

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О.Д.  
СЕМКОВИЧА

## ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
на тему:

Удосконалення конструкції пристрою для ультразвукового  
миття дрібних деталей паливної апаратури дизельних  
двигунів сільськогосподарської техніки

Виконав: студент групи Аін-43сп  
Спеціальності 208 „Агроінженерія”  
Гембарський Олексій Назарович

Керівник: д.т.н., професор Оліскевич М.С.

---

Дубляни 2024



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО**  
**СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О.Д. СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Шарибура А.О.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **З А В Д А Н Н Я**

на дипломний проект студенту  
**Гембарський Олексій Назарович**

1. Тема роботи: **Удосконалення конструкції пристрою для ультразвукового миття дрібних деталей паливної апаратури дизельних двигунів сільськогосподарської техніки**

Керівник роботи: Оліскевич Мирослав Стефанович, д.т.н., професор  
Затверджена наказом по університету від 27.11.23 р. 641/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 31.05.2024 року.

3. Вихідні дані: Провести огляд аналогів, у т.ч. – патентний пошук обладнання для очищення прецизійних деталей. Розглянути двигуни з системою CR. Заплановане зниження енергомісткості – від 30%. Передбачити пристосування спеціальних мийних розчинів. Виробнича програма ремонту форсунок – 16 тис/рік.

4. Перелік питань, які необхідно розробити: 1. Аналіз об'єктів і відомих технологій ремонту. 2. Удосконалення технології очищення. 3. Розроблення конструкції мийної ванни 4.Охорона праці 5.Охорона довкілля 6.Економічний ефект

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Складальне креслення пристрою 2,3.Деталювання 4.Схема електрична. 5 Економічні показники

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5,6	Оліскевич М.С., д.т.н., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. професора О.Д. Семковича			
4	Городецький І.М. к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 16 квітня 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання розділу: «Аналіз об'єктів і відомих технологій ремонту»</i>	<i>23.04.24-10.05.24</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Удосконалення технології очищення»</i>	<i>10.05.24-23.05.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Розроблення конструкції мийної ванни»</i>	<i>24.05.24-10.06.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та захист населення»</i>	<i>1.06.24-10.06.24</i>	
5.	<i>Написання розділу «Охорона праці»</i>		
6.	<i>Виконання розділу: «Розрахунок економічного ефекту»</i>	<i>10.06.24-13.06.24</i>	
7.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>15.06.24</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Гембарський О. Н.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Оліскевич М.С.

УДК 629.3 : 65.21

Гембарський О. Н. Удосконалення конструкції пристрою для ультразвукового миття дрібних деталей паливної апаратури дизельних двигунів сільськогосподарської техніки. Дипломний проєкт. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024.

62 стор. текс. част., 17 рис., 9 табл., 5 арк. ілюстр. матер., 33 бібліогр. джерел..

Робота присвячена ремонту і обслуговуванню дизельної паливної апаратури мобільної сучасної сільськогосподарської техніки, а саме розпилувачів форсунок, плунжерів, клапанів, та інших дрібних прецизійних деталей системи Common Rail, та інших систем живлення дизелів. Основні несправності деталей форсунок – це забруднення, відкладення на прецизійних деталях. Виконано аналіз діяльності підприємства Diesel Technologies Service. Визначено, що підприємство має стабільну діяльність, технічно і технологічно добре забезпечено. Для покращення якості ремонту форсунок було вирішено розробити нову конструкцію ультразвукової ванни для очищення деталей. Запропоновано дооснастити і розширити зону ремонту паливної апаратури. В цій дільниці пропонується використати сконструйований пристрій для ультразвукового очищення деталей. В дипломному проєкті розглянуто питання охорони праці і визначені техніко-економічні показники діяльності станції технічного обслуговування. Розроблено заходи з охорони довкілля.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ І ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ .....	9
1.1 Особливості конструкції елементів системи впорскування .....	9
1.2 Основні дефекти форсунок та способи їх усунення .....	13
1.3 Особливості ремонту форсунок Common Rail .....	16
1.4 Причини відмов форсунок Common Rail .....	17
1.5 Загальна інформація про підприємство .....	18
1.6 Аналіз обладнання та технологій підприємства .....	20
1.7 Оцінка організації робіт .....	22
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ .....	24
2.1 Удосконалення технологічного процесу очищення прецизійних деталей паливної апаратури .....	24
2.2 Аналіз способів ультразвукового очищення деталей .....	27
2.3 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії на ремонт форсунок .....	31
3 РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МИЙНОЇ ВАННИ .....	34
3.1 Опис будови та використання мийної ванни .....	34
3.2 Вибір схеми керування пристроєм .....	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	44
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві .....	44
4.2 Характеристика виробничих небезпек при ремонті паливної апаратури дизелів .....	45
4.3 Пожежна профілактика .....	46
4.4 Вентиляція .....	47
4.5 Інструкція щодо безпеки при експлуатації ультразвукової установки .....	48
5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ .....	49
5.1 Зміст проблеми забруднених стічних вод для підприємства .....	49
5.2 Способи очищення, та апарати переробки стічних вод .....	49

5.3 Застосування фільтрації води.....	51
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ .....	53
6.1 Розрахунок виробничих витрат .....	53
6.3 Розрахунок плану доходів та прибутків .....	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	62

## ВСТУП

Техніко-економічні показники дизелів в основному визначаються станом паливної апаратури. Порушення її регулювання, або зношення деталей може призвести до зниження потужності і погіршення економічності дизеля на 25-35%. Ознаками несправності системи живлення є ускладнений запуск дизеля, зниження номінальної потужності і максимального крутного моменту, нестійка робота, підвищена димність відпрацьованих газів, погіршення економічності тощо. Спрацювання прецизійних деталей призводить до збільшення витікання палива через з'єднання і відповідно до зменшення впорскування палива. Однак, у більшості випадків, відмови паливної апаратури трапляються через забруднення, закоксовування деталей. У зв'язку з цим тема моєї кваліфікаційної роботи, пов'язана з відновленням деталей та спряжень форсунок дизельних двигунів є актуальною.

Паливо витікає через зазор тим сильніше, чим менша частота обертання вала двигуна, тому що при цьому збільшується тривалість нагнітання і знижується циклова подача, що утруднює запуск дизеля. Це означає, що перед розбиранням і прийняттям рішення про заміну/відновлення форсунок, потрібно провести ретельну діагностику двигуна, щоб визначити актуальну несправність. Тому у роботі містяться фрагменти, пов'язані з технологією діагностування.

Об'єкти проектування – технології миття і очищення прецизійних деталей дизельних двигунів сільськогосподарської техніки.

Предмет проектування – вплив застосування нової технології ультразвукового очищення на якість ремонту прецизійних деталей паливної апаратури сільськогосподарської техніки.

Мета проектування – підвищити частку ремонтпридатних деталей типу розпилювачі шляхом застосування їх очищення і притирання.



# 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТІВ І ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ

## 1.1 Особливості конструкції елементів системи впорскування

На продуктивність дизельних двигунів сильно впливає конструкція системи впорскування. Насправді, найпомітніші досягнення, досягнуті в дизельних двигунах, є прямим результатом вдосконаленої конструкції системи впорскування палива. Хоча основною метою системи є подача палива до циліндрів дизельного двигуна, саме те, як це паливо подається, впливає на продуктивність двигуна, викиди та шумові характеристики [1].

На відміну від двигуна з іскровим запалюванням, система впорскування дизельного палива подає паливо під надзвичайно високим тиском (від 200 бар для системи Common Rail). Це означає, що конструкції компонентів системи та матеріали повинні бути вибрані таким чином, щоб витримувати більш високі навантаження, щоб працювати протягом тривалого часу, що відповідає цільовим показникам довговічності двигуна. Для ефективного функціонування системи також потрібні більша точність виготовлення та жорсткі допуски. Крім дорогих матеріалів і витрат на виробництво, дизельні системи впорскування характеризуються більш складними вимогами до контролю. Усі ці функції створюють систему, вартість якої може становити до 30% від загальної вартості двигуна [2].

Основне призначення системи впорскування палива – подача палива в циліндри двигуна. Щоб двигун ефективно використовував це паливо. Паливо має впорскуватися вчасно, тобто час впорскування повинен контролюватися. Необхідно подавати правильну кількість палива, щоб відповідати вимогам до потужності, тобто потрібно контролювати дозування впорскування. Однак для досягнення хорошого згоряння ще недостатньо подати точно відміряну кількість палива в належний час. Додаткові аспекти мають вирішальне значення для забезпечення належної роботи системи впорскування палива [3]. Проаналізуємо їх.

Розпилення палива – забезпечення того, щоб паливо розпилювалося на дуже дрібні частинки, є основною метою розробки систем уприскування дизельного палива. Маленькі краплі гарантують, що все паливо має можливість випаруватися та брати участь у процесі згоряння. Краплі рідини, що залишилися, горять дуже погано або викидаються з двигуна. У той час як сучасні системи вприскування палива здатні виробляти характеристики розпилення палива, які значно перевищують ті, які необхідні для забезпечення повного випаровування палива протягом більшої частини процесу вприскування, деякі конструкції систем уприскування можуть мати погане розпилення протягом деяких коротких, але критичних періодів фази вприскування. Кінець процесу введення є одним із таких критичних періодів [2,4].

Об'ємне змішування – хоча розпилення та повне випаровування палива є критично важливими, забезпечення того, щоб випарене паливо містило достатню кількість кисню під час процесу згоряння, є не менш важливим для забезпечення високої ефективності згоряння та оптимальної роботи двигуна. Кисень забезпечується всмоктуванням повітрям, що затримується в циліндрі, і достатня кількість кисню повинна бути залучена в струмінь палива, щоб повністю змішатися з доступним паливом під час процесу вприскування та забезпечити повне згоряння.

Використання повітря. Ефективне використання повітря в камері згоряння тісно пов'язане з об'ємним змішуванням і може бути досягнуто шляхом поєднання проникнення палива в щільне повітря, яке стискається в циліндрі, і розподілу всього вприскованого палива на кілька струменів. Необхідно передбачити достатню кількість струменів, щоб захопити якомога більше доступного повітря, уникаючи при цьому перекривання струменів і утворення зон, багатих паливом, де не вистачає кисню.

Форсунка відноситься до частини корпусу форсунки/голки, яка сполучається з камерою згоряння двигуна. Такі терміни, як Р-тип, М-тип або

S-тип, стосуються стандартизованих розмірів параметрів сопла відповідно до специфікацій ISO [5,6].

Тримач сопла або корпус інжектора відноситься до частини, на якій встановлено сопло. У звичайних системах упорскування ця частина в основному служила для кріплення сопла та функції попереднього натягу пружини голки сопла. У системах Common Rail він містить основні функціональні частини: сервогидравлічний контур і гідравлічний привід (електромагнітний або п'єзоелектричний).

Інжектор зазвичай відноситься до тримача форсунки та вузла форсунки.

Початок впорскування (SOI) або час впорскування — це час, коли починається впорскування палива в камеру згорання. Зазвичай він виражається в градусах кута кривошипа (CAD) відносно ВМТ такту стиснення. У деяких випадках важливо розрізнити зазначений SOI та фактичний SOI (рис. 1.1).

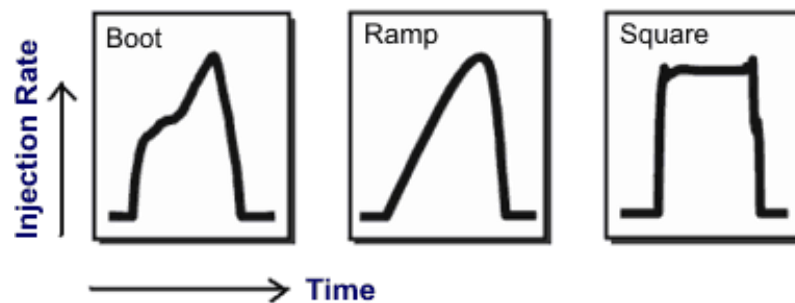


Рисунок 1.1 – Типи осцилограм впорскування дизпалива [7]

SOI часто вказується параметром, який легко виміряти, наприклад часом, протягом якого електронний тригер надсилається до інжектора, або сигналом від датчика підйому голки, який вказує, коли голчастий клапан інжектора починає відкриватися. Точкою в циклі, де це відбувається, є вказаний SOI. Через механічну реакцію інжектора може бути затримка між зазначеним КПП і фактичним КПП, коли паливо виходить із сопла інжектора в камеру згорання. Різниця між фактичним і вказаним КПП полягає в затримці інжектора.

Початок впорскування. У деяких паливних системах упорскування палива узгоджено з генерацією високого тиску. У таких системах початком

подачі є час, коли насос високого тиску починає подавати паливо до форсунки. На різницю між початком подачі та SOI впливає тривалість часу, необхідного для проходження хвилі тиску між насосом та інжектором, а також довжина лінії між насосом високого тиску та інжектором і швидкість звуку в паливі. Різницю між початком доставки та SOI можна назвати затримкою ін'єкції.

Кінець впорскування (EOI) – це час у циклі, коли впорскування палива припиняється.

Кількість палива, що впорскується, — це кількість палива, що подається в циліндр двигуна за один робочий хід. Його часто виражають у  $\text{мм}^3/\text{вприск}$  або  $\text{мг}/\text{вприск}$ .

Тривалість впорскування – це період часу, протягом якого паливо надходить в камеру згоряння з інжектора. Це різниця між EOI та SOI і пов'язана з кількістю впорскування.

Схема введення. Швидкість впорскування палива часто змінюється протягом періоду тривалості впорскування. На рис.1.1 показано три типові форми: черевик, пандус і квадрат [3]. Швидкість відкриття та швидкість закриття відноситься до градієнтів швидкості впорскування під час відкриття та закриття голкового сопла відповідно.

Термін «розділений вприск» іноді використовується для позначення стратегій кількох вприсків, коли основний вприск ділиться на два менші вприски приблизно однакового розміру або на менший попередній вприск, за якою слідує основний вприск.

У деяких системах упорскування палива може статися ненавмисне додаткове впорскування, коли форсунка знову відкривається після закриття. Їх іноді називають вторинними вприсками [10].

Тиск упорскування не використовується послідовно в літературі [4,8]. Це може стосуватися середнього тиску в гідравлічній системі для систем Common Rail або максимального тиску під час упорскування (піковий тиск упорскування) у звичайних системах.

## 1.2 Основні дефекти форсунок та способи їх усунення

На сучасних дизельних двигунах, як і на будь-яких інших, пристрої подачі палива в камеру згорання з часом забруднюються, що може позначитися як на роботі двигуна, так і як його запуск. У моїй бакалаврській роботі йдеться про форсунки CR Bosch. Основний, найбільш поширений діагноз, який стосується, переважно форсунок: «дуже повільно наростає тиск у паливній магістралі». Можливі дві причини: паливний насос високого тиску (ПНВТ) зносився і слабо нагнітає паливо, або у форсунках не тримає зворотний клапан, і паливо через нього стікає, тобто «форсунки зайве зливають» [9].

Початковий стан: форсунка закрита, на вході робочий тиск палива близько 300 бар або більше. Відкриття форсунки для впорскування: на соленоїд подається напруга, зворотний електромагнітний клапан відкривається, кулька, що закриває вихідний дросельний отвір, піднімається і паливо під високим тиском починає стравлюватися в зворотний канал, тиск палива в камері управління падає, а так як на всі елементи форсунки цього скрізь діяло однаковий робочий тиск, тобто на голку знизу та мультиплікатор зверху теж, то різниця тисків палива знизу і в камері управління починає рухати голку та мультиплікатор вгору, відкриваючи розпилювальні отвори форсунок. При знятті керуючої напруги зворотний клапан закривається, тиск у керуючій камері збільшується, після цього внутрішнім тиском голку розпилювача щільно притискає до сідла. А без робочого тиску голка притискається до сідла пружиною [7].

При роз'єднанні паливопроводів абсолютно необхідна гранична акуратність з метою недопущення попадання навіть щонайменших кількостей грязі в порожнину ПА. Особливо це стосується частини ПА, наступної по ходу палива за фільтром тонкого очищення (ФТО). Якщо зовнішня поверхня штуцерів була забруднена, то забезпечити цю вимогу важко. Очищення місць сполучення до роз'єднання слід розглядати як економію часу, а не його втрату

- попадання грязі в ПНВТ і ЛВТ що спричинить значні великі втрати. Очищення проводять жорсткими щітками сухим і мокрим способами [2]. Під щітками розумітимемо металеві і волосяні (полімерні) власне щітки, пензлики, кругові щітки в патроні дреля, Зручні жорсткі зубні щітки. Завершують очищення обдуванням стислим повітрям з вузького сопла. При подальшому демонтажі все штуцера повинні бути закриті (пластмасовими кришками, саморобними чохлами з поліетиленової плівки на аптечних гумках) [11].

Вузлове очищення зовнішніх поверхонь ПНВТ, фільтрів, ТПН, рідше - форсунок проводять в мийних машина струменевого або погрузного типу і водних розчинах синтетичних миючих засобів, наприклад, Ламбомід-101 (102), МС-6 (8) з концентрацією 10...30 г/л при температурі 80°C. Перед цим всі штуцери повинні бути герметично заглушені технологічними пробками або закриті пластмасовими кришками. Якщо попадання миючого розчину всередину вузлів ПА стає вірогідним, то від цієї операції необхідно відмовитися. Чистота зовнішніх поверхонь для подальшого розбирання (ремонт) контролюється відсутністю слідів на серветці або лейкопластирі [16]. У табл. 1.1 наведено дані про найбільш поширені мийні машини струминно-моніторного типу.

Таблиця 1.1 – Характеристики струменевих мийних машин [11]

Марка машини	ОМ-5359	ОМ-5362-61	ОМ-22612	ОМ-5361	ОМ-22616	ЦКБ-1112
Продуктивність машини, м <sup>3</sup> /год.	50	30	70	50-70	30	25
Мийне середовище	гаряча вода	холод. вода	водо-пісч. суміш	холод. вода	паро-водян. суміш	холод. вода
Витрата води, кг/год.	1000	2000	4000	1000	450	5000
Тиск рідини, МПа	10	10	10	10	5	10
Потужність, кВт	5	7,5	25	4	5	7
Габарити, м	1,06* 0,95* 1,3	0,9* 0,6* 0,585	1,2* 0,9*0,8	0,86* 0,62*0,57	1,36* 0,96* 1,13	6*1,03
Маса, кг	430	200	600	185	330	225

Основна машина – це ОМ 5953. Це є пересувна машина на колісному візку. Має автономний насос, підігрівач мийної рідини. Вода підігрівається на

горінні гасу. Застосовуються, крім того, струменеві камерні машини: ОМ-4267М, ОМ-9313, ОМ-4610 - 01, ОМ-837Г, ОМ-22611. Вони мають великі розміри понад 9 м, великі за масою і дорговартісні. Такі машини використовуються для очистки перед ремонтом великих агрегатів. Для миття ПА вони є небезпечні відносно проникнення води у внутрішні порожнини [9].

У таблиці 1.2 приведені відомості про синтетичні мийні засоби. Вони найбільш дешеві і безпечні. Вони добре видаляють асфальто-смолисті і вуглецеві забруднення; ефективніші, менш небезпечніші відносно корозії при попаданні в порожнині ПА, але дорожчі, пожежонебезпечні і токсичні.

Таблиця 1.2 – Характеристики синтетичних миючих засобів для очищення паливної апаратури [13]

Засіб	Напрявлено на видалення	Метод очищення	Концентрація, г/л	Робоча температура °С
МЛ-51	олива, грязь	струменевий	10...25	65..85
Ламбомід-101	олива, грязь	струменевий	10...15	65..80
Ламбомід-102	олива, грязь	струменевий	15..30	70..85
МС-6(8), МЛ-52 Ламбомід-203	олива, грязь асфальто-смолянисті	струменевий зануренням	15..20 20..30	70..80 80..90
АМ-15 Ламбомід-3 1 5	міцні асфальто-смолисті	зануренням	100%	20..40
ТЕМП-100(А)	олива, бруд	струменевий	5...20	60..85
Аерол, МЛ-6	масло, грязь	паро-струменевий	0,5..5	80..95

Коксові відкладення з розпилювачів видаляють за допомогою засобів, що розчинно-емульгуючих, або емульсій на основі АМ-15 або Ламбомід-315 в ультразвукових ваннах з подальшим протиранням і швидкою гарячою сушкою (або повним розбиранням з промивкою в дизельному паливі). При використанні механічних засобів (дерев'яних лопаток, латунних щіток) неприпустимо "втирання" нагари в соплові отвори – зачистки поверхонь до блиску не вимагається, наждачний папір протипоказаний.

Для очищення розпилювачів від нагару раніше використовували комплект інструментів ПММ-5319.

Внутрішність каналів чистять протирами з намотаною бавовняною тканиною. Для якісного очищення використовуються ультразвукові установки типу 6610М, 6634, 6635, 6638. Слід пам'ятати, що сильне закоксування (аж до обростання розпилювача кратерами навколо сопів) – наслідок несправності форсунки або ПА в цілому, і без ліквідації причин утворюватиметься знов [14].

### 1.3 Особливості ремонту форсунок Common Rail

Розбирання форсунки має чітку послідовність (рис. 1.2), яку не можна змінити, бо це вплине на якість робіт [13].



Рисунок 1.2 – Послідовність розбирання форсунки [17]

Якщо полагодити/замінити одну форсунку і не перевірити інші, то вони можуть працювати погано, і подаватимуть дизель некоректно.

Діагностику дизельних форсунок неможливо провести в звичайному автосервісі, адже для перевірки потрібне спеціальне обладнання та інструменти. Крім того, майстер повинен розуміти, що означають ті чи інші параметри, щоб поставити правильний «діагноз» і прийняти рішення — нічого не робити, міняти або ремонтувати форсунку. Для цього потрібен високий рівень знань і досвід.

Якщо вийшла з ладу одна форсунка, це може бути через заводський брак або механічне пошкодження. При цьому моторесурс інших буде нормальним. У цьому випадку інші форсунки міняти не потрібно. Але якщо вийшла з ладу



одна форсунка, а решта на межі поломки, тоді рекомендують не тільки замінити або полагодити всі форсунки, але підійти до питання паливної системи комплексно:

- промити дизельний бак, паливний фільтр і магістралі, що йдуть від бака до ПНВТ;
- перевірити стан самого насоса.

Якщо усувати тільки наслідки – поломку форсунок — та ігнорувати причину, то вихід з ладу форсунок може повторитися.

Як можна вберегти двигун і форсунки від поломок:

- заправляти автомобіль якісним дизелем;
- міняти паливні фільтри кожні 8 000 кілометрів;
- проходити планове і сезонне техобслуговування.

#### **1.4 Причини відмов форсунок Common Rail**

Під час роботи форсунки на її внутрішні робочі деталі впливають високий тиск та підвищене термічне навантаження. Внаслідок чого на робочих поверхнях відбувається утворення нагару та знос основних частин форсунки. І якщо при регулярній діагностиці такий дефект можна виявити на ранній стадії, відсутність належного контролю роботи форсунок може призвести до повного виходу з ладу тих або інших деталей або форсунки в цілому. Це, у свою чергу, істотно збільшить витрати на ремонт.

Найбільш уразливими елементами форсунок системи Common Rail є розпилювач та клапан (мультиплікатор), а причиною виникнення несправності можуть бути такі фактори:

- вироблення робочого ресурсу під час пробігу 150 – 200 тисяч км;
- неякісне паливо (наявність у ньому абразивного пилу та сміття);
- попадання конденсату;
- помилки при самостійному встановленні форсунок;

- порушення правил експлуатації.

Своєчасна перевірка форсунок CR дозволяє усунути неполадки з мінімальними витратами, а в окремих випадках і продовжити їхнє життя.

Для того щоб зрозуміти, що в роботі форсунок з'явилася несправність, зважимо на наступні ознаки. Більшість несправностей можна визначити самостійно, так би мовити «на око», наприклад, за наявності сильного задимлення з вихлопної труби. Утруднений пуск двигуна або його надмірний перегрів навіть після нетривалої роботи також можуть свідчити про несправність в системі подачі палива. Якщо з ладу вийшла одна з форсунок, то двигун починає троїти, що також легко визначається на слух.

### **1.5 Загальна інформація про підприємство**

Diesel Technologies Service (DTS), м. Львів пропонує свої послуги по ремонту дизельних форсунок будь-якої складності (Common Rail Bosch, Delphi, Denso Siemens/VDO/Continental та інші, механічні форсунки, п'єзо форсунки), з автомобілів різних марок та типів D, TD, TDI, SDI, CDI, HDi, TDS, GRDI, CRDI, Dturbo, JTD (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Продукція підприємства: відремонтовані форсунки дизельних двигунів різних типів

Також підприємство здійснює діагностику форсунок на сучасному діагностичному обладнанні (рис.1.4). При наявності потрібних форсунок в підмінному фонді DTS можливий обмін несправних форсунок клієнта на ідентичні, вже відновлені на підприємстві. В цьому випадку всі гарантійні зобов'язання залишаються ті ж.



Рисунок 1.4 – Стенд для діагностики і очищення та калібрування форсунок, перевірку параметрів рейок

Інша, комплексна послуга – діагностика та ремонт паливних систем. Це включає перевірку тиску палива, стану форсунок та рейок. Після виявлення проблем виконують ремонтні роботи (рис. 1.5).

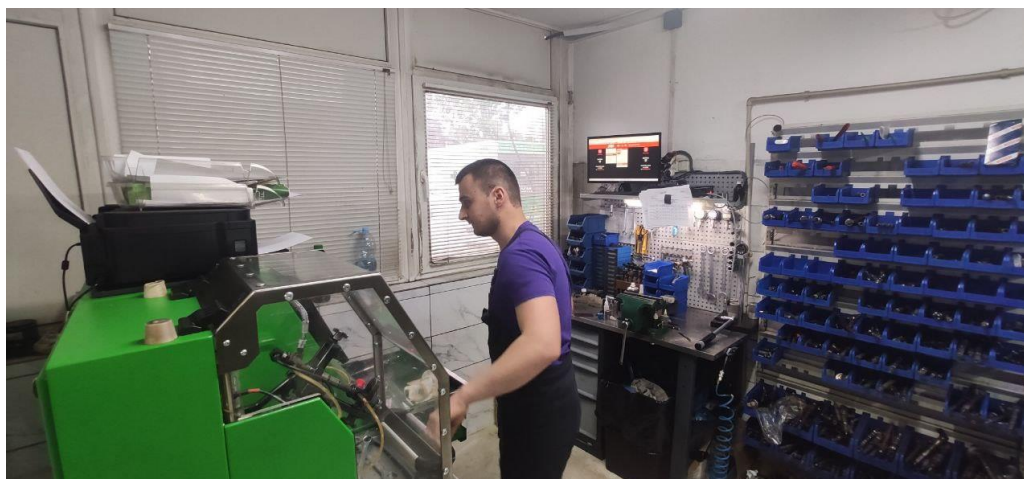


Рисунок 1.5 – Робоче місце для виконання ремонту

Заміна деталей: часто виявлялося необхідним замінити пошкоджені або зношені деталі паливної системи. При цьому важливо є правильно визначити несправні компоненти та відмовитися від їх заміни відповідно до встановлених процедур (рис.1.6).



Рисунок 1.6 – Зона ремонту і огляду розпилювача

Наступна комплексна послуга DTS – технічне обслуговування: його треба проводити регулярно при певному пробігу. Це включає очищення та калібрування форсунок, перевірку параметрів рейок та інші процедури для забезпечення нормальної роботи системи (рис.1.7).

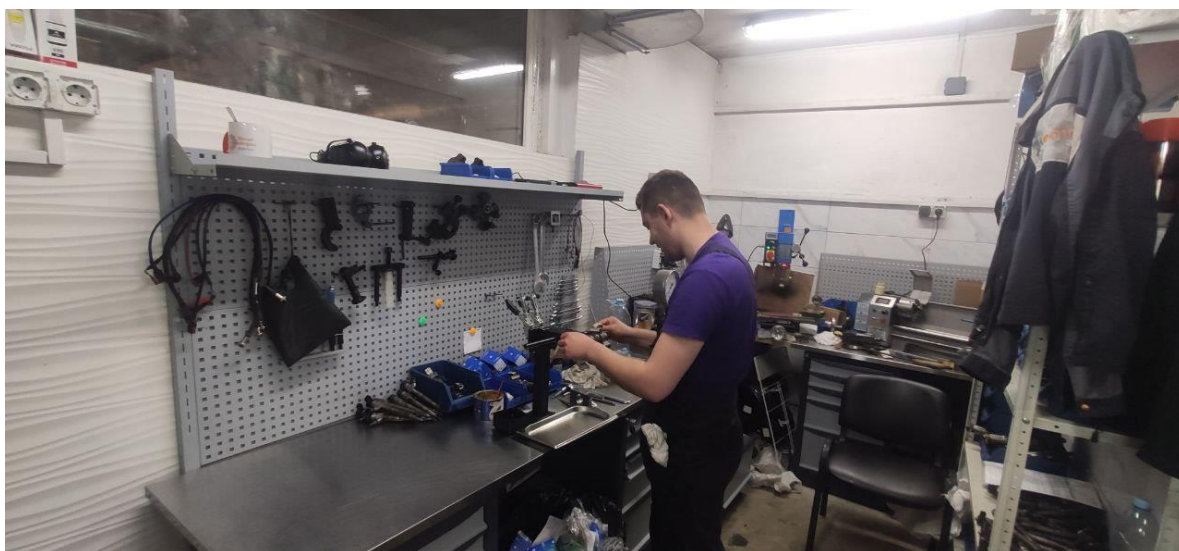


Рисунок 1.7 – Зона ремонту насос-форсунок

## 1.6 Аналіз обладнання та технологій підприємства

СТО має в своєму розпорядженні великий асортимент запасних частин і що комплектують, необхідних для ремонту дизельної паливної апаратури автомобілів різних марок. Зокрема оснащена сучасним оригінальним устаткуванням Bosch для діагностики і регулювання:

- два стенди EPS100 і EFEP60H з ванною для уловлювання паливного туману EPS738 для перевірки форсунок (рис.1.8);
- стенди для перевірки і регулювання ПНВТ, включаючи EPS604 з блоком EPS720 для насосів з турбо-коректором і блоками EPS865 і EPS910 для насосів з електронними регуляторами.

Перевірка насосів і форсунок системи Common Rail проводиться на стенді EPS815 з електронною системою безперервного аналізу подачі палива KMA822 і комплектами CRS845H / CRS848H, що дозволяють працювати з тиском в системі до 2200 бар.

Діагностика автомобіля проводиться за допомогою KTS540 і мотор-тестера FSA450.



Рисунок 1.8 – Стенди для перевірки паливної апаратури

## 1.7 Оцінка організації робіт

Будучи партнером Bosch Service, власник автомайстерні залишається вільним підприємцем, який отримує від компанії Bosch цілий ряд напрацювань для успішного ведення автосервісного бізнесу.

Починаючи від надання технічних ноу-хау, оригінального устаткування, пропозиції програм підвищення кваліфікації персоналу і закінчуючи підтримкою у фінансовому менеджменті, маркетингу і рекламі.

Основні характеристики власників і персоналу DTS є такі.

- приватна форма власності компанії і повністю легальний бізнес;
- має вагомні навички і досвід роботи у сфері автосервісу і (або) торгівлі автозапчастинами;
- відсутність авторизації інших торгових марок виробників автозапчастин, не узгоджених з Bosch;

- володіння будівлею (понад 10 років);
- зручне місце розташування щодо головних проїзних вулиць/шосе;
- площа будівлі СТО – понад 450 кв.м. У будівлі є достатньо місця для розміщення ремонтної зони, складу, роздрібного магазину, приміщення для прийому клієнтів і оформлення заказ-нарядів, побутових і інших приміщень;
- поблизу будівлі DTS є достатня парковка для легкових і вантажних автомобілів клієнтів. Вся територія DTS займає, орієнтовно, розміром в середньому 1000 м<sup>2</sup>;
- володіють діагностичним устаткуванням, згідно стандартів.
- володіють необхідним об'ємом у Сертифікованих Постачальників запасних частин Bosch та інших, і здійснюють продаж їх зі свого складу;
- чітке виконання вимог корпоративного стилю і дизайну, що стосуються приміщень, спецодягу, ділових паперів, реклами.
- мають організаційну і кадрову структуру бізнесу відповідно до рекомендацій. у своєму складі мають 7 працівників, з яких 4 – механіки і електрики;
- використовують ліцензійне програмне забезпечення Bosch ESI;
- орієнтація в роботі на кінцевого споживача;

Проаналізувавши усі ці характеристики, можна зробити висновок, що підприємство, в цілому забезпечене технічно і технологічно, має чітку організаційну структуру. Подальший технологічний розвиток може стосуватись удосконалення існуючого обладнання для ремонту і обслуговування дизельних форсунок, зокрема того, що найчастіше використовується – пристроїв для очищення форсунок від нагару.

## 2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ

### 2.1 Удосконалення технологічного процесу очищення прецизійних деталей паливної апаратури

Очищення прецизійних деталей відбувається за рахунок спільної дії різних нелінійних ефектів, що виникають в рідині під дією потужних ультразвукових коливань. Ці ефекти: кавітація, акустичні течії, звуковий тиск та звуко-капілярний ефект, серед яких кавітація відіграє вирішальну роль. Кавітаційні бульбашки, пульсуючи і захоплюючись поблизу забруднень, руйнують їх. Цей ефект відомий як *кавітаційна ерозія* [10].

Основні види забруднень, які видаляються в процесі ультразвукового очищення, можна об'єднати в чотири групи:

- тверді й рідкі плівки – різні мастила, оливи, жири, пасти тощо;
- твердий осад – частинки металу чи абразиву, пил, нагар, водорозчинні неорганічні сполуки (накип, флюси) і водорозчинні або частково розчинні органічні сполуки (солі, цукор, крохмаль, білок тощо);
- продукти корозії – іржа, окалина тощо;
- захисні покриття, покриття для консервації та захисту – емалі, смоли тощо.

З точки зору ультразвукового очищення забруднення різняться за трьома ознаками:

- *кавітаційною стійкістю*, тобто здатністю витримувати мікроударні навантаження;
- *міцністю зв'язку з поверхнею*, що очищується, стійкістю до відшаровування;
- *ступенем взаємодії з мийною рідиною*, тобто за ступенем здатності цієї рідини розчиняти або емульгувати забруднення.

Ультразвукове очищення не слід застосовувати, коли кавітаційна стійкість поверхні, що очищається менша за стійкість забруднення.



Наприклад, при видаленні пригарних плівок з алюмінієвих деталей існує велика ймовірність руйнування самих деталей.

Кавітаційно стійкі забруднення добре піддаються ультразвуковому очищенню тільки якщо вони слабо пов'язані з поверхнею або взаємодіють з мийним розчином [14]. Такі жирові забруднення, які добре відмиваються в слаболужних розчинах. Покриття з лаку або фарби, окалина, окисні плівки зазвичай кавітаційно стійкі і добре пов'язані з поверхнею. Для ультразвукового очищення від таких забруднень потрібні досить агресивні розчини, тому що тут можлива дія тільки за третьому з перерахованих ознак.

Кавітаційно нестійкі забруднення (пил, пориста органіка, продукти корозії) відносно легко видаляються навіть без застосування спеціальних розчинів.

Залежно від виду забруднень доцільно використовувати такі значення інтенсивності:

- до 1-3 Вт/см<sup>2</sup> – для забруднень, що легко видаляються (масляних і жирових при механічній обробці виробів, розчинних у мийній рідині осадів, флюсів тощо);
- від 3 до 10 Вт/см<sup>2</sup> – для забруднень типу полірувальних і притиральних паст, отриманих при обробці тиском фізичних забруднень і мастил, полімеризованих мастил тощо;
- понад 10 Вт/см<sup>2</sup> – для забруднень, що важко видаляються (лакових плівок, травильних шламів тощо).

Для очищення довгих каналів малого діаметру використовується високо-амплітудне очищення коливаннями з інтенсивністю до 100 Вт/см<sup>2</sup>. [14].

Мийні рідини. Для ультразвукового очищення важливим є правильний підбір мийного розчину, з тим щоб він ефективно розчиняв або емульгував забруднюючі речовини, при цьому по можливості не впливаючи на саму поверхню, що очищається.

При ультразвуковому очищенні як мийну рідину застосовують просту воду, а також і водні розчини мийних засобів та органічні розчинники. Вибір засобу визначається видом забруднень і властивостями поверхні, що очищається. При використанні органічних розчинників (бензин Б-70, фреон-113, чотирихлористий вуглець, трихлоретилен, ацетон, дихлоретан тощо) ефективно очищують поверхні деталей від полірувальних паст, масел (мінеральних, рослинних та тваринних), вазеліну, парафіну, гудрону. Вони не викликають корозії металу. Маючи малий поверхневий натяг, легко проникають в отвори та щілини і розчиняють в них забруднення.

Широке застосування для ультразвукового очищення знайшли фреони. Це обумовлено їх високою розчинюючою здатністю, незначною токсичністю, негорючістю і можливістю легкої регенерації [15]. Широке застосування в ультразвукових установках знайшли також і різні лужні розчини. Їх використовують для знежирювання деталей, очищення від мастила, полірувальних паст, металевого пилю, абразивів тощо. Оснащення для ультразвукового очищення – Ультразвукова ванна для очищення деталей (рис. 2.1)



Рисунок 2.1 – Ультразвукова ванна для очищення деталей [16]

Для ультразвукового очищення необхідною є ємкість з миючим розчином і джерело механічних коливань ультразвукової частоти, що носить назу «ультразвуковий випромінювач». Як випромінювач може використовуватись поверхня ультразвукового перетворювача, корпус ємкості

і навіть сама деталь, що очищується. В останніх випадках ультразвуковий перетворювач кріпиться, відповідно, до корпусу або до деталі.

Ультразвуковий перетворювач перетворює електричні коливання, що подаються на нього в механічні такої ж частоти. У більшості установок використовуються частоти від 18 до 44 кГц з інтенсивністю коливань від 0,5 до 10 Вт/см<sup>2</sup>. Верхня межа частотного діапазону обумовлена механізмом утворення і руйнування кавітаційних бульбашок: при дуже великій частоті бульбашки не встигають захлопуватися, що знижує мікроударну дію кавітації. Перетворювачі можуть бути магнітострикційні або п'єзокерамічні. Перші відрізняються великими розмірами і масою, значно нижчим ККД, однак дозволяють досягати великої потужності до декількох кіловат. П'єзокерамічні перетворювачі є компактнішими, легшими, економічнішими, але потужність їх, зазвичай, не так велика — до декількох сотень ват. Така потужність, втім, достатня для абсолютної більшості застосувань, враховуючи, що у великих установках використовуються відразу декілька випромінювачів. Найвідомішими пристроями є ультразвукові ванни, установки, що спеціально призначені для ультразвукового очищення. Перетворювачі в таких ваннах зазвичай або вбудовуються в отвори в корпусі, або кріпляться до корпусу, роблячи його випромінювачем, або поміщаються всередину у вигляді окремих модулів. Кожен спосіб має свої переваги і недоліки.

## **2.2 Аналіз способів ультразвукового очищення деталей**

Ультразвукова технологія відновлення поверхонь стримується відсутністю необхідного устаткування, а саме, ультразвукових генераторів, ультразвукових випромінювачів різноманітних типів, головним чином магнітострикційних, які спроможні розвинути значну потужність [15]. Магнітострикційні перетворювачі поділяються на стрижневі, плоскі пакетні,

кільцеві пакетні, феритові і складаються вони, як правило, з двох головних частин: активного елемента (магнітостриктору) і пасивного (акустичного трансформатору пружних коливань). Матеріалом для їх виготовлення є: нікель або його сплави у вигляді холоднокатаних стрічок, труб або стрижнів; ферити, пресовані зі спеціальних порошків у вигляді виробів заданої форми [1].

Стрижневі випромінювачі застосовуються для частоти коливань від 2 до 20 кГц при використанні ультразвуку невеликої потужності. Для більш високих частот використання таких випромінювачів небажано з конструктивних міркувань. При виготовленні нестандартних стрижневих випромінювачів основна власна частота пружних подовжніх коливань стрижня, який закріплено посередині, визначається по формулі:

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \text{ Гц}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – порядок гармоніки;

$E$  – модуль пружності Юнга матеріалу стержня;

$l$  – довжина стержня;

$\rho$  – густина матеріалу стержня.

В стрижневих вібраторах можуть виникати коливання вищих гармонік другого, третього і інших порядків. Найбільший коефіцієнт корисної дії отримують при значенні  $n=1$  на першій головній гармоніці.

У свій час найбільш широко застосовували на підприємствах і у дослідних лабораторіях ультразвуковий генератор УЗГ-10, який комплектувався чотирма магнітострикційними випромінювачами ПМС-6 з випромінюючою поверхнею 300×300 мм, інтенсивністю випромінювання від 1,5 до 8 Вт/см<sup>2</sup>, робочою частотою від 19 до 22 кГц і вихідною потужністю 2,5 кВт кожний [14]. Ці випромінювачі розташовували, як правило, у спеціальних ваннах і використовували для підвищення якості і

продуктивності процесу очищення поверхонь деталей від забруднення. Для стабільної роботи перетворювачів передбачалось водяне охолодження. Значно рідше застосовували магніострикційні перетворювачі з концентраторами типу ПМС-15А-18. Ці випромінювачі мали такі технічні характеристики: робоча частота – від 19 до 22 кГц, потужність – 4 кВт, випромінююча поверхня –  $\varnothing$  65 мм, амплітуда зміщення – 25 мкм; і використовувалися, наприклад, для поліпшення технологічного процесу відновлення деталей полімерним покриттям в ультразвуковому полі [3, 15].

Випромінювачі виготовляють, як правило, з магніострикційного матеріалу, який вирубано по заданим розмірам. Направлення пружних коливань на боковій поверхні є радіальним. Випромінювачі працюють на частотах від 2 до 80 кГц. Для визначення основних параметрів перетворювачів використовується умова резонансу:

$$2\pi R = \lambda, \quad (2.2)$$

де  $R$  – середній радіус кільця випромінювача;

$\lambda$  – довжина хвилі у матеріалі кільця.

При використанні ультразвуку потужністю до 500 Вт доцільно використання феритових випромінювачів, які виготовляються з осердь циліндричної і П-подібної форми.

Схема установки стержневого вібратора показана на рис.2.2.

При відомих густині і модулі Юнга матеріалу швидкість звуку в фериті визначається залежністю:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (2.3)$$

Необхідна довжина стержня розраховується по формулі:

$$l = \frac{C}{2f}, \quad (2.4)$$

Так, для частоти коливань  $f = 20$  кГц довжина стержня становить приблизно 133 мм.

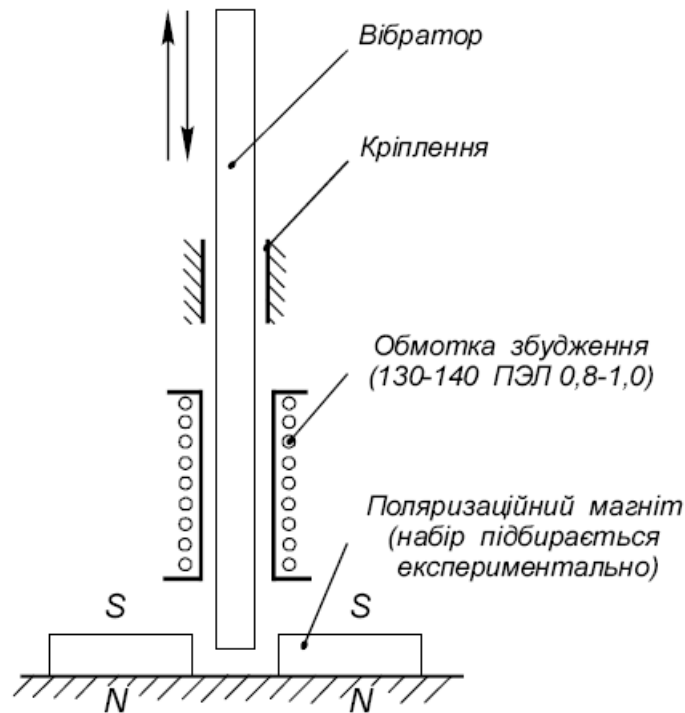


Рисунок 2.2 – Схема установки стержневого вібратора

При виготовленні випромінювача низької частоти з феритів необхідно отримати замкнутий магнітопровід при попарному з'єднанні стержнів відшліфованими торцевими поверхнями.

Головна резонансна частота повинна бути кратною довжині напівхвилі  $\lambda/2$ . Використання феритових випромінювачів в межах дозволеного навантаження дає змогу вилучити водяне охолодження, отримати велике значення магнітострикційної постійної, велику магнітострикційну чутливість, отримати високу точку Кюрі, що дає можливість працювати при високих температурах (від 300 до 450° C).

Згідно приведеної методики мною були розраховані феритові магнітостриктори стрижневого типу на частоті коливань від 14 до 75 кГц. Тому я пропоную відомий магнітостриктор з замкнутим магнітопроводом на частоті 44 кГц перелаштувати на магнітострикційний перетворювач типу ПМС-6 для очищення на частоті 30-35 кГц.

### 2.3 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії на ремонт форсунок

Потрібну кількість матеріалів визначаємо з формули [27]:

$$Q_m = W \cdot q_m, \text{ кг}, \quad (2.5)$$

де  $W$  — річна програма відновлення деталей;

$q_m$  — норма витрати матеріалу на одну деталь, кг. Норму витрати матеріалів визначаємо за формулою:

$$q_1 = h_1 \cdot t_1/60, \quad (2.6)$$

де  $h_1$  — годинна витрата  $i$ -го матеріалу (задана норма).

Так, витрату притиральної пасти визначимо:

$$q_{\text{пасти}} = 4,3 \cdot 6,381/60 = 4,5 \text{ г}$$

$$Q_{\text{пасти}} = 4,5 \cdot 16000 = 73168 \text{ г}$$

Витрати інших матеріалів подано в табл.2.1.

Розрахунок витрати електроенергії на виробничі потреби здійснюємо за наступними формулами. Так, сумарна активна потужність споживачів енергії:

$$N_a = K_c \cdot \sum_{i=1}^n N_{\text{уст}i}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

де  $N_{\text{уст}i}$  — потужність  $i$ -го споживача, кВт;

$K_c$  — коефіцієнт завантаження обладнання;

$N$  — кількість споживачів.

Характеристика споживачів вказана в таблиці 2.2. Річна витрата електроенергії визначається з формули [5]:

$$N_p = \sum (N_{ai} \cdot \Phi_{di} \cdot n_i \cdot K_{zi}), \text{ кВт} \quad (2.8)$$

де  $\Phi_{di}$  — дійсний фонд часу роботи  $i$ -го типу обладнання;

$K_{zi}$  — коефіцієнт завантаження споживачів струму за часом;

$n_i$  — кількість змін роботи  $i$ -го обладнання.

Таблиця 2.1 – Заплановані річні витрати матеріалів

Назва матеріалу	Одиниця виміру	Річна витрата
Вода	л	73168
Сода кальцинована	кг	600
Сода каустична	кг	510
Дизельне паливо	л	1420
Гас	л	440
Бензин неетилований	л	310
Паста притиральна НЗТА	кг	73,2
Олива дизельна	л	200
Мийний розчин МС-15	м <sup>3</sup>	67

$N_{1=} = 5,6 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 0,8 \cdot 1870 \cdot 10,87 + 2,5 \cdot 1870 \cdot 10,87 +$   
 $+ 2,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 6,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4,5 \cdot 1870 \cdot 10,87 + 0,6 \cdot 1870 \cdot 10,87 = 560420$   
 Вт·год. Орієнтовно — 560 кВт·год.

Річну витрату електроенергії на освітлення приміщень визначаємо за питомими витратами на освітлення 1 м<sup>2</sup> площі:

- слюсарно-ремонтного відділу - 20 Вт/м<sup>2</sup>
- діагностувально-регулювального відділу- 45 Вт/м<sup>2</sup>

Таблиця 2.2 – Характеристики споживачів електроенергії

Назва, марка обладнання	Встановлена потужність, кВт
Контрольно-дефектувальне	
Стенд для форсунок	0,3
Стенд 562	4,0
Складально-пригоночні	
Мийна машина	2,5
Ванна мийна	0,6
Вентилятор витяжний	0,5

Враховуючи площу кожного приміщення, енергія на освітлення обчислена з врахуванням річного часу освітлення за формулою [5]:

$$N_{осв} = \sum_{i=1}^k (F_i \cdot p_i) \cdot t_{осв}, \text{ Вт}\cdot\text{год.}, \quad (2.9)$$



де  $F_i$  - площа і-го приміщення, м<sup>2</sup>;

$P_i$  - потужність освітлювальних приладів в і-му приміщенні, кВт;

$t_0$  - тривалість освітлювального періоду, год.

$$N_{осв} = (30 \cdot 25 + 30 \cdot 25 + 6 \cdot 20) \cdot 650 = 46800 \text{ Вт} = 46,8 \text{ кВт}$$

Річні витрати електроенергії становлять:  $N_{сум} = 560 + 46,8 = 606,8 \text{ кВт}$

## **3 РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МИЙНОЇ ВАННИ**

### **3.1 Опис будови та використання мийної ванни**

Дана ванна, в першу чергу призначена для проведення ультразвукового очищення в миючих розчинах виробів, деталей і механізмів автомобілів і мотоциклів, залізничного і водного транспорту, таких як жиклери, форсунки інжекторів, клапани, сітчасті фільтри, підшипники і тонких прецизійних вузлів і конструкцій механізмів і так далі. Забезпечує гарантоване очищення даних виробів і деталей по приведених в керівництві по технічних експлуатаційних методиках. Ультразвукові ванни дозволяють понизити трудомісткість очищення дрібних деталей. Середня тривалість очищення не перевищує 10 хв. залежно від забруднень. Ультразвукове очищення впливає ощадно на деталі і вузли кавітуючим розчином, що дозволяє відмивати їх без пошкоджень, ведучих до відмови.

Принцип роботи установки заснований на, так званому, явищі кавітації, що виникає в рідині. Механічні коливання робочої частини ультразвукового випромінювача викликають виникнення в миючому розчині пружних хвиль і, як наслідок пульсуючих бульбашок газу, які "живуть" нетривалий час і закриваються під впливом акустичного тиску. Процес виникнення і закриття бульбашок продовжується впродовж всієї дії на рідину (у нашому випадку миючий розчин) ультразвукових коливань. Закриття кожної бульбашки супроводжується появою імпульсу тиску, локальним підвищенням температури, виникненням мікроструменів і мікротечій. Це породжує інтенсивну гідродинамічну дію на оброблювану поверхню і обуславлює видалення з неї забруднень. Локальні термоудари додатково сприяють очищенню забрудненої поверхні. Виникнення мікротечій і мікроструменів сприяє впровадженню і проникненню кавітуючому миючого розчину в самі труднодоступні мікропорожнини і канали малого діаметру, що дозволяє достатньо швидко і якісно відмивати від забруднень різного характеру

інструменти з складною конфігурацією поверхні. Зручність маніпуляцій з відмиваним інструментом забезпечується спеціальним облямовуванням-піддоном, що встановлюється при відмиванні в зоні найбільш активної ультразвукової дії [5].

Внутрішні розміри ультразвукової ванни з об'ємом 2,5 л 150×140×150мм.

Робоча частота ультразвукових коливань – 32+2 кГц.

Живлення від мережі змінного струму 220В, 50Гц.

Потужність, споживана установкою від мережі, не більше 100 Вт

Установка розрахована на роботу в повторно-короткочасному режимі:

30-40 хвилин робота, 10-15 хвилин пауза.

По електробезпеці установка відповідає ISO 12.2.025:2006 і виконана як виріб класу I з робочою частиною типу H [2,24].

Одним з достоїнств установок є можливість якісного ультразвукового очищення виробів, що мають приховані "кишені", глибокі, складної форми канали малого діаметру, труднодоступні для звичайного механічного чищення. Якісний ефект очищення досягається за рахунок утворення в рідині ультразвукової кавітації – імпульсів тиску, порожнеч кавітацій, що виникають при зімкненні, дії мікропотоків і мікроперебігу миючого розчину в ультразвуковому полі на поверхню і внутрішні порожнини оброблюваних виробів. Використання високочастотних ультразвукових коливань повністю виключає пошкодження поверхні виробів, що очищаються, що практично неможливо досягти при будь-яких інших методах очищення.

Установка мають кожух захисту від шумового фону, а також блок завдання тривалості циклу обробки. Надійність установки досягнута за рахунок оригінальної конструкції генератора, унікальної технології кріплення випромінювачів під днищем ємкості і безшовного виконання самої ємкості, що забезпечує її довговічність (зварні ємкості схильні до прогресивного руйнування) [15,20].

Максимальна частота ультразвукових коливань, – 35 кГц.

Ультразвукова потужність – 80+10 Вт.

Кількість ультразвукових перетворювачів – 1 шт.

Час обробки – 1-27 хв.

Робочий об'єм камери – 2,7 л

Конструктивно установка складається з корпусу, генератора ультразвукових коливань, ванни і таймера. Загальний вид установки зображений на аркуші 1 графічної частини. У ванні на дні розміщуються оброблювані вироби для проведення процесу миття в миючому розчині. Включення установки в мережу проводиться перемикачем "Мережа".

Підготовка установки до роботи полягає в такому.

1. Установку розмістити в будь-якому зручному для роботи місці (стіл, тумбочка і тому подібне).

2. У конструкції установки застосована мережева вилка із заземляючим контактом. За відсутності у споживача відповідної розетки, останню необхідно заздалегідь встановити, узявши її з комплекту постачання установки [18].

3. Провести зовнішній огляд установки і переконатися в надійному кріпленні деталей і вузлів. Зливний шланг повинен бути закріплений у фіксуючому гнізді.

4. Зняти кришку і ретельно відмити внутрішню поверхню ванни від виробничих забруднень за допомогою щітки і порошку.

5. Залити у ванну водопровідну воду до рівня 70 мм від дна ванни. Примітка. У міській водопровідній мережі вода часто містить велику кількість розчиненого повітря, яке ослабляє кавітацію. В цьому випадку вода повинна відстоятися в ємкості – доба, дві.

6. Категорично забороняється включати установку за відсутності рідини у ванні.

7. Переконатися, що перемикач "Мережа" знаходиться у вимкненому положенні.

8. Підключити установку до мережі живлення за допомогою мережевого шнура.

9. Включити установку перемикачем "Мережа", при цьому спалахує індикатор зеленого кольору і підсвічує червоним кольором клавіша перемикача "Мережа".

10. Ручку таймера "Час" повернути управо до упору, при цьому установка включиться (пролунає характерний шиплячий звук). Потім поворотом ручки вліво встановити час обробки за шкалою таймера.

11. Переконатися, що установка працює в заданому режимі. Для цього необхідно спостерігати характерні "хвильки" на поверхні розчину, супроводжуючу процес ультразвукової обробки. Після закінчення заданого часу ручка таймера встановлюється в початкове значення шкали і установка автоматично відключається.

Порядок роботи.

1. Зняти кришку з ванни.
2. Завантажити на дно ванни вироби, що підлягають обробці.
3. Залити миючий розчин до рівня, що перекриває рівень відмиваних деталей, але не менше 30 мм від верхнього краю ванни. Дрібні вироби слід завантажувати в скляний або металевий стакан з миючим розчином. В цьому випадку, замість миючого розчину, у ванну заливається водопровідна або питна вода.
4. Закрити кришку. Підключити установку до мережі
5. Встановити час обробки.
6. Провести обробку, повторюючи пункти 1-5.
7. Після закінчення обробки зняти кришку з ванни, вивантажити оброблені вироби, обполоснути їх в проточній воді протягом 1 хв. і висушити в потоці теплого повітря. Щоб уникнути виходу з ладу таймерного пристрою і псування зовнішнього вигляду установки, вивантаження оброблених

виробів проводити акуратно. Миючий розчин, що потрапив на корпус установки і органи управління, видалити ганчіркою.

8. Відключити установку від мережі перемикачем "Мережа" і вийняти вилку з розетки.

9. Після закінчення роботи злити миючий розчин з ванни. Обполоснути ванну, протерти її внутрішню поверхню. Ванну залишити відкритою для просушування.

Очищення механічних форсунок. Для здійснення якіснішого очищення потрібно забезпечити прочищений стан форсунки. З цією метою необхідно акуратно прочистити замочний клапан (використовуючи для цього тонку мідну або латунну пластину) і зафіксувати його в цьому положенні напівпетлею з тонкого мідного дроту 00,3 довжиною 10,4 мм. На верхній край ванни (уздовж установки) встановлюється пластина з отворами або стрижень на якому за допомогою дроту вивіщуються форсунки. Форсунки вивіщуються вертикально так, щоб фільтри-сітки були орієнтовані до дна ванни. У ванну заливається миючий розчин до рівня того, що покриває форсунки, але не менше 80 мм від верхнього краю ванни і проводиться ультразвукове очищення по вибраних режимам. Критерієм очищення сітки є відсутність гязі при інтенсивному постукуванні форсунок торцем (з боку сітки) по твердому предмету, наприклад, текстолитовому листу, покритому білою тканиною або папером. Після очищення сітки проводиться очищення внутрішнього каналу форсунки і клапана. Для цього форсунка встановлюється на дно ванни і проводиться ультразвукове очищення. Критерієм повного очищення форсунки є рівномірне факелоутворення палива при випробуванні її на стенді. Для оцінки якості очищення можна також скористатися одноразовим шприцем (без голки), прокачавши паливо через форсунки. Очищення електромагнітних форсунок, регуляторів холостого ходу, перепускних клапанів і інших елементів систем з електромагнітними клапанами. Очищення цієї категорії елементів дизельного

двигуна передбачає використання додаткове керування електронного блоку – драйвера, що дозволяє забезпечувати роботу електромагнітних клапанів елементів, що очищаються, в режимах аналогічних режимам роботи цих елементів паливної апаратури дизеля. Це дозволяє інтенсифікувати процес очищення. В більшості випадків використання драйвера є строго обов'язковою умовою. Інакше відмивання буде малоефективним. Ефективність очищення цих складних елементів залежить від якості миючого розчину.

Як миючий розчин я рекомендую миючі засоби для ультразвукового очищення: "Фаворит Ультра" і "Фаворит Ультра Red" [24]. При використанні водних миючих розчинів необхідно використовувати тільки дистильовану воду. Використання бензину як миючий розчин категорично забороняється. З метою економного використання спеціальних розчинів рекомендується провести попередній цикл очищення в дизельному паливі або гасі.

Очищення елементів проводиться таким чином.

Вибраний миючий розчин заливають у високий скляний або металевий стакан, який встановлюється на дно ванни. У ванну, в цьому випадку, заливається звичайна питна вода до рівня, при якому стакан стійко стоїть на дні ванни. За допомогою блоку управління елемент, що очищається, підключається до виходу блоку. Підключений елемент розташовується в миючому розчині так, щоб контактні майданчики знаходилися вищим за рівень миючого розчину. Для кожного виду елементів, що очищаються, може бути виготовлене відповідне оснащення, що одягається на стакан з миючим розчином. За допомогою органів управління блоку встановлюються режими роботи елементів, що очищаються, як при роботі на дизельному двигуні (частота відкриття, робоча напруга). Управління включається і за допомогою установки проводиться ультразвукове очищення. Послідовність очищення і контролю чистоти аналогічні як і у разі очищення механічних форсунок. В

процесі очищення рекомендується періодично міняти частоту відкриття клапанів елементів, що очищаються.

Розчин краще працює в нагрітому вигляді (50 до 60 °C). В процесі роботи він нагрівається сам, але не відразу [14]. Спочатку його краще підігріти попередньо. При використанні миючих водних розчинів необхідно використовувати дистильовану воду. Використання бензину як миючий розчин категорично забороняється. Для якіснішого відмивання всіх внутрішніх елементів форсунки і видалення з них забруднень, що відшарувалися в процесі відмивання, і відкладень відмивання форсунок рекомендується проводити в три етапи, описаних нижче. Кількість етапів і їх послідовність для сильно і слабо забруднених форсунок однаково. Відмінність полягає в тривалості відмивання, яке для сильно забруднених форсунок буде більше із-за необхідності по-перше тривалішої дії при сильному забрудненні і по-друге почергового відмивання по дві форсунки з, наприклад, чотири.

### **3.2 Вибір схеми керування пристроєм**

Загальні вимоги до ультразвукових генераторів викладені в ISO 16165:2008 [15]. У загальному вигляді функціональна схема генератора включає задаючий генератор, підсилювач потужності, систему зворотного зв'язку. Задаючий генератор служить для формування змінної електричної напруги заданої частоти. Вибір схеми генератора здійснюється виходячи з вимог до точності підтримки частоти, лінійності її підстроювання, характеристик підсилювача потужності і системи зворотного зв'язку.

На практиці ще використовують мультівібратори, таймери, блокінг-генератори і генератори, керовані напругою. Для систем зворотного зв'язку, що виділяють синхросигнал, використовують блокінг-генератор або



мультивібратор. Для систем, що виділяють сигнал, що лінійно змінюється з частотою – таймери [15].

У системах зворотного зв'язку застосовують мостові схеми виділення сигналу зворотного сигналу, схеми частотних і фазових детекторів, схеми з датчиком зворотного акустичного зв'язку. Найширше використовують мостові схеми і схеми, що приводяться до них, з диференціальним трансформатором. В цьому випадку навантаження генератора, яким є перетворювач, включається в одне з плечей моста. Вимога постійності електричного опору є недоліком мостових схем, оскільки електричні параметри перетворювача сильно залежать від температури і живлячої напруги [1].

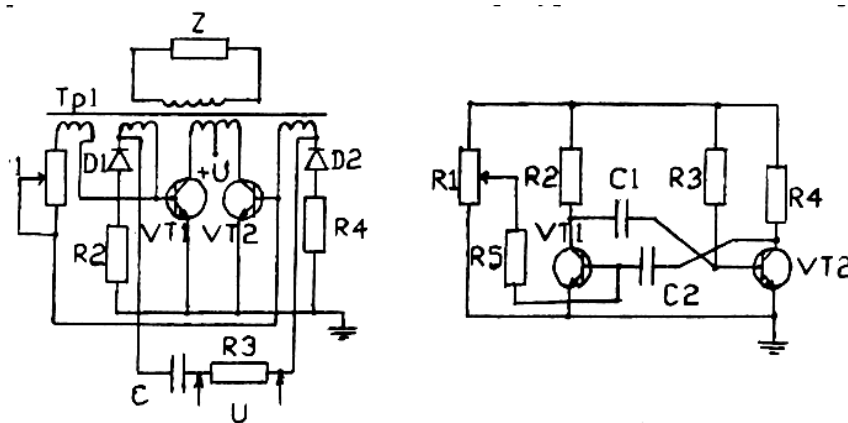


Рисунок 3.1 – Мостова схема генератора [15]

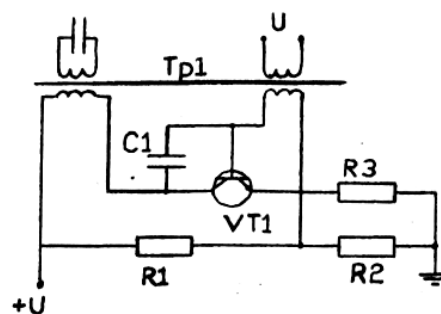


Рисунок 3.2 – Принципові схеми типових задаючих генераторів

Двотактна схема з паралельним включенням транзисторів (рис.3.3) володіє великим ККД (до 80%) і її можна використовувати в пристроях

потужністю до 500 Вт. При потужностях 100 - 250 Вт використовують напівмостову схему включення транзисторів.

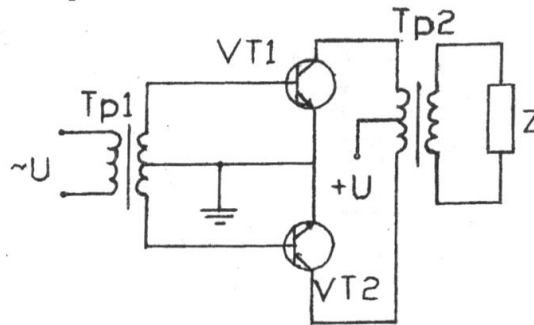


Рисунок 3.3 – Двотактна схема підсилювача потужності

Напруга джерела живлення подається до моста, одне плече якого складають два послідовно включених транзистора, а друге – два конденсатори, до середньої точки яких підключений вихідний трансформатор. Напруга збудження подається на трансформатори в протифазі. Для збільшення потужності напівмостових і мостових схем застосовують паралельне включення транзисторів і паралельне включення осередків з роботою від одного задаючого генератора і навантаженням на загальний вихідний трансформатор, що має число обмоток по числу що включаються паралельно осередків.

У генераторах тиристорів блок підсилення перетворить енергію постійного струму джерела живлення в енергію змінного або пульсуючого струму. Такі пристрої називають інверторами, які бувають автономними і залежними. Автономним називають інвертор, в ланцюзі навантаження якого немає джерел активної енергії тієї ж частоти (рис.3.4). Комутація в обох випадках відбувається під впливом напруги на комутуючому конденсаторі  $C_{\phi}$ . Індуктивності  $L1-L4$  разом з  $C_{\phi}$  і опором навантаження  $R_h$  утворюють коливальний контур, частота власних коливань якого  $f_0$  повинна бути більше частоти проходження імпульсів  $\omega$ , що управляють. Порядок роботи схеми (а) наступний. Хай відкритий тиристор  $T1$ . Струм джерела, протікаючи по ланцюгу  $T1, L1, C_{\phi}, R_h$  змінюється за законом затухаючої синусоїди.

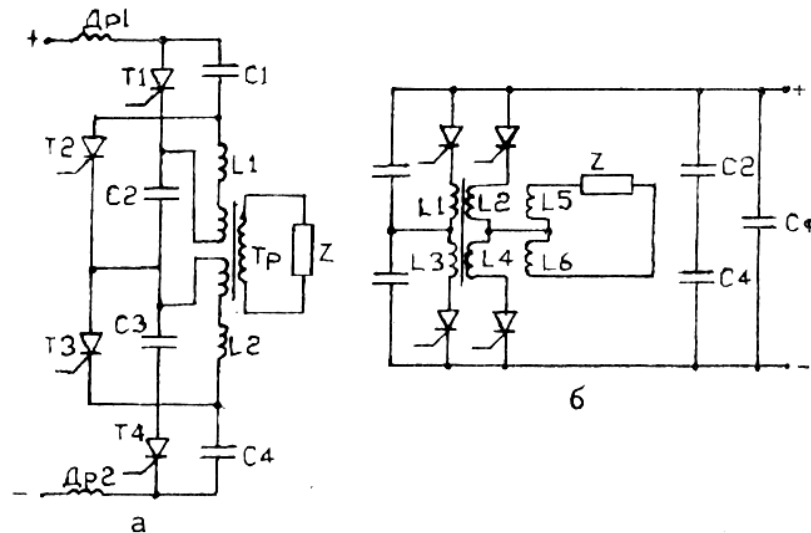


Рисунок 3.4 – Комбінований чотиритактний інвертор (а) і багатоосередковий послідовний інвертор (б)

За час першої половини періоду частоти  $\omega$  струм навантаження падає до нуля, а напруга на конденсаторі  $C2$  досягає максимуму і прикладається в зворотній полярності до тиристора  $T1$ , замикаючи його. Час прикладання замикаючої напруги повинен бути не менше часу замикання тиристора. Після повного замикання  $T1$  відкривається  $T2$ . Тепер відбувається розряд і через навантаження  $R_n$  протікає струм зворотного напрямку. Так в навантаженні виникає змінний струм. Після закінчення другої половини періоду напруга на  $C\phi$  міняє знак і замикає  $T2$ . Відкривається  $T1$  і цикл повторюється.

У схемі 3.4б тиристри  $T1$  і  $T2$ ,  $T3$  і  $T4$  працюють попарно. Оскільки вони сполучені послідовно, та напруга джерела живлення може бути в два рази більше, ніж в схемі 3.4а. Для зменшення втрат від струму високої частоти в джерелі живлення, його підсумовують конденсаторним фільтром великої ємкості. Максимальна частота інвертора визначається виразом:

$$f_{\max} = K/t_{\text{викл.}}, \text{ кГц}, \quad (3.1)$$

де  $K$  – умовний коефіцієнт;

$t_{\text{викл.}}$  - час виключення.

Для схеми 3.4а:  $K=0.15$ , а  $t_{\text{викл.}}=20$  мкс. Звідси  $f_{\max}=7.5$  кГц [14]. Для підвищення частоти використовують комбіновані інвертори.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві**

Відповідальність за проведення і керівництво практичними заходами з охорони праці та довкілля в підприємстві здійснюється керуючим підприємством в майстерні по ремонту доручено начальнику майстерні та інженеру з техніки безпеки.

За час виробничої діяльності СТО створені належні умови праці для робітників. Діють санітарно-побутові приміщення, робочі місця оснащені засобами безпеки праці: захисними кожухами, витяжною вентиляцією, заземленням та місцевим освітленням. Проведена паспортизація умов праці на робочих місцях та атестація робочих місць, складено карти атестації робочих місць. Низькі бали отримали показники робочих місць з відновлення деталей як прогресивність застосовуваної технології, ступінь механізації та психофізіологічні умови праці (монотонність та ін.).

Для виконання заходів з безпеки життєдіяльності щорічно укладається колективна угода між адміністрацією та профспілковим комітетом. На виконання таких угод використовуються кошти, призначені на капітальні вкладення і капітальний ремонт, а також прибутки, витрачаються на загальногосподарські витрати.

Перший інструктаж на робочому місці та повторні (не рідше одного разу на 6 місяців) проводить начальник майстерні (цеху). Вступний інструктаж реєструють в журналі реєстрації інструктажу на робочому місці.

На території СТО організовані пости пожежного інвентаря, легкозаймисті матеріали зберігаються в спеціальних приміщеннях, а промаслене ганчір'я та інший обтирочний матеріал — в металевих ящиках з кришками.

Виробнича вентиляція цеху створює на робочих місцях мікроклімат і чистоту повітря згідно з санітарно-гігієнічними нормами. Вона видаляє з

приміщення забруднене і подає свіже повітря, а також спричиняє рух повітря в робочих зонах.

Приміщення майстерні освітлюється природно через бокові вікна і штучно, з допомогою світильників денного світла, встановлених в верхній частині. Це забезпечує рівномірність освітлення всієї майстерні.

Таким чином у підприємстві підтримуються належні умови безпеки життєдіяльності. При розширенні обслуги відновлення деталей шляхом наплавлення необхідно розробити правила безпечного проведення цих робіт і передбачити додаткові заходи для видалення газів, що утворюються.

Такими заходами може бути додаткова місцева механічна витяжна вентиляція.

#### **4.2 Характеристика виробничих небезпек при ремонті паливної апаратури дизелів**

Територія ремонтних майстерень, виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинна відповідати технологічному процесу ремонтного виробництва та вимогам санітарних норм проектування. Поверхня має бути вирівняна й спланована так, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків від будівель, майданчиків, проїздів та пішохідних доріжок. Ширина дороги для руху техніки і пішохідні доріжки до майстерні, санітарно-побутових, допоміжних та інших приміщень при однобічному русі повинні бути на 1-8 м, а при двобічному на 2,7 м більша за ширину сільськогосподарської машини. Ширина пішохідної доріжки має бути не менше 1,5 м [19].

Майданчики для зберігання автомобілів повинні бути рівними, з твердим покриттям (асфальт, бетон, та ін.).

Виробничі процеси, які супроводжуються забрудненням робочої зони шкідливими речовинами (отруйні гази, пари, пил), потрібно проводити в окремих приміщеннях, обладнаних вентиляцією.

Підлога в приміщеннях цехів повинна бути щільною, з твердим покриттям, зручним для очищення та ремонту. В приміщеннях, де користуються водою, підлогу влаштовують з нахилом для стоку. На естакадах по всій довжині мають бути поручні висотою не менше як 1 м.

Усі зовнішні входи та виходи, в'їзди у виробничі приміщення обладнують тамбурами для запобігання протягам і тепловими завісами.

Дахи та карнизи будівель у зимовий час потрібно регулярно очищати від снігу та льоду.

Проходи між стелажми полицями, шафами у складських приміщеннях повинні бути шириною не менше 1 м.

Прилади та інструменти, які використовуються для технічного обслуговування і діагностики машин, повинні бути справними і відповідати вимогам техніки безпеки.

Агрегат технічного обслуговування розташовують на горизонтальному майданчику в найбільш зручному положенні відносно машини, що обслуговується, гальмують та заземлюють.

### **4.3 Пожежна профілактика**

У кожному підприємстві для гасіння пожеж організовані добровільні товариства — дружини, а в майстерні — відділки цих дружин.

Для гасіння пожеж в майстерні повинні бути індивідуальні пожежогасники. Мати мотопомпу або ручний насос. До місця пожежі воду подають насосами, пожежними автомобілями, молоковозами, поливальними машинами.

Для звукової сигналізації про пожежу в майстерні встановлюють сирени, рейки, дзвони. З метою мобілізації працівників майстерні (ремонтно - технологічної бази) і мешканців використовують місцеве радіомовлення.

Проаналізувавши стан охорони праці на СТО, видно, що не виконуються вимоги нормативних документів з охорони праці, тобто робітники в підприємстві не повністю забезпечені спецодягом, аптечками першої медичної допомоги та не усі агрегати обладнані засобами пожежегасіння.

Отже щоб на підприємстві стан охорони праці відповідав необхідним вимогам, то потрібно усунути виявлені нами недоліки.

#### **4.4 Вентиляція**

Одним з багатьох факторів які погіршують самопочуття і викликають захворювання працівників є надлишок відпрацьованих газів і випромінюване тепло. За допомогою вентиляції вдається зменшити запиленість повітря і забруднення його шкідливими газами та парами, знизити температуру і добитися такого положення, щоб в робочій зоні виробничого приміщення вміст токсичних газів, пилу, парів та інших аерозолів не перевищував гранично допустимих норм [9].

В зоні технічного обслуговування і ремонту де постійно знаходяться працівники і де режим роботи більш-менш рівномірний, розрахунки ведуть на допустиму концентрацію оксиду вуглецю ( $20 \text{ мг/м}^3$ ) і відносять їх також до однієї години роботи. Використовуваний повітрообмін необхідний для розчинення газів, що виділяються. Організований повітреобмін виконується через отвори у вікнах, дверях, а також за допомогою вентиляторів.

#### **4.5 Інструкція щодо безпеки при експлуатації ультразвукової установки**

1. До роботи з установкою допускаються особи, що вивчили конструкцію, правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, а також що пройшли місцевий інструктаж по безпеці праці.

2. Установку може обслуговувати одна людина, що має кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче 1.

3. Налагоджувальні роботи, огляд і ремонт проводити тільки після відключення установки від мережі живлення за допомогою перемикача "Мережа" і мережевої вилки шнура живлення.

4. При роботі з установкою повинен бути повністю виключений безпосередній контакт рук з рідиною і оброблюваними в ній виробами. При необхідності контакту з оброблюваними виробами в процесі очищення слід використовувати рукавички (гумові з бавовняною прокладкою) або дві пари рукавичок (внутрішні - бавовняні, зовнішні - гумові). Під час роботи не допускається змочування бавовняних рукавичок.

5. При експлуатації установки необхідно строго дотримувати "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів"



## **5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ**

### **5.1 Зміст проблеми забруднених стічних вод для підприємства**

Бурхливий розвиток промисловості викликає необхідність у запобіганні негативному впливу виробничих стічних вод на водойми. Багато сучасних технологічних процесів пов'язано зі скиданням стічних вод у водні об'єкти. У зв'язку з надзвичайною різноманітністю складу, властивостей і витрат стічних вод промислових підприємств, необхідне застосування специфічних методів, а також споруд за їх локального, попереднього і повного очищення. На сьогодні захист навколишнього середовища від стічних вод – одне з головних завдань. Заходи, спрямовані на очищення води, допоможуть зберегти чистим повітряний і водний басейни. Для правильного підходу до розв'язання актуальних завдань у галузі навколишнього середовища необхідні певні знання в цій сфері. Одним з основних напрямів науково-технічного прогресу є створення маловідхідних і безвідхідних технологічних процесів. У галузі очищення стічних вод таким напрямом є розроблення каналізаційних систем з мінімальним скиданням стічних вод у водойму або без скидання – безстічних систем. Найбільш раціональний спосіб скорочення обсягу стічних вод – це створення оборотних та замкнених систем водопостачання, що виключає скидання води у водойми. При такому водопостачанні передбачається необхідне очищення стічної води, охолодження зворотної води, обробка та повторне використання стічної води.

### **5.2 Способи очищення, та апарати переробки стічних вод**

На першій стадії очищення стоків необхідно позбавлятися від великих зважених часток і грубодисперсних емульсій, нейтралізувати отрути і прибрати із стічних вод масла. Якщо таких забруднень стічні води не містять, то необхідно почати очищення з другої стадії, на котрій віддаляються майже

всі механічні домішки, й, за необхідності, проводиться підготовка води для подальшого очищення, наприклад, зменшення агресивності стоків, зниження неприйнятних концентрацій окремих забруднювачів. На третій стадії відбувається очищення стічних вод від усіх забруднюючих компонентів до певного рівня. Якщо цього недостатньо, то виникає необхідність у четвертій стадії очищення стоків, на якій застосовуються методи, що дають можливість відбирати розчинні у воді сполуки. Застосування конкретних методів очищення або їх поєднань на кожній стадії обробки стоків визначається хімічним складом і фізичними параметрами стічної води. Залежно від наявності або відсутності конкретних класів шкідливих факторів стічній воді можна пропускати деякі стадії очищення. Але легко виявити, що друга й третя стадії є невід'ємною частиною будь-якої схеми обробки стічних вод. Ці обов'язкові стадії очищення – первинна та вторинна обробка стоків – основа будь-якого процесу очищення. Перша стадія, по суті, являє попередню обробку, а остання – глибоке очищення стічних вод. Усі стадії процесу обробки стоків промислового підприємства показано на рисунку. Нижче наведено основні характеристики стадій водоочищення. Попереднє очищення стічних вод

Якщо стічні води промислового виробництва містять великі зважені частинки або волокна (наприклад, виробництво кераміки), також масла та нафтопродукти, то потрібне ретельне попереднє очищення стоків, яке включає [31]:

- 1) первинне відстоювання стоків із застосуванням або без застосування реагентів залежно від складу стічної води;
- 2) просіювання крізь ґрати або сітчасті фільтри;
- 3) пропускання стічної води через гравійні камери (груба фільтрація стоків);
- 4) коагуляцію (введення в стічну воду солей алюмінію або заліза);
- 5) видалення із стічних вод супертоксикантів за спеціальними методиками;
- 6) використання маслоловок для очищення стоків від нафти і масел.

За певних умов необхідно здійснити додавання в стічну воду флокулянтів, щоб укрупнити зважені таі колоїдні частинки дисперсної форми й перевести їх у фільтровану форму.

Первинне очищення стічних вод

Існує безліч різних видів первинної обробки стічних вод, що володіють різною ефективністю:

- 1) просте (механічне) первинне очищення стоків;
- 2) хімічно посилена первинна обробка з низьким дозуванням хімікатів;
- 3) первинна обробка суспензії;
- 4) первинне біологічне очищення стічної води.

### **5.3 Застосування фільтрації води**

Фільтрувальні процеси на каркасних фільтрах можна розділити на три великі групи: фільтрування через пористі зернисті матеріали, що володіють фільтрувальними властивостями (кварцовий пісок, керамзит, антрацит, пінополістирол, котельні й металургійні шлаки тощо); фільтрування через волокнисті та еластичні матеріали, що володіють сорбційними властивостями і високою нафтоємкістю (неткані синтетичні матеріали, пінополіуретан тощо); фільтрування через пористі зернисті й волокнисті матеріали для укрупнення частинок нафтопродуктів (коалесценційовальні фільтри). Два перших методи близькі за основним технологічним принципом, що лежать в основі процесу вилучення нафтопродуктів з води, і вирізняються нафтоємкістю, регенерацією фільтруючої завантаження та конструктивним оформленням. У міру насичення завантаження нафтопродуктами їх фронт переміщається вглиб шару до його нижньої межі й концентрація нафтопродуктів у фільтраті зростає. При цьому фільтр відключається і виробляється регенерація завантажувального матеріалу. Є конструкції фільтрів з безперервною регенерацією завантаження. Третій метод принципово відрізняється від розглянутих. Період фільтроциклу,

характерний для перших двох методів, завершує етап «зарядки» коалесценційного фільтра. Після цього плівка нафтопродуктів відривається від поверхні фільтруючого шару у вигляді крапель з діаметром кілька міліметрів. Краплі швидко спливають та легко відокремлюються від води. До недавнього часу в основному застосовували каркасні фільтри із засипкою з пористих матеріалів. Як фільтруючий матеріал використовують гравій, пісок, подрібнений антрацит, кварц, мармур, керамічну крихту, хмиз, деревне вугілля, синтетичні й полімерні матеріали. Фільтри поділяються за швидкістю руху води в них на фільтри з постійною і змінною швидкістю. При змінній швидкості фільтрування (постійної різниці тиску до та після фільтру) у міру збільшення обсягу фільтрату, тобто тривалості фільтрування, швидкість фільтрування зменшується. При постійній швидкості фільтрування різниця тиску до і після фільтру збільшується. При фільтруванні стічних вод через зернисті матеріали проходять такі процеси: відкладення зважених речовин у вигляді тонкого шару на поверхні фільтруючого шару (плівкове фільтрування); відкладення зважених речовин у порах фільтруючого шару; відкладення зважених речовин на поверхні фільтруючого шару і в його порах. Під дією сил прилипання завислі речовини закріплюються на зернистому матеріалі. Явище прилипання та відривання часток визначає хід процесу освітлення води. У нафтовій і нафтохімічній промисловості зазвичай застосовують фільтри із зернистим завантаженням, які за швидкістю фільтрування поділяються на повільні, швидкі й надшвидкісні. Зернисте завантаження розміщують у певному порядку і, щоб уникнути його винесення з фільтра, застосовують спеціальні дренажні системи та підтримуючі шари.

## 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ

### 6.1 Розрахунок виробничих витрат

Фонд заробітної плати за рік:

$$Z_{\text{мд}} = T_i \cdot C_i + ДП_{\text{су}} + ДП_{\text{нч}} + ДП_{\text{сп}} + ДП_{\text{м}} + ПР + Z_{\text{пер}}(\text{д}), \quad \text{тис. грн.}, \quad (6.1)$$

де  $T_i$  – загальна річна трудомісткість робіт  $i$ -го виду (1 – діагностичних, 2 – слюсарних, 3 – верстатних, 4 – мотороремонтних, 5 – допоміжних), люд.-год.;

$C_i$  – тарифна ставка виробничників  $i$ -ї професії (1 – діагност, 2 – слюсар, 3 – верстатник;

4 – мотороремонтник;

5 – допоміжний робітник) грн./год.;

$ДП_{\text{су}}$ ,  $ДП_{\text{нч}}$ ,  $ДП_{\text{сп}}$ ,  $ДП_{\text{м}}$  – відповідно доплати: за роботу у важких умовах праці, за роботу в нічний час; за суміщення професій (посад); за високу кваліфікаційну майстерність, тис. грн.;

$ПР$  – сума премії, грн.;

$Z_{\text{пер}}(\text{д})$  – сума додаткової заробітної платні ремонтних робітників, грн.

Загальний фонд основної заробітної плати становитиме:

$$ЗП_{\text{рр}(0)} = 23,4 + 43,0 + 47,8 + 20,8 = 135,0 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума заробітної плати виробничників і допоміжних робітників буде становити  $ЗП_{\text{рр}} = 135,0 + 16,0 = 151,0$  тис. грн.

Середньомісячна заробітна плата становитиме:

- діагности: 9503 грн.;

- слюсарі: 8956 грн.;

- верстатники: 9915 грн.;

- ремонтники: 7318.

Вартість річних витрат силової електроенергії становитимуть:

$$B_e = 89552 \cdot 1,2/1000 = 107,5 \text{ тис. грн.}$$

Витрати коштів на освітлення:  $B_{\text{осв}} = 27985 \cdot 1,2/1000 = 33,6$  тис. грн.

Амортизаційні відрахування на обладнання:

$$A_{p, обл.1} = 120,0 \cdot 0,25 = 30,0 \text{ тис. грн.}$$

Річні амортизаційні відрахування з будівлі:

$$A_{p, буд.1} = 3712,5 \cdot 0,05 = 185,6 \text{ тис. грн.}$$

Запасні частини автомобілів для СТО є товарами. Витрати на їх закупівлю залежать від попиту власників і користувачів автомобілів, а також від того, як налагоджено відновлення деталей на підприємстві. Тому в дипломному проекті використовуємо реальною ринковою інформацією, яку зібрано на переддипломній практиці. На чинному підприємстві обсяг закупівель запасних частин приблизно дорівнює 180% від вартості виконаних робіт.

Обчислення інших витрат

Комунальні витрати поділяються на:

- витрати на тепло, які обчислюємо за формулою:

$$B_{к1} = F_{пр} \cdot Q_{мккал} \cdot C_{мккал} \cdot T_{зим}, \text{ тис. грн.} \quad (6.2)$$

де  $F_{пр}$  – площа приміщень, які опалюються, м<sup>2</sup>;

$Q_{мккал}$  – норма споживання тепла на місяць опалювального сезону, Мкалл/м<sup>2</sup>;

$C_{мккал}$  – вартість 1 Мкалл обігріву, тис. грн.;

$T_{зим}$  – тривалість опалювального сезону, місяців.

Витрати на воду:

$$B_{к2} = Q_{вод} \cdot C_{вод}, \text{ тис. грн.}, \quad (6.3)$$

де  $Q_{вод}$  – річні витрати води на технічні та побутові потреби, м<sup>3</sup> (приймається в розрахунку 0,5 м<sup>3</sup> на один заїзд автомобіля для миття та 0,3 м<sup>3</sup> на одного явочного виробничника за місяць);

$C_{вод}$  – вартість 1 м<sup>3</sup> води для промислових підприємств, тис. грн.

Отже, витрати на тепло:  $B_{к1} = 1000 \cdot 2,3 \cdot 6 \cdot 0,0036 = 49,7$  тис. грн.

Витрати на воду:  $B_{к2} = (306 \cdot 42 \cdot 0,5 + 12 \cdot 12 \cdot 0,3) \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} = 12,1$  тис. грн.

Загальні комунальні витрати:  $B_{к} = 12,3 + 12,1 = 24,4$  тис. грн.

Інші непередбачені витрати обчислюємо як 10% від суми загальних витрат. Відрахування в єдиний соціальний приймається в розмірі 33,86 % від загального фонду заробітної платні:

$$V_{есв} = \Phi_3 \cdot 0,3386, \text{ тис. грн.} \quad (6.4)$$

$V_{есв} = 383,1 \cdot 0,3386 = 127,2$  тис. грн. Разом усі витрати зведені у табл. 6.4.

### 6.3 Розрахунок плану доходів та прибутків

Валові доходи від діяльності СТО визначається методом прямого розрахунку за видами послуг і чинних на час написання дипломного проекту тарифів з урахуванням податку на додану вартість, тобто:

$$D_v = P \cdot t_i \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1}{100}\right), \text{ тис. грн.} \quad (6.5)$$

де  $P$  – річний обсяг робіт;

$t_i$  – чинні тарифи (грн./год.);

$\alpha_1$  - податок на додану вартість, на який винен бути збільшений тариф, % ( $\alpha_1 = 20\%$ )

$$D_v = 17610,0 \text{ тис. грн.}$$

Величину нарахованого податку (НП) визначають за формулою:

$$НП = D_v \cdot \frac{\alpha_2}{100}, \text{ грн.} \quad (6.6)$$

де  $\alpha_2$  – величина податку на додану вартість у відсотках до оподаткованого валового доходу ( $\alpha_2 = 16,67\%$ ).

Валовий дохід без врахування податку розраховуються за формулою:

$$D_n = D_v - НП, \text{ тис. грн.} \quad (6.7)$$

Тоді балансовий прибуток можна визначити за формулою:

$$Пб = D_n - (C_3 + V_{иф} + V_{р\delta}), \text{ тис. грн.}, \quad (6.8)$$

де  $C_3$  – загальна сума витрат на виконання транспортної роботи, грн.

$$Пб = 7261,3 \text{ тис. грн.}$$

Для визначення суми податку на прибуток використовується формула:

$$ПП = Пб \cdot \frac{\beta}{100}, \text{грн.} \quad (6.9)$$

де  $\beta$  - величина податку на прибуток, % ( $\beta = 19\%$ )

Розрахунковий прибуток розраховується таким чином:

$$Пр = Пб \cdot ПП, \text{грн.}, \quad (6.10)$$

Розрахунки цього розділу заносяться в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Відомості про валові доходи, балансовий і розрахований прибуток, тис. грн

Показники	Умовні позначення	Значення
Валові надходження	$D_v$	26134,8
Величина нарахованого податку на додану вартість	$НП$	1921,7
Валові надходження без урахування податку	$D_n$	24213,2
Загальна сума витрат	$C_3$	18873,6
Балансовий прибуток	$Пб$	7261,3
Амортизаційні відрахування	$A$	215,6
Відкорегований прибуток	$Пк$	7045,6
Величина податку на прибуток		25,0
Сума податку на прибуток	$ПП$	915,9
Чистий прибуток	$Пр$	6345,3

Інвестиції потрібні для розроблення і виготовлення нового пристрою. Прийmemo, що вартість його дорівнює вартості аналогічного, нового 21660 грн. Термін окупності нового пристрою становить

$$Tok = 1,8 \text{ року.}$$



## ВИСНОВКИ

1. Підприємство TDS має досвід надання послуг з ТО і ремонту дизельних агрегатів; має постійних клієнтів, що забезпечує стабільну діяльність станції технічного обслуговування (СТО) від моменту відкриття.
2. Спроектований пристрій для миття розпилювачів дає змогу збільшити частку придатних деталей до 18% від ремонтного фонду.
3. Проаналізувавши усі ці характеристики, можна зробити висновок, що підприємство, в цілому забезпечене технічно і технологічно, має чітку організаційну структуру.
4. Подальший технологічний розвиток може стосуватись удосконалення існуючого обладнання для ремонту і обслуговування дизельних форсунок, зокрема того, що найчастіше використовується – пристроїв для очищення форсунок від нагару.
5. Сконструйована ультразвукова ванна забезпечує гарантоване очищення форсунок і інших деталей по приведених в керівництві по технічних експлуатаційних методиках.
6. Завдяки новій схемі керування очищення деталей буде на 30% повнішим, що збереже витрату запасних частин
7. Проект є рентабельним. Термін окупності – 1,8 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар А.М. та ін. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 140 с.
2. Маркович, С., та ін. Оцінка впливу характеристик голки розпилювача на довговічність форсунок дизельних двигунів. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. 430 с.
3. Оліскевич М.С., Бучківський Б.Р. Приведення дійсної характеристики паливоподачі у відповідність до заданого режиму дизельного двигуна за параметрами віброімпульсів у паливопроводах / Вісник НТУ. – 2005. №8.
4. Сідашенко О.І. та ін. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: Підручник. 2008. 577 с
5. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.
6. Сухенко Ю.Г., Паламарчук І.П., Журавель Д.П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібн. К иїв : ЦП «КомпрІнт», 2019. 370 с.
7. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. - 280 с.
8. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського нац. техн. університету сільського господарства. *Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві*. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.
9. Проектування сервісних підприємств. Посібник-практикум / Г.І. Дашивець, В.А. Дідур, А.М. Бондар. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

10. Дідур В.А., Журавель Д.П. Технічна механіка рідини і газу. Підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.
11. Організація та технологія технічного сервісу машин : навч. посібн. /О.М. Шокарев, В.М. Кюрчев, С.В. Кюрчев, А.М. Побігун., за ред. О.М. Шокарева. Мелітополь : ТОВ «ФОРВАРДПРЕСС», 2019. 307 с.
12. Паливно-мастильні та інші експлуатаційні матеріали. Посібник. Навчально-методичний комплекс: Начально-методичний посібник для студентів із напрямку підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» рівня «Бакалавр» / І.М. Бендера, В.І. Дуганець, В.П. Кувачов та ін. / За ред. І.М. Бендери. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2016. 420 с.
13. Полянський, С. К., Коваленко, В. М. Експлуатаційні матеріали : підручник / С. К. Полянський, В. М. Коваленко. Київ : Либідь, 2003. 448 с.
14. Соловйова В. С., Богомолів М. Ф. Особливості проектування ультразвукових медичних п'єзоперетворювачів. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, 2014. вид 2: С.148-152.
15. Михайлов Є. П. Навчальний посібник з дисциплін «Електронні, мікропроцесорні та обчислювальні пристрої ГВС, ПТМ та ЛС». 2018.
16. Ремонт машин: навч. посібник / за ред. О.І. Сідашенка та А.Я. Поліського, Київ : Урожай, 1994. 400 с.
17. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків: ХНУСГ, 2020. № 21 С. 139-147
18. Організація охорони праці у сільському господарстві / Д.А.Бутко, В.Л.Луценков, М.М.Воїнов, С.Д. Мазілін. Сімферополь : Бізнес-Інформ, 1998. 324 с.
19. Цивільний захист: навч. посібн. / М.А.Касьянов, В.П. Гуляєв, О.О. Колібабчук, В.І. Сало, В.О. Медяник, О.М. Друзь, Ю.А. Тищенко. Луганськ: Вид-во Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2008. 291 с.

20. Аулін В. В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2015. Вип. 28. С. 126–131.
21. Труханська О. О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102) С. 52-61.
22. Домуші Д. П., Яковенко А. М., Осадчук П. І., Ліпін А. П., Житков С. С., & Павлішин, П. М.. Ремонт тракторів і автомобілів: навч. посібн.: у 2–х кн.– Кн. 1. 2020. 512 с.
23. Марченко Д.Д. Ремонт машин та обладнання : курс лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» напряму 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» денної форми навчання / Д. Д. Марченко. Миколаїв, 2016. 119 с
24. Автотракторний практикум. Розбирання та збирання вузлів і агрегатів автомобілів і тракторів Частина 1. Посібник до лабораторних робіт для студентів спеціальності 015 Професійна освіта (Транспорт). / Укл. Люлька В.С., Перинський Ю.Є., Коньок М.М. Чернігів: НУЧК, 2020. 84 с.
25. Клімов С.В. Експлуатація і обслуговування машин : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 218 с.
26. Бендера І. М. Грушецький С. М., Роздорожнюк П. І., Михайлович Я. М. Технологія технічного обслуговування машин. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2009. 320 с.
27. Аветісяна В. К. Економіка ремонтного підприємства. Харків : ХНТУСГ, 2005. 389 с
28. Економіка і організація аграрного сервісу / П. О. Мосіюк та ін. Київ : УАЕ УААН, 2001. 345 с.

29. Тригуб О. А. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О. А. Тригуб ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2021. 187 с
30. Сукач М. К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017. 288 с.
31. Техноекологія та цивільна безпека: навч. посібн., частина «Цивільна безпека» / В.С. Стручок Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.
32. Гусев А.П. Технологічні основи машинобудування / А.П. Гусев. Луцьк: Надстр'я, 2008. 248 с.
33. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. / уклад. : І.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, В.З. Гудь та ін. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 544 с.

## **ДОДАТКИ**