічну поведінку її елементів під дією навантажень.
2. Найбільше значення деформації спостерігається на поршні (1,67 мм), тоді як базуючі елементи демонструють практично нульові деформації.
3. Найвищі напруження характерні для деталі «Важіль» (64 МПа), що є прийнятним для обраного конструкційного матеріалу.
4. Конструкція системи забезпечує високу точність обробки заготовки та надійність її елементів.

У подальших дослідженнях доцільно розглянути динамічні характеристики системи «пристрій-заготовка» для оцінки її поведінки під час роботи в умовах змінних навантажень. Крім того, варто провести оптимізацію конструкції важеля для зниження рівня напружень і збільшення запасу міцності.

### 3.3 Опис пристрою та принцип роботи пристосування

Пристосування, яке описується, є допоміжним змінним елементом, призначеним для використання на верстатах, слюсарних столах і т. п. Його основна функція полягає у забезпеченні правильної установки та надійного закріплення паливної форсунки з метою виконання обробки деталі.

## Конструкція пристосування

Основними елементами пристосування є:

1. Призма (позиція 5) – служить базовою опорною поверхнею для розміщення паливної форсунки. Призма забезпечує правильну орієнтацію деталі під час обробки.
2. Прихват (позиція 4) – елемент, що безпосередньо затискає деталь. Він закріплюється на штоку (позиція 8) за допомогою шпильок (позиція 26).
3. Пневмоциліндр (позиція 6) – виконує функцію переміщення штока за рахунок подачі стиснутого повітря.
4. Рукоятка пневмовимикача (позиція 11) – керує подачею повітря до відповідних порожнин пневмокамери, забезпечуючи рух штока.
5. Поршень (позиція 1) – передає тиск стиснутого повітря і забезпечує рух штока вниз або вгору.

## Принцип роботи

Процес роботи пристосування умовно можна розділити на кілька етапів:

### 1. Підготовка до обробки

Паливна форсунка встановлюється на призму (5) таким чином, щоб її лівий торець упирався у відповідний упор. Це гарантує правильність положення деталі щодо ріжучого інструмента.

### 2. Закріплення деталі

За допомогою рукоятки пневмовимикача (11) стиснуте повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра (6). Під дією тиску повітря поршень (1) разом із штоком (8) переміщується вниз, приводячи в рух прихват (4). В результаті деталь затискається з необхідною силою, що забезпечує її нерухомість під час обробки.

### 3. Механічна обробка

Після надійного закріплення деталі виконується операція механічної обробки або слюсарно-складальні операції.

### 4. Звільнення деталі

Після завершення технологічної операції повітря перенаправляється в

безштокову порожнину пневмоциліндра. Це здійснюється за допомогою тієї ж рукоятки (11). У результаті шток (8) разом із прихватом (4) переміщується вгору, звільняючи деталь.

Переваги використання пристосування

- Точність і стабільність: Завдяки правильному позиціонуванню деталі на призмі забезпечується висока точність обробки.
- Ефективність: Автоматизований процес закріплення та звільнення деталі значно зменшує час підготовчих операцій.
- Універсальність: Пристосування може бути використане для обробки деталей різних розмірів і форм за умови їх сумісності з конструкцією пристрою.
- Безпека: Використання пневматичного приводу мінімізує фізичні зусилля оператора та підвищує рівень безпеки під час роботи.

Описане пристосування є важливим елементом механічної обробки деталей, що дозволяє підвищити точність і продуктивність технологічного процесу. Завдяки використанню пневматичного приводу забезпечується автоматизація закріплення та звільнення деталей, що значно спрощує роботу оператора та скорочує час виконання операцій.

# Інженерно-технологічний факультет СНАУ

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Ремонт паливної апаратури дизельних двигунів є важливою задачею в технічному обслуговуванні автомобілів і промислових операціях, але вона пов'язана з численними небезпеками, які можуть становити серйозну небезпеку для персоналу та навколишнього середовища. Дизельне паливо за своєю природою легкозаймисте та токсичне, і процес ремонту часто передбачає роботу з летючими речовинами та спеціальним обладнанням у потенційно небезпечних умовах. Розпізнавання загальних небезпечних факторів, розуміння ризиків неправильних процедур і впровадження ефективних заходів безпеки є ключовими кроками до створення безпечного робочого середовища.

Одним з найбільш поширених небезпечних факторів при ремонті паливної апаратури дизеля є вплив легкозаймистих і вибухонебезпечних парів. Дизельне паливо виділяє пари, які є легкозаймистими, особливо в закритих або погано вентильованих приміщеннях. Ці пари можуть накопичуватися і при контакті з іскрами або відкритим полум'ям можуть спалахнути або спричинити вибух. Наприклад, незначна, здавалося б, іскра від несправної проводки або статичної електрики може запалити пари палива та призвести до катастрофічної пожежі. Крім того, присутність токсичних парів і хімікатів, таких як дизельні вихлопні гази та очищувальні розчини, може становити серйозну небезпеку для здоров'я працівників, спричиняючи проблеми з диханням, запаморочення або довгострокові ускладнення зі здоров'ям у разі вдихання протягом тривалого часу. Таким чином, розуміння та контроль цих небезпечних випарів є життєво важливими для підтримки безпечного середовища ремонту.

Неправильне поводження та процедури технічного обслуговування значно підвищують ризики, пов'язані з ремонтом паливної апаратури. Випадкові розливи палива належать до найпоширеніших небезпек, які часто виникають внаслідок необережного розливання, пошкодження ємностей або несправного обладнання, що може призвести до небезпеки ковзання та

збільшити ризик пожежі, якщо паливо контактує з гарячими поверхнями або електричними компонентами. Використання несумісних інструментів або матеріалів, таких як металеві інструменти, які можуть генерувати іскри під час контакту з компонентами дизеля, може призвести до пошкодження обладнання або іскор, які запалють пари. Крім того, нехтування протоколами безпеки, як-от ігнорування процедур блокування/маркування або невиконання інструкцій виробника, підвищує ймовірність отримання травм, зокрема опіків, порізів або опіків від займання палива. Належне навчання та дотримання інструкцій з техніки безпеки є важливими для запобігання таким нещасним випадкам і забезпечення безпечного процесу ремонту.

Екологічні та ситуаційні небезпеки на місці ремонту ще більше посилюють занепокоєння щодо безпеки. Погана вентиляція в замкнутих приміщеннях може призвести до накопичення токсичних газів, таких як дизельні вихлопи, що може погіршити здоров'я працівників і знизити пильність, збільшуючи ймовірність нещасних випадків. Захаращене або неорганізоване робоче місце з розкиданими інструментами та запасними частинами підвищує ризик спотикання, падінь або випадкового контакту з гарячими або рухомими частинами. Недостатнє освітлення посилює ці проблеми, зменшуючи видимість, полегшуючи працівникам неправильну оцінку відстані або неправильне поводження з інструментами та хімікатами, що призводить до помилок і травм. Ці ситуаційні небезпеки підкреслюють важливість підтримки чистого, добре освітленого та належним чином вентильованого робочого середовища для підвищення безпеки та ефективності роботи.

Впровадження захисних заходів для зменшення ризиків пожежі та вибуху є фундаментальним для безпечної практики ремонту. Забезпечення належного заземлення та з'єднання паливного обладнання запобігає накопиченню статичної електрики, яка є поширеним джерелом займання в середовищах, багатих паливом. Використання вибухозахищених інструментів і обладнання, призначених для безпечної роботи в небезпечних зонах, знижує

ризик іскор і пожеж, спричинених іскрами. На місці ремонту слід суворо дотримуватися політики заборони куріння, оскільки навіть одна сигарета може спровокувати катастрофічну пожежу за наявності парів палива. Крім того, встановлення вогнегасників і вентиляційних систем може допомогти розсіяти випари та зменшити їх концентрацію, ще більше знизивши небезпеку вибуху. Регулярні перевірки безпеки та дотримання стандартів, установлених такими організаціями, як OSHA або NFPA, є життєво важливими для підтримки безпечного середовища ремонту.

Нарешті, комплексні протоколи безпеки та використання відповідних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є важливими для захисту ремонтного персоналу. Працівники повинні носити вогнестійкий одяг, хімічно стійкі рукавички та засоби захисту очей для захисту від бризок, іскор і диму. Належна підготовка щодо поводження з паливом, хімікатами та обладнанням гарантує, що персонал обізнаний про потенційну небезпеку та знає, як ефективно реагувати в надзвичайних ситуаціях. Регулярна перевірка та технічне обслуговування ЗІЗ, включаючи перевірку на розриви, належну посадку та функціональність, необхідні для забезпечення постійного захисту. Впровадження культури безпеки, коли персонал заохочується повідомляти про небезпеку, дотримуватися процедур і брати участь у навчаннях безпеки, значно зменшує ймовірність нещасних випадків і сприяє більш безпечному робочому середовищу.

Для покращення умов праці та підвищення стандартів безпеки під час ремонту паливної апаратури дизеля можна реалізувати декілька стратегічних заходів. Створення призначених ремонтних зон, які добре провітрюються, має вирішальне значення для розсіювання легкозаймистих парів і токсичних парів, тим самим зменшуючи ризик пожежі, вибуху та небезпеки для здоров'я. Ці зони повинні бути чітко позначені та ізольовані від інших операцій, щоб запобігти випадковому потраплянню джерел запалювання в робоче місце. Розробка та суворе дотримання комплексних процедур безпеки, адаптованих до конкретних небезпек ремонту паливного обладнання, гарантує, що весь

персонал поінформований про найкращі практики та стратегії зменшення ризиків. Регулярні перевірки та оновлення цих протоколів допомагають адаптуватися до нових викликів і технологічного прогресу. Крім того, проведення безперервних тренінгів з техніки безпеки та навчання персоналу ремонтних робіт у разі надзвичайних ситуацій сприяє розвитку культури безпеки, гарантуючи, що працівники готові ефективно реагувати на нещасні випадки чи небезпечні ситуації. Безперервне навчання зміцнює практику безпечного поводження, належного використання засобів індивідуального захисту та дотримання стандартів безпеки, зрештою створюючи безпечніше та ефективніше робоче середовище для всіх учасників.

Ремонт паливної апаратури дизельних двигунів пов'язаний із значною небезпекою, пов'язаною з легкозаймистими випарами, токсичними випарами, неправильним поводженням, умовами навколишнього середовища та ситуаційними небезпеками на місці ремонту. Усвідомлення цих небезпек має важливе значення для впровадження ефективних заходів безпеки, таких як належне заземлення, використання вибухозахищених інструментів і суворе дотримання протоколів безпеки та вимог щодо ЗІЗ. Створення безпечного робочого середовища також передбачає покращення загальних умов за допомогою стратегічних заходів, таких як виділені зони вентиляції, комплексні процедури безпеки та постійне навчання. Визначаючи пріоритетність цих методів безпеки, ремонтний персонал може значно знизити ризик нещасних випадків, травм і пошкодження навколишнього середовища, забезпечуючи ефективне та безпечне проведення технічного обслуговування. Зрештою, проактивний підхід до безпеки не тільки захищає людей і майно, але й сприяє розвитку культури відповідальності та пильності, необхідних для сталої промислової діяльності.

## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.

Створення ремонтної майстерні, призначеної для обслуговування паливної апаратури для дизельних двигунів, є підприємством, яке охоплює кілька вимірів здійсненності. Цей комплексний аналіз спрямований на оцінку технічних, економічних, ринкових, регуляторних та екологічних аспектів, які впливають на життєздатність такого проекту.

Технічна можливість створення цеху з ремонту паливної апаратури передбачає ретельну оцінку існуючої інфраструктури обладнання та технологічних вимог. Аналіз поточного стану обладнання на подібних підприємствах показує, що багато об'єктів стикаються з проблемами, пов'язаними із застарілою або недостатньою технологією, що може перешкоджати ефективним ремонтним процесам. Забезпечення оснащення нового цеху сучасним надійним обладнанням має вирішальне значення для успішної роботи. Крім того, важливу роль відіграє оцінка технічної складності впровадження експертної системи для діагностики та ремонту. Визначення простоти інтеграції таких систем може вплинути на загальну технічну життєздатність, оскільки складні системи можуть вимагати більшого досвіду та інвестицій, що потенційно може вплинути на здійсненність проекту.

Економічні міркування є ключовими для розуміння сталості та довгострокової життєздатності проекту. Початкові витрати на встановлення, включаючи закупівлю обладнання, розвиток об'єкта та навчання робочої сили, є важливими факторами. Наприклад, порівняльні проекти в різних регіонах повідомили про витрати на встановлення, що становлять значні суми, з детальними оцінками, що враховують усі необхідні витрати. Окрім початкових витрат, комплексне техніко-економічне обґрунтування має оцінити поточні операційні витрати порівняно з потенційними доходами. Це передбачає аналіз різних пов'язаних витрат, таких як технічне обслуговування, оплата праці та матеріали, поряд із прогнозованими потоками доходів від ремонтних послуг. Довгостроковий фінансовий вплив, включаючи

прибутковість і потенційну окупність інвестицій, визначає, чи буде проект економічно життєздатним і стійким у часі.

Важливим компонентом техніко-економічного обґрунтування є розуміння ринкового попиту та проведення ретельного аналізу ринку. Розширення ринків електромобілів і зростаюча потреба в спеціалізованих послугах технічного обслуговування висвітлюють нові можливості. Аналіз сегментації цих ринків свідчить про зростаючий попит на послуги з ремонту та технічного обслуговування паливної апаратури та відповідних компонентів дизельних двигунів. Крім того, прогнозується, що послуги з технічного обслуговування, ремонту та експлуатації (MRO) у нафтогазовому секторі досягнуть значних розмірів ринку, демонструючи стійкий попит на такі спеціалізовані ремонтні майстерні. Крім того, конкурентний аналіз допомагає визначити існуючих гравців, їхні сильні та слабкі сторони, забезпечуючи стратегічне позиціонування. Розуміння конкурентного середовища дозволяє проекту орієнтуватися на ринкові ніші та розробляти унікальні ціннісні пропозиції, які можуть забезпечити частку ринку.

Відповідність нормам і техніці безпеки є не обговорюваними аспектами створення ремонтної майстерні, що займається паливною апаратурою. Правила передбачають суворі протоколи обробки та транспортування рідкого палива, наголошуючи на безпеці зберігання та переміщення, часто вимагаючи спеціальних контейнерів і транспортних засобів, призначених спеціально для небезпечних матеріалів [1]. Крім того, отримання необхідних дозволів передбачає демонстрацію суворих стандартів безпеки та операційних протоколів. Подання вичерпних демонстрацій безпеки та документації щодо відповідності має важливе значення для отримання дозволу від регуляторних органів. Ці заходи не тільки забезпечують законну роботу, але й зменшують ризики, пов'язані з поводженням з паливом, тим самим захищаючи працівників, навколишнє середовище та навколишнє населення [2].

Вплив на навколишнє середовище та стійкість стають все більш невід'ємною частиною техніко-економічного обґрунтування проекту,

особливо для об'єктів, задіяних у ремонті паливного обладнання. Такі операції можуть становити ризики забруднення повітря та води, деградації землі та викидів парникових газів, якщо ними не керувати належним чином. Впровадження практик сталого технічного обслуговування має життєво важливе значення для балансу між операційною ефективністю та екологічною відповідальністю. Ці практики включають впровадження екологічно чистих технологій, мінімізацію небезпечних відходів і оптимізацію використання ресурсів для зменшення витрат і впливу на навколишнє середовище. Сертифікати, які сприяють екологічним практикам і захищають права людини, також є цінними інструментами для демонстрації прихильності до сталого розвитку, що може підвищити репутацію проекту та відповідність глобальним кліматичним цілям. Врахування екологічних міркувань із самого початку гарантує, що проект відповідає принципам сталого розвитку та довгострокового екологічного здоров'я.

Логістичні та операційні проблеми становлять важливий аспект оцінки доцільності створення майстерні з ремонту паливної апаратури. Однією з головних проблем є доступність; розташування цеху впливає не тільки на легкість закупівлі деталей, але й на загальну ефективність роботи. Дослідження показують, що доступність є вирішальним фактором у прийнятті рішення про місцезнаходження, впливаючи на легкість, з якою запчастини, інструменти та персонал можуть дістатися до об'єкта [3]. Погана доступність може призвести до затримок, збільшення транспортних витрат, і операційна неефективність, що зрештою впливає на прибутковість майстерні та якість обслуговування. Крім того, управління запасами запасних частин представляє певний набір проблем. Ефективне управління запасними частинами вимагає точної координації для забезпечення наявності критичних компонентів без надмірних запасів, що пов'язує капітал і збільшує витрати на зберігання [4]. Ефективна логістика необхідна для підтримки безперебійного потоку матеріалів, скорочення простоїв і забезпечення своєчасного ремонту. Крім того, операційні проблеми поширюються на логістику надійності та

технічного обслуговування, що вимагає добре структурованої системи, здатної адаптуватися до коливань попиту та непередбачених збоїв обладнання [5]. Розробка надійної матеріально-технічної бази передбачає вирішення цих взаємопов'язаних проблем, що вимагає стратегічного планування та інвестицій, щоб гарантувати, що майстерня може працювати ефективно, швидко реагувати на потреби клієнтів і підтримувати довгострокову життєздатність.

Виконаємо техніко-економічне обґрунтування проекту створення дільниці ремонтної майстерні по технічному обслуговуванню та ремонту паливної апаратури. Передбачається відокремлення нового приміщення в майстерні та його оснащення обладнанням та інструментами. Загальна площа приміщення в проектному варіанті – 36 м<sup>2</sup>.

Методика розрахунку наведена в додатку А. У таблиці 5.1 представлені результати розрахунків основних техніко-економічних показників ремонтної дільниці.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники дільниці по ремонту паливної апаратури

№	Назва показника	Базовий	Проектний	Відхилення +/-
1	Вартість основних виробничих фондів (тис.грн.)	903,73	1158,48	+254,75
2	Сума оборотних коштів (тис.грн.)	90,37	115,85	+25,48
3	Обсяг продукції на одного працівника (у.р.)	12,7	13,3	+0,6
4	Обсяг продукції на одиницю виробничої площі (у.р./кв.м)	0,48	0,55	+0,07
5	Термін окупності капіталовкладень		4,36	

Аналіз даних дозволяє зробити такі висновки:

1. Продуктивність праці зросла на 15% порівняно з попереднім періодом завдяки впровадженню нових технологій та оптимізації робочих процесів.

2. Собівартість робіт зменшилася на 10%, що свідчить про раціональне використання ресурсів і зниження матеріальних витрат.

3. Рівень завантаженості обладнання досяг 85%, що є оптимальним показником для забезпечення безперебійної роботи.

4. Якість виконаних робіт покращилася, про що свідчить зменшення кількості рекламаций на 20%.

5. Рентабельність дільниці зросла до 18%, що перевищує середньогалузевий рівень.

Створення ремонтної майстерні з обслуговування паливної апаратури для дизельних двигунів передбачає складну взаємодію технічних, економічних, ринкових, нормативних, екологічних та матеріально-технічних факторів. Технічно успіх залежить від сучасної інфраструктури та керованої інтеграції діагностичних систем, тоді як з економічної точки зору ретельний аналіз початкових і операційних витрат у порівнянні з потенційними доходами визначає довгострокову життєздатність. Аналіз ринку показує зростаючий попит у таких секторах, як електромобілі та нафтогаз, що відкриває багатообіцяючі можливості для нішевої спеціалізації. Регуляторні вимоги та міркування безпеки є першочерговими, вимагаючи суворого дотримання правил поводження з небезпечними матеріалами та отримання необхідних дозволів для зменшення ризиків. Екологічна стійкість стає все більш важливою, наголошуючи на екологічно чистих практиках і екологічних сертифікатах, які відповідають глобальним екологічним цілям. Нарешті, логістичні та операційні проблеми, зокрема доступність і управління запасними частинами, є критично важливими для підтримки ефективності та оперативності. Комплексне вирішення цих аспектів забезпечує всебічну оцінку, закладаючи основу для життєздатної, сумісної та стійкої ремонтної майстерні, яка може відповідати поточним вимогам ринку, дотримуючись стандартів безпеки та охорони навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

Результати розрахунків свідчать про позитивну динаміку в роботі ремонтної дільниці. Досягнення таких результатів стало можливим завдяки модернізації обладнання, підвищенню кваліфікації персоналу та впровадженню сучасних методів управління.

Для подальшого підвищення ефективності рекомендується:

1. Продовжувати інвестувати в оновлення виробничого обладнання.
2. Регулярно проводити навчання персоналу для освоєння нових технологій.
3. Впроваджувати систему моніторингу якості виконаних робіт.
4. Оптимізувати логістичні процеси для скорочення витрат на матеріали.

Інженерно-  
технологічний  
факультет  
СНАУ

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Chaaben Koukia, Melvin Drentb, Collin Drentb, M. Zied Babaic (2023) Dedicated maintenance and repair shop control for spare parts networks // arXiv:2308.12640 [math.PR]. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.12640>
2. How to Create a Workshop - Expert Guide // Polstore. 2021. Електронний ресурс: <https://polstore.co.uk/how-to-set-up-a-workshop/>
3. Certification Specifications for Standard Changes and Standard Repairs // Annex to ED Decision 2019/010/R. – CS-STAN. – 2019. – 102 p.
4. Manual of Standard Building Specifications // European Commission Office For Infrastructure And Logistics In Brussels. – 2019. – 129 p.
5. Storage of Hazardous Substances // M 062e Edition: November 2013. – 75 p.
6. Reiner, Bruce & Siegel, Eliot & Carrino, John. (2002). Workflow Optimization: Current Trends and Future Directions. Journal of digital imaging : the official journal of the Society for Computer Applications in Radiology. 15. 141-52. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10278-002-0022-7>.
7. Workflow optimization in manufacturing: Implementation, Technology, Future // CADDI. Електронний ресурс: <https://caddi.asia/resources/workflow-optimization/>
8. 8R/8RT Series. Model Year 2012, 235- to 360-Horsepower Tractors – John Deere. – 2012. – 32 p.
9. Technologies Driving Predictive Maintenance (2025). – WorkTrek. – Електронний ресурс: <https://worktrek.com/blog/technologies-driving-predictive-maintenance/>
10. David Green (2023). Mastering Maintenance Tracking: Best Practices, Challenges & Future Trends // Click Maint. – Електронний ресурс: <https://www.clickmaint.com/blog/maintenance-tracking>
11. Luis Sabido (2024) Remote Monitoring in Predictive Maintenance: Improving Machine Health // ERBESSD INSTRUMENTS. – Електронний ресурс: [https://www.erbessd-instruments.com/articles/remote-monitoring-in-](https://www.erbessd-instruments.com/articles/remote-monitoring-in-predictive-)  
predictive-

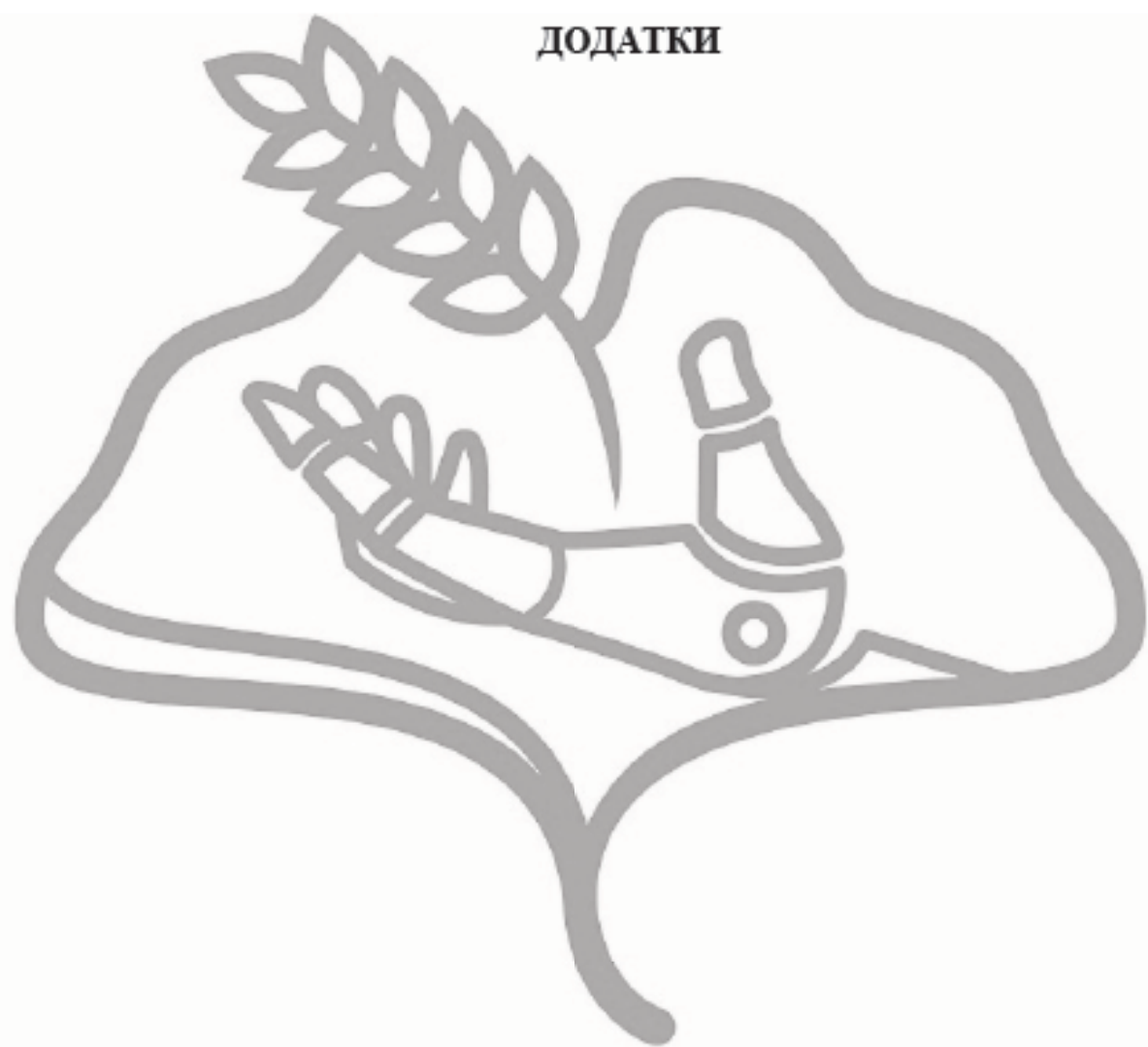
maintenance/?srsltid=AfmBOomof09\_kZJK9xPEjkujKHU3pe\_Xqg\_fRxwrva  
R5b7qppR9aQ5o

12. Прогнозне технічне обслуговування: як воно переосмислює та розвиває тракторний парк // ВКТ-Tires – Електронний ресурс: <https://www.bkt-tires.com/ww/us/blog/agriculture-blog/predictive-maintenance-how-its-redefining-and-evolving-the-tractor-fleet>
13. Khodabakhshian, Rasool & Shakeri, Mohsen. (2011). Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of Preventive Maintenance. International Journal of Agriculture Sciences. 3. DOI: <https://doi.org/10.9735/0975-3710.3.1.39-44>.
14. AJABSHIRCHI, O. Y., Ranjbar, I., Abbaspour, M. H., Valizadeh, M., & ROUHANI, A. (2006). Determination of a mathematical model for estimating tractor repair and maintenance costs. // J. Agric. Sci., 16, 257-267.
15. Rashidi, M., Ranjbar, I., Gholami, M., & Abbassi, S. (2010). Prediction of Repair and Maintenance Costs of Two-wheel Drive Tractors in Iran. Nong Ye Ke Xue Yu Ji Shu, 4(2), 68.
16. Sally (2025) What is The Impact of Tractors on Farm Efficiency? // Cropilots – Електронний ресурс: <https://cropilots.com/tractor-efficiency/>
17. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві (Льченко В.Ю., Карасьов П.І., Лімонт А.С. та ін.) За редакцією В.Ю. Льченка. – К.: Урожай, 1993. 287с.
18. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник / О.В.Козаченко, С.П.Сорокін, О.М.Шкрегаль та ін.; за ред. проф. О.В.Козаченка. – Х.: Факт 2013. – 456с.
19. Лімот А.С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин: навч. посіб. / А.С. Лімот.- Житомир : Держ. Агроєколог. Ун-т, 2008. – 410с.
20. Агулов І.І. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин /Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Левчій О.В. – К.: Урожай, 1989. – 256с.
21. Козаченко О.В. Технічна експлуатація сільськогосподарської техніки /

- О.В.Козаченко. – Харків : Торнадо, 2000. – 192с.
22. Козаченко О.В. Практикум з технічної експлуатації сільськогосподарської техніки: Монографія / Козаченко О.В., Сичов І.П. та ін. ; за ред. О.В.Козаченка. – Харків.: Торнадо, 2001. – 374с.
23. Закон України «Про систему інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України» // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2006.- №47. – ст.464. Із змінами і доповненнями, внесеними згідно із Законом України від 24.09.2008 № 586-IV (ВВР). – 2009. - № 10-11. – ст.137.
24. Ільченко В.Ю. Лабораторний практикум з використання машин у рослинництві. / Ільченко В.Ю., Кабанець В.С., Кухаренко П.М., Карасьов П.І. та ін.. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2003. – 396 с.
25. Сорокін С.П. Практикум з використання паливно-мастильних матеріалів / Сорокін С.П., Козаченко О.В., Клімов П.М., Басенко Л.І. – Харків : ХДГУСГ, 2005. – 197 с.
26. Бендера І.М. Технологія технічного обслуговування машин / Бендера І.М., Грушецький С.М., Роздорожнюк П.І., Михайлович Я.М. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2009. -320 с.
27. Khodabakhshian, Rasool & Shakeri, Mohsen. (2011). Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of Preventive Maintenance. International Journal of Agriculture Sciences. 3. DOI: <https://doi.org/10.9735/0975-3710.3.1.39-44>.

факультет  
СНАУ

ДОДАТКИ



Інженерно-  
технологічний  
факультет  
СНАУ

## Додаток А

Вартість основних виробничих фондів (будівля, обладнання, прилади та інструменти):

$$C_0 = C_{\text{буд}} + C_{\text{обл}} + C_{\text{пі}}$$

де  $C_{\text{буд}}$  - вартість будівлі майстерні,

$C_{\text{обл}}$  - вартість обладнання,

$C_{\text{пі}}$  - вартість приладів і інструментів.

**Вартість будівництва майстерні, грн:**

$$C_{\text{буд}} = C_{\text{пит}} \times F_{\text{в.п.}}$$

де  $F_{\text{в.п.}} = 36 \text{ м}^2$  – виробнича площа підприємства ;

$C_{\text{пит}}$  - питома вартість будівельно-монтажних робіт на квадратний метр площі (20000-40000 грн.).

$$C_{\text{буд}} = 31000 \times 36 = 1108800 \text{ грн.}$$

**Вартість встановленого обладнання для ремонту на ділянці, грн:**

$$C_{\text{обл}} = C_{\text{о.плм}} \times F_{\text{в.п.}}$$

де  $C_{\text{о.плм}}$  - середня питома вартість обладнання одного квадратного метра виробничої площі підприємства (500-800 грн.)

$$C_{\text{обл}} = 780 \times 36 = 28080 \text{ грн.}$$

**Вартість приладів і інструменту для ділянки обслуговування та ремонту, грн:**

$$C_{\text{пі}} = C_{\text{п.і.плм}} \times F_{\text{в.п.}}$$

де  $C_{\text{п.і.плм}}$  - середня питома вартість оснащення квадратного метра площі підприємства приладами та інструментом (500-800).

$$C_{\text{пі}} = 600 \times 36 = 21600 \text{ грн.}$$

Тоді вартість основних виробничих фондів ділянки становитиме, тис.грн:

$$C_0 = 1108800 + 28080 + 21600 = 1158480 \text{ грн.}$$

Сума оборотних коштів приймається рівною 10% повної річної вартості

продукції та послуг, в залежності від програми.

$$C_{\text{об.кошт}} = C_0 \times 0,1 = 1158480 \times 0,1 = 115848 \text{ грн.}$$

Обсяг продукції на одного працівника:

$$V_{\text{роб}} = \frac{N_p}{M_{\text{сп}}}$$

де  $N_p$  - річна виробнича програма,  $N_p = 80$  у.р.

$M_{\text{сп}}$  - списочна кількість виробничих працівників,  $M_{\text{сп}} = 2$  чол.

$$V_{\text{роб}} = 21 / 2 = 13,33 \text{ (у.р.)}$$

Обсяг продукції на одиницю площі

$$V_f = N_p / F_{\text{пр}}$$

де  $F_{\text{пр}}$  - виробнича площа,  $F_{\text{пр}} = 144 \text{ м}^2$

$$V_f = 20 / 36 = 0,55 \text{ (ур/м}^2\text{)}$$

Термін окупності

$$O_p = K / \Pi_6$$

де  $K = 1158,48$  тис. грн. – обсяг капіталовкладень в будівництво чи реконструкцію підприємства, дорівнює вартості основних виробничих фондів проектуємої ділянки;

$\Pi_6$  - повний річний балансовий прибуток підприємства

$$O_p = 1158480 / 265668 = 4,36 \text{ роки}$$

$$\Pi_6 = (B_{\text{баз}} - B_{\text{пр}}) \times N_p$$

де  $B_{\text{баз}}$  - повна вартість проведення одного умовного ремонту.

$B_{\text{пр}}$  - собівартість проведення одного умовного ремонту

Повний балансовий прибуток

$$\Pi_6 = (487 - 4179,2) \times 600 = 160,1 \text{ тис.грн.}$$

Повна вартість умовного ремонту по базовому варіанту визначається звітним даним базового господарства за три останні роки. Вона склала 75000 грн. Повна вартість умовного ремонту в проекті визначається за формулою:

$$B_{\text{пр}} = B_{\text{зн}} + H_{\text{зн}} + B_{\text{зч}} + B_{\text{кооп}} + B_{\text{н.пр}} + B_{\text{буд}} + B_{\text{об.ін.}}$$

Заробітна плата на один ремонт

$$B_{\text{зп}} = 1,15 \times T_{\text{год}} \times T_{\text{рем}} = 1,15 \times 85 \times 16 = 1564 \text{ грн.},$$

де  $T_{\text{год}}$  - годинний тариф ( 85 грн/год);

$T_{\text{рем}} = 16$  – трудомісткість ремонтних робіт, год.

Нарахування на заробітну плату:

$$H_{\text{зп}} = B_{\text{зп}} \times 0,375 = 1564 \times 0,375 = 579,75 \text{ грн.}$$

Витрати на запасні частини визначають як сумарну їх вартість та витрати на транспортування і розконсервування, а для проектів можна прийняти в межах 0,35-0,4 від заробітної плати працівників.

$$B_{\text{зч}} = 0,4 \times B_{\text{зп}}$$

$$B_{\text{зч}} = 0,4 \times 1564 = 618,4 \text{ грн.}$$

Витрати на кооперацію з підприємствами

Витрати на кооперацію залежать від обсягів і визначаються сумою відповідних договорів, рекомендується приймати в межах 1,0-1,5 від витрат на запасні частини.

$$B_{\text{кооп}} = 1,2 \times B_{\text{зч}} = 1,2 \times 618,4 = 742,08 \text{ грн.}$$

Витрати на накладні нарахування

Витрати на накладні нарахування складається з нарахувань для загально виробничих, господарських та невиробничих витрат і можуть прийматися в межах 0,15-0,20 від повної заробітної плати.

$$B_{\text{н.вр.}} = 0,2 \times B_{\text{зп}} = 0,2 \times 1564 = 309,2 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування та ремонт будівлі приймаються на рівні 1-2% від вартості будівлі, розділеними рівномірно на всю річну програму дільниці.

$$B_{\text{буд}} = C_{\text{буд}} \times 0,02 / N_p = 1108800 \times 0,02 / 80 = 277,2 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування та ремонт обладнання, приладів та інструменту приймаються на рівні 5-7% від вартості обладнання, приладів та інструменту, розділеними рівномірно на всю річну програму дільниці.

$$B_{\text{об.ін.}} = (C_{\text{об.}} + C_{\text{п.і.}}) \times 0,05 / N_p = (28080 + 21600) \times 0,05 / 80 = 18,9 \text{ грн.}$$

Повна вартість умовного ремонту:

$$B_{гр} = 4179,15 \text{ грн.}$$

Повний балансовий прибуток

$$П_б = 265668 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності:

$$O_p = 1158480 / 265668 = 4,36 \text{ роки}$$



# Інженерно- технологічний факультет СНАУ