

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 технологічного процесу ремонту
форсунок дизельних двигунів самохідної
сільськогосподарської техніки в умовах фірми DieselS,
с. Бірки Львівської області

Виконав: студент групи Аін-42
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
Пастернак Павло Михайлович

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 проєкт студенту

Пастернак Павло Михайлович

1. Тема роботи: **Удосконалення технологічного процесу ремонту форсунок дизельних двигунів самохідної сільськогосподарської техніки в умовах фірми DieselS, с. Бірки Львівської області**

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: Розглянути двигуни з системою CR. Річна виробнича програма ремонту форсунок – 3000 /рік. Передбачити реставрацію форсунок. Заплановане зниження трудомісткості – від 20%. Розробити нову конструкцію пристосування для розбирання форсунок.

4. Перелік питань, які необхідно розробити: 1. Аналіз технологічних процесів ремонту форсунок. 2. Удосконалення технологічних процесів діагностування і ремонту. 3. Удосконалення конструкції пристрою 4. Охорона довкілля від діяльності підприємства 5.Охорона довкілля 6.Економічний ефект

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Складальне креслення пристрою 2. Деталювання 3. Схема процесу. 4. План ділянки 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	Написання розділу: «Аналіз технологічних процесів ремонту форсунок»	23.04.24-10.05.24	
2	Виконання другого розділу: «Удосконалення технологічних процесів діагностування і ремонту»	10.05.24-23.05.24	
3	Виконання третього розділу: «Удосконалення конструкції пристрою»	24.05.24-10.06.24	
4	Написання розділу: «Охорона праці»	1.06.24-10.06.24	
5	Написання розділу «Охорона природи»	1.06.24-10.06.24	
6	Виконання розділу: «Економічна частина»	10.06.24-13.06.24	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	15.06.24	

Студент _____ Пастернак П. М.
(підпис)

Керівник роботи _____ Оліскевич М.С.

УДК 631.3 : 635.2

Пастернак П. М. Удосконалення технологічного процесу ремонту форсунок дизельних двигунів самохідної сільськогосподарської техніки в умовах фірми DieselS, с. Бірки Львівської області. Дипломний проєкт. Дубляни : Львівський національний університет природокористування, 2024. 56 стор. текс. част., 17 рис., 9 табл., 6 арк. ілюстр. матер., 19 бібліогр. джерел.

Проаналізовано особливості конструкції та типові несправності форсунок дизельних двигунів. Дано аналіз технологічних процесів на підприємстві. Розроблено конструкцію пристрою для розбирання та складання форсунок. Запропоновано технологію ремонту розпилювачів. Проаналізовано стан охорони праці на підприємстві. Дано аналіз впливу підприємств технічного сервісу дизелів на довкілля. Обчислено собівартість ремонту форсунки. Удосконалено технологію ремонту форсунок, що дає змогу виявити місце виникнення несправності з високою точністю і забезпечує зниження витрат на зайві операції розбирання-складання, заміну придатних деталей.

Ключові слова: форсунки дизеля, діагностування, ремонт, прецизійні пари.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ФОРСУНОК	10
1.1 Загальна характеристика систем подачі палива Common Rail	10
1.2 Причини відмов форсунок Common Rail	15
1.3 Аналіз технологічного процесу на передовому сервісному підприємстві	16
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДІАГОСТУВАННЯ І РЕМОНТУ	19
2.1 Перевірка форсунки на діагностичному стенді	19
2.2 Технологія ремонту форсунок	24
2.3 Технологія реставрації розпилювачів	26
2.4 Режими технологічних операцій	29
2.4.1 Очищення і миття розпилювачів.	29
2.4.2 Шліфування конуса голки розпилювача	30
2.4.3 Притиральні операції	30
2.5 Розрахунок і підбір технологічного обладнання	30
2.6 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії	33
2.7 Обґрунтування додаткових робочих місць	35
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ	37
3.1 Опис конструкції	37
3.2 Принцип роботи	37
3.3 Розрахунок силових параметрів пристрою	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
4.1 Загальна оцінка стану охорони праці на підприємстві	43
4.2 Пожежна профілактика	45
5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	46
5.1 Опис і оцінка можливого впливу на поверхневі води	46
5.2 Оцінка впливу на підземні води	46

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	48
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

В даний час ринок послуг з ремонту дизельних двигунів автотракторної техніки пропонує широкий спектр діагностичного обладнання. На практиці ефективні інструменти, розроблені науково-дослідними організаціями, не набули загального використання; в результаті виробництво обмежено невеликою кількістю цих інструментів. У зв'язку з цим виникає проблема підбору єдиного комплексу приладів і обладнання, необхідного для комплексної оцінки технічного стану двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) за типовими конструктивними параметрами.

Аналіз структури комерційного транспорту показав, що більшу його частину складають автотракторні дизелі [1]. Тракторний дизель є найбільш поширеним в сільському господарстві України та інших країнах з паливною апаратурою окремого типу з багатоплунжерним паливним насосом високого тиску з різними системами керування. Паливні елементи дизельних двигунів – це складний високотехнологічний агрегат двигуна, технічний стан якого визначає екологічні, економічні та технологічні показники техніки. Підтримка працездатного стану елементів дизеля в експлуатації досягається проведенням планової діагностики та технічного огляду паливної системи. Найважливішим вузлом дизеля, що визначає роботу та його характеристики в цілому, є форсунка [2]. Аналіз несправностей дизельних двигунів показав, що одними з найбільш навантажених вузлів є прецезійні пари [3] та їх несправності. У зв'язку з цим вважаю, що удосконалення технології і технологічного процесу ремонту форсунок автотракторних двигунів є актуальним.

Метою цього бакалаврського проекту було підвищити продуктивність роботи слюсаря на операціях по ремонту паливної апаратури високого тиску. При цьому якість виконання робіт має бути стабільно високою.

Завданнями проекту є вивчення структури та організації чинного підприємства, наукової організації праці, планування та керування технічною

службою, ознайомлення з питаннями визначення резервів підвищення продуктивності праці при ТО та ПР, ознайомлення з основами техніко-економічних показників роботи підприємства, набуття практичних навиків складання технологічних карт діагностування і ремонту, вивчення будови та роботи гаражного і діагностичного обладнання, вивчення нормативної та технічної документації.

Предмет розробки – залежність показників ефективності ремонту паливної апаратури типу Common Rail від обладнання, яке застосовується і послідовності виконання операцій.

Об'єкт розробки – технологічний процес ремонту вузлів системи живлення дизельного двигуна типу Common Rail.

Завдання роботи

1. Проаналізувати особливості конструкції та основні несправності систем Common Rail
2. Встановити причини нероботоздатності форсунок CR
3. Розробити пристрій для розбирання-складання форсунок CR
4. Розробити технологічний процес ремонту форсунок із застосуванням удосконаленого пристрою
5. Розробити заходи з охорони праці і довкілля на паливній ділянці
6. Обчислити економічний ефект від впровадження розробки.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ФОРСУНОК

1.1 Загальна характеристика систем подачі палива Common Rail

Система впорскування Common Rail є найсучаснішою системою упорскування палива дизельних двигунів. Робота системи Common Rail (CR) заснована на подачі палива до форсунок від загального акумулятора високого тиску – паливної рампи на кшталт бензинових ДВЗ (Common Rail у перекладі означає – загальна рампа). Система впорскування розроблена фахівцями фірми Bosch [1].

Найбільшого поширення набули чотири типи систем CR, названих на ім'я їх виробника. Це – системи BOSCH, DELPHI, DENSO та SIEMENS.

Застосування даної системи дозволяє досягти зниження витрати палива, токсичності газів, що відпрацювали, рівня шуму дизеля. Головною перевагою системи CR є широкий діапазон регулювання тиску палива та моменту початку упорскування, які досягнуті за рахунок поділу процесів створення тиску та впорскування [2].

Конструктивно система впорскування CR складає контур високого тиску паливної системи дизельного двигуна. У системі використовується безпосереднє упорскування палива, тобто дизельне паливо впорскується безпосередньо в камеру згоряння. Система CR включає паливний насос високого тиску, клапан дозування палива, регулятор тиску палива (контрольний клапан), паливну рампу та форсунки. Усі елементи поєднують паливопроводи. CR – це система з електронним блоком управління двигуна, яка регулює впорскування дизеля в камеру згоряння. Її розробили інженери компанії Bosch. Завдяки цій системі паливо надходить до форсунок від насоса високого тиску (рис. 1.1) [4].

Паливний насос високого тиску (ПНВТ) служить для створення високого тиску палива та його накопичення у паливній рампі.

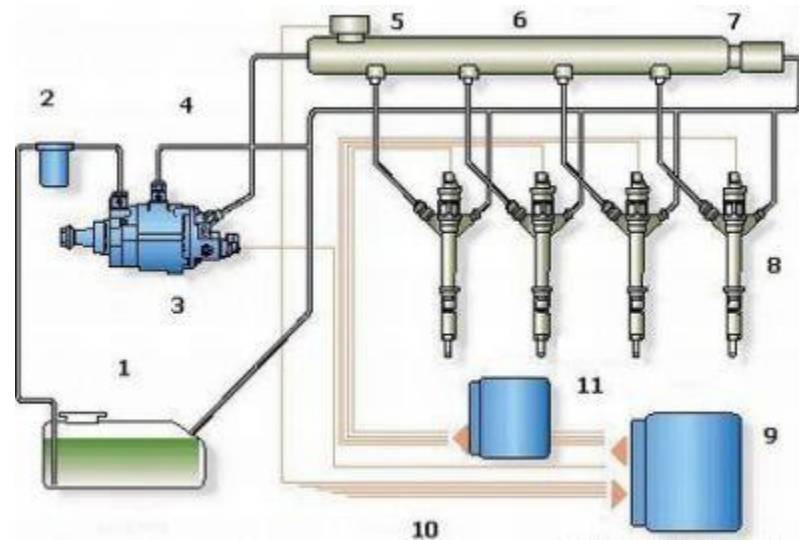


Рисунок 1.1 – Схема системи подачі палива Common Rail: 1 – паливний бак; 2 – паливний фільтр; 3 – паливний насос високого тиску; 4 – паливопроводи; 5 – датчик тиску палива 6. паливна рампа; 7 – регулятор тиску палива; 8 – форсунки; 9 – електронний блок керування; 10 – сигнали від датчиків; 11 – підсилювальний блок (на деяких авто) [4]

Сучасні паливні насоси високого тиску – плунжерного типу. Клапан дозування палива регулює кількість палива, що подається до паливного насоса високого тиску, залежно від потреби двигуна. Клапан конструктивно поєднаний із ПНВТ.

Регулятор тиску палива призначений для управління тиском палива в системі залежно від навантаження на двигун. Він встановлюється у паливній рампі. Паливна рампа призначена для виконання кількох функцій: накопичення палива та утримання його під високим тиском, пом'якшення коливань тиску, що виникають внаслідок пульсації подачі від ПНВТ, розподілу палива за форсунками.

Форсунка – найважливіший елемент системи, що безпосередньо здійснює впорскування палива в камеру згорання двигуна. Форсунки пов'язані з паливною рампою паливопроводами високого тиску. У системі використовуються електрогідравлічні форсунки або п'єзофорсунки. Впорскування палива електрогідравлічною форсункою здійснюється за рахунок управління електромагнітним клапаном. Активним елементом

п'єзофорсунки є п'єзокристали, які значно підвищують швидкість роботи форсунки.

Управління роботою системою упорскування CR забезпечує система керування дизелем, яка поєднує датчики, блок керування двигуном та виконавчі механізми систем двигуна. Система управління дизелем включає датчики оборотів двигуна, Холла, положення педалі акселератора, витратомір повітря, температури охолоджуючої рідини, тиску повітря, температури повітря, тиску палива, кисневий датчик (лямбда-зонд) та інші. Основними виконавчими механізмами впорскування Common Rail є форсунки, клапан дозування палива, а також регулятор тиску палива.

На підставі сигналів, що надходять від датчиків, блок керування двигуном визначає необхідну кількість палива, яке паливний насос високого тиску подає через клапан дозування палива. Насос накачує паливо у паливну рампу. Там воно знаходиться під певним тиском, який забезпечує регулятор тиску палива. У потрібний момент блок керування двигуном дає команду відповідним форсункам на початок упорскування та забезпечує певну тривалість відкриття клапана форсунки. Залежно від режимів роботи двигуна блок керування двигуном коригує параметри роботи системи упорскування [4]. З метою підвищення ефективної роботи двигуна в системі CR реалізується багаторазове впорскування палива протягом одного циклу роботи двигуна. При цьому розрізняють: попереднє упорскування, основне впорскування і додаткове впорскування. Попереднє упорскування невеликої кількості палива проводиться перед основним упорскуванням для підвищення температури і тиску в камері згоряння, чим досягається прискорення самозаймання основного заряду, зниження шуму і токсичності газів, що відпрацювали. Залежно від режиму роботи двигуна виконується [5]:

2 попередніх упорскування – на холостому ходу;

1 попередній упорскування – при підвищенні навантаження;

0 (попереднє впорскування не проводиться) – при повному навантаженні.

Основне впорскування забезпечує стабільну роботу двигуна. Додаткове впорскування проводиться для підвищення температури газів, що відпрацювали, і поліпшення згоряння частинок сажі в сажевому фільтрі (регенерація сажевого фільтра) [4].

Розвиток системи впорскування CR здійснюється шляхом збільшення тиску впорскування [4]:

- 1 покоління – 140 МПа, з 1999 року;
- 2 покоління – 160 МПа, з 2001 року;
- 3 покоління – 180 МПа з 2005 року;
- 4 покоління – 220 МПа з 2009 року.

Конструкцію форсунки CR показано на рис. 1.2.

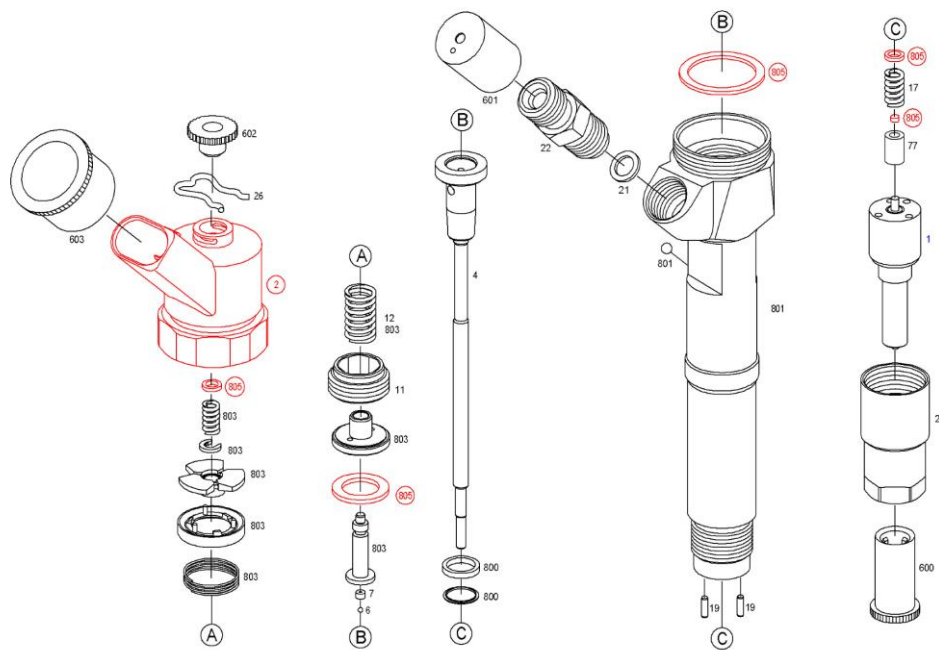


Рисунок 1.2 – Конструкція форсунки CR [5]

У форсунках Бош найдорожчі деталі (виділені на рис. 1.2) – це сідло клапана мультиплікатор, продається разом з голкою - плунжером (мінати потрібно якщо під мікроскопом явно видно сколи), розпилювач, крильчатка теж продається комплектом з пружиною і стопорними кільцями, сам клапан - кулька (краще замінити при розбиранні), кільця ущільнювачів під сідлом (як правило в них – вся проблема). Форсунки системи *Denso* – на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Деталі форсунки Denso [4]

Залежно від того, яким способом здійснюється впорскування, розрізняють нижченаведені види форсунок:

1. електромагнітні
2. електрогідравлічні
3. п'єзоелектрична

Основні ознаки несправності форсунок: чорний або сизий дим, перевитрата, нерівна робота двигуна (двигун «троїть»), стукіт при роботі двигуна, втрата потужності:

- двигун почав працювати нерівномірно і «троїти» – один з поршнів не функціонує належним чином, і водій відчуває вібрацію від двигуна;
- підвищується димність автомобіля – чорний або сірий дим може вказувати на несправні форсунки
- зростають витрати палива;
- двигун не запускається або запускається не з першого разу.

Діагностичні ознаки форсунок CR [6]:

подача у камеру згоряння;

зворотне зливання палива – наскільки форсунка зливає дизель «в зворотку».

1.2 Причини відмов форсунок Common Rail

Під час роботи форсунки на її внутрішні робочі деталі впливають високий тиск та підвищене термічне навантаження. Внаслідок цього 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 вразливими 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 пилю 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 їхню експлуатацію.

Органолептичні діагностичні ознаки неправильної роботи форсунок.

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.

Несправності корпусу – це тріщини або підтікання, які з'являються при механічному пошкодженні, в тому числі, якщо форсунку неправильно демонтували.

Розпилювач і клапан форсунки можуть ламатися з кількох причин:

- неякісне паливо;
- моторесурс форсунки закінчився;
- недостатня фільтрація або несвоєчасна заміна паливних фільтрів;
- поломки ПНВТ — разом з дизелем може переганяти металеву стружку (продукт зносу системи), яка заб'є форсунки;
- зношення циліндропоршневої групи — олива горить разом з дизелем, через це підвищується температура в камері згоряння. В цьому випадку перегрівається розпилювач форсунки — він може згоріти або його може заклинити;
- турбіна двигуна почала вкидати оливу у впускний колектор, звідти олива потрапляє в камеру згоряння, і знову перегріваються розпилювачі форсунки.

1.3 Аналіз технологічного процесу на передовому сервісному підприємстві

«Дизель-сервіс-Солонка» – це станція технічного обслуговування (СТО), універсальна щодо видів техніки, спеціалізована, щодо марки паливної апаратури, здійснює оперативний ремонт дизельної апаратури систем Common-Rail у випадку будь-яких неполадок.

Дизель-сервіс відноситься до мережі сервісних підприємств, що розташовані по усій Україні і Європі, які мають такі види діяльності:

- ремонт паливної системи легкових авто;
- ремонт паливної системи комерційних авто;
- ремонт паливної системи вантажних авто та автобусів;

- ремонт паливної системи спецтехніки та сільськогосподарської техніки.

Конкретніше, послуги «DiselS» – це:

- перевірка, регулювання, ремонт та реставрація форсунок на сучасному обладнанні Siemens, BOSCH, Delphi;
- перевірка та ремонт паливних ПНВТ;
- демонтаж-монтаж форсунок;
- висверлювання форсунок, які не вдалось демонтувати;
- регулювання зазорів клапанів;
- комп'ютерна діагностика;
- продаж автозапчастин до паливної апаратури.

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 і для перевірки форсунок;
- 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 транспортного засобу проводиться за допомогою KTS540 і мотор-тестера FSA450.

Враховуючи стрімкий розвиток сучасного ринку дизельних двигунів, компанія Bosch надає незалежним підприємствам можливість стати учасниками міжнародної мережі Bosch Diesel Service, могутньої платформи для розвитку бізнесу.

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

Концепція БОШ Дизель Центр – це ідеальне рішення в умовах дизельного ринку, що розвивається, концепція вдало об'єднує в собі досвід Bosch в області дизельних технологій і організації мережі незалежних автосервісів.

Як Бош Дизель Центр, ПП „DieselS” є провідним в обслуговуванні і ремонті всіх дизельних систем. Підприємство є частиною міжнародної мережі Bosch Service, організованою компанією Bosch, провідним розробником і виробником дизельних компонентів. Інноваційні дизельні технології Bosch спочатку для вантажних і спецтехніки, а потім для легкових автомобілів сприяли загальному розвитку дизеля.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДІАГОСТУВАННЯ І РЕМОНТУ

2.1 Перевірка форсунки на діагностичному стенді

Сучасна діагностика паливної апаратури дизелів здійснюється тільки апаратно: на стендах, тестерах, сканерах [5]. Найбільш розповсюдженими перевірками є стендовими. Стенд зчитує параметри форсунки, і, спираючись на ці дані, фахівець приймає рішення – форсунку потрібно відремонтувати або замінити. За параметрами, які зчитав стенд, можна зрозуміти, яка частина форсунки несправна: корпус; розпилювач; клапан.

Якщо під час діагностики майстер з'ясував, що одна форсунка несправна, то він обов'язково запропонує перевірити інші форсунки на наявність аналогічних несправностей. Це необхідно, щоб з'ясувати, чи справні форсунки і чи однаковий об'єм палива вони впорскують.

Ознаки, за якими можна зрозуміти, що ПНВТ несправний

- знизилась потужність двигуна;
- двигун погано запускається або не запускається;
- двигун глухне під час руху;
- жорстка робота двигуна.

Паливний насос виходить з ладу в основному через паливо:

- неякісне паливо;
- абразив у паливі;
- невідповідна густина палива.

Діагностика ПНВТ здійснюється також на стенді.

Перевірити працездатність насоса можна і на двигуні — качає чи ні. Для цього автомеханік від'єднає трубки високого тиску від паливної рейки до форсунок, поставить на рейку заглушки, запустить стартер, підключить діагностичний сканер, за яким можна визначити тиск в паливній рейці.

Таку перевірку на двигуні можна провести, тільки якщо справні інші елементи паливної системи:

підкачуючий насос, який встановлений на ПНВТ або в паливному баку; датчики тиску (рис. 2.1).

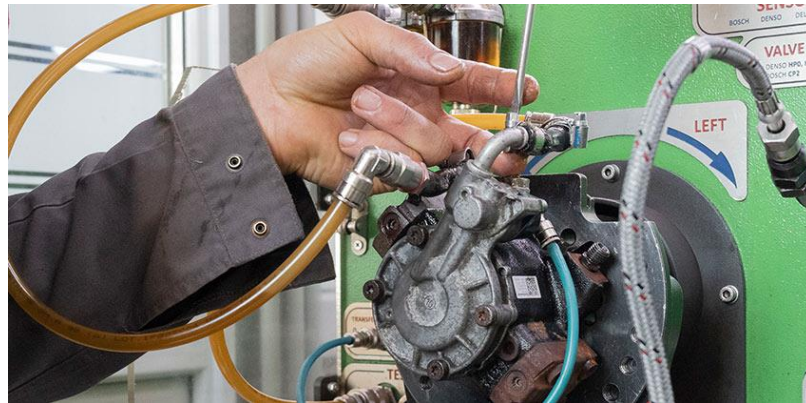


Рисунок 2.1 – Перевірка ПНВТ на діагностичному стенді

Повна перевірка насоса проводиться тільки на стенді. Для цього насос доведеться зняти з двигуна. Перед перевіркою майстер частково розбере насос, перевірить, чи немає в ньому стружки, іржі або води. На стенді перевірить стан гідравлічної та електронної частин. Після перевірки майстер зрозуміє, насос потрібно ремонтувати, чи доведеться його замінити. Перевіряємо елементи у граничному робочому режимі на спеціалізованому стенді. Перевірка за різними параметрами згідно з тест-планом, залежно від виробника.

Для насос-форсунок характерне швидке зношування деталей насосної частини і вихід з ладу через неякісне паливо. Ремонтпридатні насосні секції та плунжерні пари. Для відновлення проводимо діагностику, ремонт та заміну зношених компонентів.

Самодіагностика акумуляторної системи впорскування палива виконується найпростішим методом [6]. Блок керування стежить за виходом з ладу електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. В залежності від вагомості помилки впорскування палива продовжується або двигун зупиняється. За допомогою відповідного тестера (див. рис 2.2) дані пам'яті несправностей можуть зчитуватися або видалятися. Завдяки наявності таблиці даних всі значення параметрів, які обробляє блок керування, можуть аналізуватись.

Тиск у акумуляторі високого тиску на режимі холостого ходу має становити від 240 до 300 бар, скважність керуючого сигналу електромагнітного клапана регулювання тиску – приблизно 15% при тиску 250 бар і 17% при 300 бар.

Якщо значення реального тиску в акумуляторі високого тиску і значення записане, що зберігається в пам'яті блоку керування, не збігаються, наявність протікання ущільнення сполучень в системі високого тиску безперечно. За допомогою відповідного тесту перевіряються можливі відкриті місця негерметичності, після чого залишається проаналізувати внутрішні порушення ущільнення спряженнях у форсунках, електромагнітному клапані регулювання тиску і ПНВТ.

Нерівномірне обертання колінчастого вала двигуна відображається показниками, які приводяться в паспорті. Корекція режиму холостого ходу призначена для компенсації відхилень по циліндрах в механіці двигуна і гідравліку системи впорскування палива, виникаючих при серійному виробництві. Нерівномірність роботи двигуна по циліндрах блок керування перевіряє за допомогою сенсора ВМТ. Якщо якийсь циліндр відрізняється більше ніж на 30% від заданого значення, це вважається ненормальним і блок керування намагається виправити відхилення значним збільшенням циклової подачі палива в даний циліндр.

При несправності, які не виводять систему впорскування палива з ладу, знижається повна подача палива або взагалі встановлюється частота обертання колінчастого вала на режимі холостого ходу. До таких несправностей відносяться дефекти сенсорів температури, занадто низький тиск наддуву, неполадки з виміром витрати повітря або вихід з ладу сенсора педалі подачі палива. З ціллю безпеки або з метою зменшення можливих наслідків поломки двигуна, він зупиняється при наступних умовах (таблиця 2.1):

- виходить з ладу форсунка або сильно падає тиск в акумуляторі (двигун «не тягне»);

- постійно відкрита форсунка приводить до падіння тиску в камері згорання до 300 бар, через що двигун (якщо його вчасно не зупинити) через короткий проміжок часу вийшов б з ладу.

Таблиця 2.1 – Таблиця даних двигуна CDI на режимі холостого ходу

1) Частота обертання колінчастого вала двигуна	750 хв ⁻¹
2) Температура охолоджуючої рідини	88 °С
3) Вимикач приводу зчеплення	вимкнений
4) Положення педалі подачі палива	0%
5) Необхідна значення тиску в акумуляторі високого тиску	261 бар
6) Реальне тиск в акумуляторі високого тиску	264 бар
7) Циклова подача однієї форсунки	13,8 МЕ
8) Шпаруватість керуючого сигналу електромагнітного клапана	16%
9) Корекція рівномірності роботи двигуна	
для циліндру 1	-335 МЕ
для циліндру 3	0,00 МБ
для циліндру 4	2,58 МЕ
для циліндру 2	0,65

Типовий алгоритм діагностування CR подано на рис. 2.2.

При підвищенні тиску в акумуляторі понад 1400 бар також відбувається примусова зупинка двигуна. При виході з ладу електромагнітного клапана регулювання тиску неможливо встановлювати тиск в акумуляторі. Двигун зупиняється і не може більш запускатися. При виході з ладу сенсора ВМТ на маховику або сенсора Холла на розподільному валу двигун бути запущений не може. Якщо датчик Холла на розподільному валу відмовляє під час руху автомобіля, двигун продовжує працювати. Але після зупинки більше не запускається.

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.

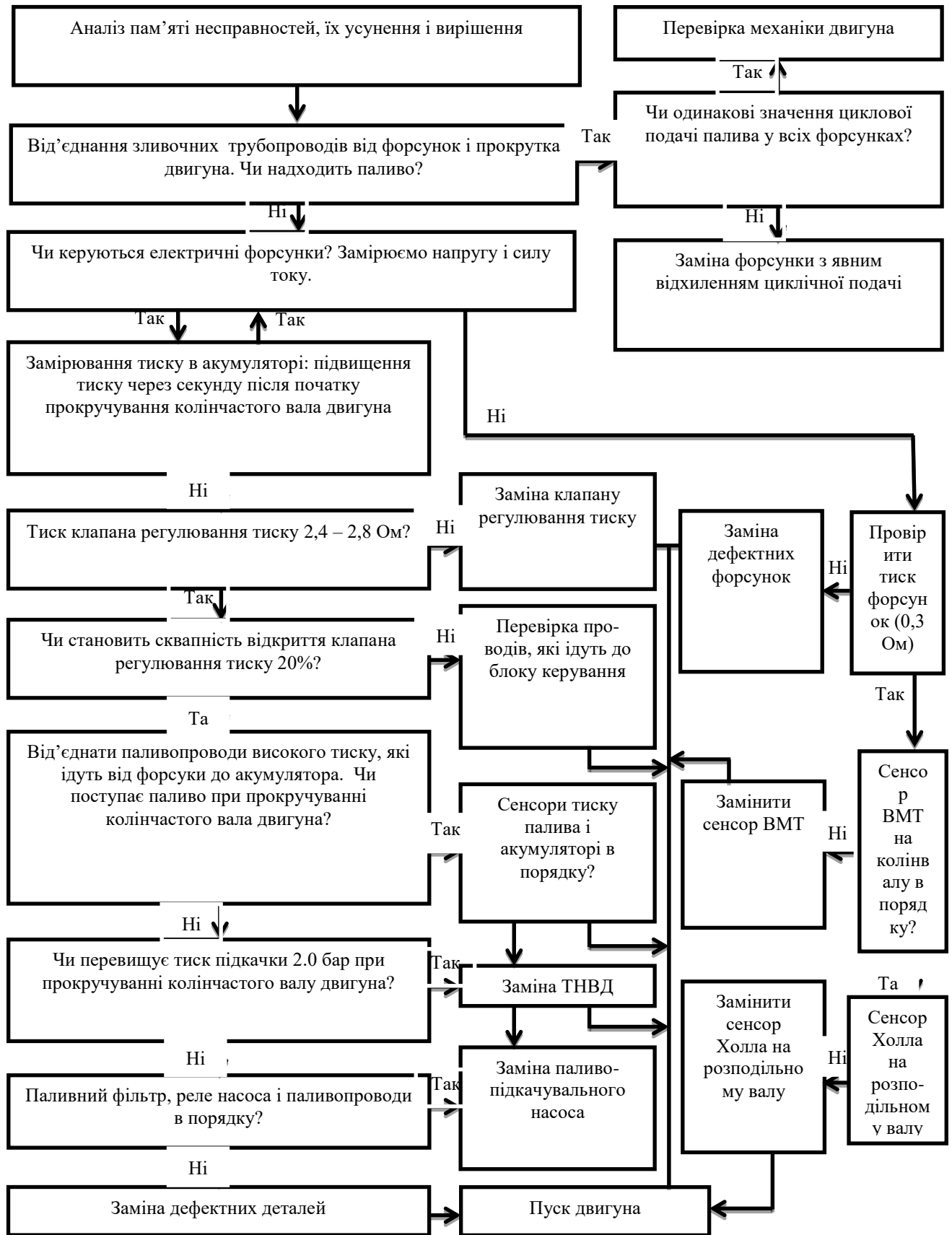


Рисунок 2.2 – Алгоритм діагностики системи CR

2.2 Технологія ремонту форсунок

Конструкція форсунки (рис. 2.3) містить електрогідравлічний вузол, який відкриває-закриває розпилювач, як правило, він і виходить з ладу. Проводимо очищення в ультразвуковій ванні, діагностику на стенді, розбирання та заміну деталей, складання з контрольною перевіркою на стенді.

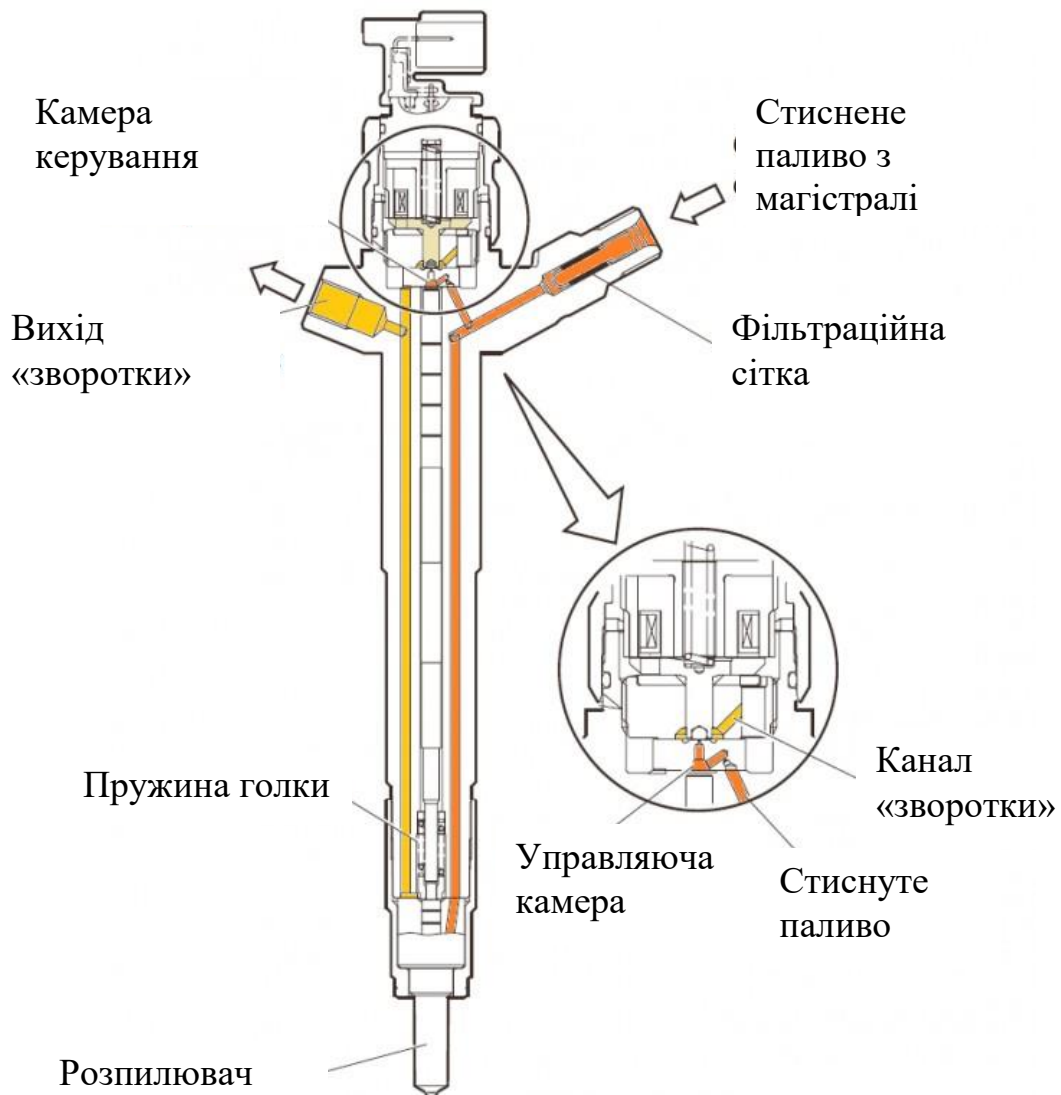


Рисунок 2.2 – Особливості будови форсунки CR

Зазвичай форсунки легко знімаються. Але якщо на них утворюється окис – потрібен спецінструмент та додаткові дії. Ступінь складності демонтажу впливає на ціну. Перед встановленням форсунок назад ми змащуємо їх керамічною пастою, щоб запобігти появі окису [7,8].

Розбирання форсунки має чітку послідовність (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Послідовність розбирання форсунки [9]

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

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 ми рекомендуємо 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;
- міняють паливні фільтри кожні 8000 кілометрів;
- проходити планове і сезонне техобслуговування.

2.3 Технологія реставрації розпилювачів

Збереження основних базових поверхонь прецизійних деталей дає змогу здійснити ремонт, тобто вивести місцеві спрацювання і надати початкової чистоти робочим поверхням шляхом механічної обробки. Залежно від величини спрацювання застосовують шліфування з наступною обробкою притиральними пастами, або тільки притирання пастами. Відновлення неможливе, якщо є грубі пошкодження поверхонь у вигляді тріщин, корозії, сколів, забитих торців та інших дефектів. Найбільш поширений спосіб ремонту прецизійних пар — доводка. Якщо під час доводки, або після шліфування знято значний шар металу, то поверхні прецизійної деталі відновлюють хромуванням.

Відновлювати спрацьовані циліндричні поверхні важко: потрібне спеціальне обладнання, вимірювальні засоби високої точності, складна технологія нанесення високої твердості металів і наступна обробка з високою точністю і наступне доведення. Така складна технологія відновлення прецизійних деталей економічно доцільна і забезпечує достатню якість тільки в умовах крупних спеціалізованих підприємств, що мають велику програму.

В умовах станції технічного обслуговування можна рекомендувати притирання простих поверхонь, де не вимагається індивідуальна підгонка деталей на досить малі зазори і складніша обробка циліндричних поверхонь.

Відносно нескладно відновлювати притиранням наступні поверхні прецизійних

- конусні поверхні гільзи;
- запірні поверхні розпилювача.

Для притирання використовують притиральні пасти, зокрема пасти ГОЇ. Виготовляються ласти ГОЇ трьох сортів: грубі, середні і тонкі. Ріжуча здатність пасти визначається шаром металу, який вона знімає за сто рухів, що відповідає 40м шляху. Груба паста видаляє значний шар металу - до десятих

долів міліметра, від 40 до 18 мкм і відповідно до цього має номери Від 40 до 18. За кольором ця паста — темно-зелена, що переходить в чорний. Середня паста видаляє соті долі міліметра металу, від 17 до 8 мкм, позначається номерами від 17 до 8. Колір — темно-зелений. Тонка паста знімає тисячні долі міліметра металу, від 7 до 1 мкм. Вона має світло-зелений колір. В пасті ГОИ основним різальним елементом служить оксид хрому. Крім того, паста впливає хімічний вплив на поверхневий шар деталі, пом'якшуючи важкознімні поверхні з допомогою олеїнової кислоти.

Пасти 180-К, 30-М, 30-Мс, 20-М застосовують для чорнового і попереднього доведення. До їх складу входять різальний матеріал — корундовий порошок (від 52 до 55%); хімічний елемент, що прискорює процес доведення — олеїнова кислота (від 20 до 34%); зв'язуючий матеріал - стеарин (від 14 до 20%). Крім того, до складу деяких паст входить гас.

Середню пасту 10-М використовують для попереднього доведення.

Тонкі пасти К-500, 3-МУ, 3-МС, 3-М, 1-М використовують для остаточного доведення. Різальним матеріалом в них, крім пасти К-500, є оксид алюмінію. Кількість, залежно від сорту пасти коливається від 18% до 55%. Хімічним елементом є олеїнова кислота. Зв'язуючий елемент — стеарин, або парафін.

Останнім часом для остаточного доведення використовують алмазні притиральні пасти АсМ-1 і АМ-2.

Особливість паст НЗТА — вміст великої кількості олеїнової кислоти і використання в якості ріжучого елемента оксиду алюмінію. Технологія ремонту прецизійних деталей із застосуванням доводочних паст є складною, тому цю роботу повинні виконувати висококваліфіковані слюсарі, які знають техніку роботи з пастами і мають відповідні навички.

При значних спрацюваннях, завалах площини, глибоких задирах та інших дефектах прецизійних деталей, коли потрібно знімати значні шари металу, їх притирають послідовно трьома сортами паст: спочатку грубою, потім середньою, потім завершують доведення тонкою пастою. Така

послідовність під час обробки дає змогу більш тонкому сорту пасти зняти сліди від притирання від попереднього сорту.

Пасту ГОЇ розчиняють чистим гасом до в'язкого стану. Пасту НЗТА – веретенною оливою то такої ж консистенції. Розчиняти потрібно стільки пасти, скільки потрібно для роботи, оскільки під час тривалого зберігання в розчиненому стані паста втрачає свої якості.

Щоб уникнути потрапляння пороху, бруду і для покращеного зберігання розчиненої пасти потрібно виготовити з латунного листового матеріалу баночки з кришками, в яких написати шифр номеру пасти.

Змішувати різні сорти пасти категорично забороняється, особливо, коли притирання виконують різними сортами паст необхідно дотримуватись правила: поки ретельно не змита попередня паста, наносити наступну.

Заготовки плиток простругують, або опилують, шабрують і притирають одну до одної за технологією трьох плит [9].

В процесі роботи поверхні плити спрацьовуються. тому їх потрібно періодично правити точно вирівнювати притиранням грубою пастою.

Щоб запобігти змішуванню паст, коли здійснюється притирання різними и сортами паст і для правильного ремонту плити потрібно мати не менше трьох плит.

Правила роботи з притиральними пастами є наступними. Перш, ніж наносити пасту на плиту, поверхню ретельно протирають чистою ганчіркою, що злегка змочена в гасі, а потім витирають чистим фільтрувальним папером. Розчинену пасту наносять чистою дерев'яною, або скляною паличкою тонким шаром. Не потрібно брати багато пасти: це не прискорить процес притирання, а тільки приведе до зайвої витрати пасти. Пляма на плиті повинна бути дещо більша, ніж поверхня, що притирається.

Довгий час використовувати один шар пасти не можна, бо вона втрачає ріжучу здатність.

Розпилювачі відновлюють при спрацюванні запірнього конуса, утворення нагару, закоксовуванні соплових отворів. Їх вибраковують

при наявності тріщин чи сколів на торцевій поверхні корпусу, сколів на конусі голки, корозії на поверхні спряження голка-корпус, а також глибоких пошкоджень на поверхні розпилювача чи голки, яких не можна зняти притиранням. При спрацюванні спряження голка-корпус розпилювача ці деталі розкомплектовують. Циліндричну поверхню корпусу розпилювача обробляють притиром на доводочні бабці. Відновлені голки сортують за діаметром спряжених циліндричних поверхонь, комплектують і притирають так, щоб забезпечити зазор 1 мкм. Для забезпечення герметичності розпилювача по запірному конусі кут конуса голки повинен бути більшим, ніж кут конуса корпусу розпилювача на 40° . Конуси повинні спряжуватись по кільцевому паску шириною не більше 0,2 мм.

Голку шліфують на призмі. Обертання їй передається прогумованим роликом. Після шліфування голку протирають, напрямну частину змащують мастилом, а конус – притиральною пастою М10. Запірний конус розпилювача обробляють притиром, який періодично правлять для забезпечення потрібного кута. Після доводки конічні поверхні голки і корпусу розпилювача взаємно притирають до появи неперервного кільцевого пояса на конусі голки. Відновлення запірних конусів збільшує хід голки, а притирання торця корпусу розпилювача – зменшує. Якщо хід голки більший від нормального (контролюють індикатором годинникового типу), торець корпусу шліфують і притирають, а якщо менше – шліфують заплечики голки. Відновлені розпилювачі перевіряють на герметичність, підтікання і якість розпилювання палива на стендах КИ-3333.

2.4 Режими технологічних операцій

2.4.1 Очищення і миття розпилювачів.

Тиск мийної рідини – 0,2...0,25 МПа; температура мийної рідини – 20...30°C.

Склад мийного розчину:

- сода каустична ДСТУ2263:2011 – 25 г/л;
- сода кальцинована ДСТУ 100-64 – 35 г/л;
- рідке скло – ДСТУ 13078-67 – 1,5 г/л;
- мило господарське – 25 г/л.

Температура розчину – $85 \pm 5^\circ\text{C}$.

Час миття – 2...3 год.

Максимальна температура нагрівання обшивки ванни – не більше 40°C .

Розчин для ополіскування розпилювачів: триетаноламін – 20 г/л;
температура промивання – до 40°C .

2.4.2 Шліфування конуса голки розпилювача

Круг – АСО М12Б1 100 58, частота обертання круга – 1000 хв^{-1}

частота обертання деталі – 750 хв^{-1} ; припуск на шліфування – 5 мкм.

2.4.3 Притиральні операції

Відновлені розпилювачі перевіряють на герметичність, підтікання і якість розпилювання палива на стендах КИ-3333, КИ-22203М, КИ-562 та КИ-15706.

2.5 Розрахунок і підбір технологічного обладнання

Визначаємо кількість основного обладнання. Загальна кількість металообробних верстатів дорівнює [11]:

$$N_{\text{в}} = \frac{T_{\text{мв}}}{(D_{\text{р}} t_{\text{зм}} n_{\text{зм}} P_{\text{в}} K_{\text{вик}})}, \quad (2.1)$$

де $T_{\text{мв}}$ – річна трудомісткість верстатних робіт, люд-год.;

$P_{\text{в}}$ – кількість верстатників на одному робочому місці, ос.;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання робочого часу обладнання, $K_{\text{вик}} = 0,75 - 0,8$.

Загальна кількість металообробних верстатів наведена в табл. 2.2 [12].

Таблиця 2.2 – Кількість металооброблювальних верстатів

Назва верстатів	$T_{\text{мо}}$	%	$k_{\text{вик}}$	P_o	n, зм	Кількість,шт	
						розр.	прийн
Токарні	1554,15	48	0,75	1,00	1	1,697	1
Шліфувальні		10	0,75	1,00	1	0,353	1
Притиральні		8	0,75	1,00	1	0,283	1
Свердлильні		5	0,75	1,00	1	0,177	1

Кількість мийних установок визначається з виразу [11]:

$$M_y = \frac{A_e K_n}{(W_m t_{zm} n_{zm} K_{\text{вик}})} = \frac{190 \cdot 1,15}{20 \cdot 8,2 \cdot 1 \cdot 0,98} = 1,36 \approx 1, \quad (2.2)$$

де $A_e = 5000$ – кількість об'єктів ремонту (згідно із завданням);

$K_n = 1,15$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів;

$W_m = 20$ – продуктивність мийної установки, авт/год.;

$K_{\text{вик}} = 0,98$ – коефіцієнт використання робочого часу мийної установки.

Таблиця 2.3 – Вибране обладнання для ділянки ремонту паливної апаратури

Марка, назва обладнання	Потужність, кВт	Кількість
Верстат токарний 1К63	3,45	1
Машина ОМ-5287	9,0	1
Комплект інструментів і пристроїв ПИМ 1878	-	2
Набір калібрів і шаблонів	-	1
Прес механічний	-	1
Шафа сушильна СШ-3	12,0	1
Ванна для промивання і знежирювання	-	1
Верстат шліфувальний 3А54	5,6	1
Верстат хонінгувальний 2Б778	2,6	1
Верстат свердлильний 1Н212	0,82	1
Стенд 22201-Б	3,8	2
Верстак слюсарний з набором інструментів ОРГ	-	

Таблиця 2.4 – Інше необхідне обладнання СТО

Назва	Призначення
1	2
Пристрій 70-7036-4701	Для перевірки зусилля переміщення рейки паливних насосів
Ключ 70-7812-4701	Для регулювання номінальної подачі насоса
Ключ торцевий зі змінними головками 70-7812-4702	Для відкручування і закручування гайок і болтів .Розміри мм 10,12,13,14,17,19
Ключ спеціальний 70-7812-4704	Для відкручування і закручування гайки кріплення шпцевоївтулки
70-7821-4706	Для знімання пружин плунжера
70-7821-4710	Для затримування від провертання вала підкачувального насоса
70-7821-4711	Для вимірювання осьового зазору між стопорним кільцем і зубчатим колесом муфти
70-7821-4710	Для затримання від провертання вала підкачувального насоса
70-7821-4711	Для складання пружної муфти регулятора
Знімач 70-7821-4702	Для випресування пружної муфти регулятора
70-7821-4703	Для висадки кінців трубки високого тиску
70-7821-4704	Для розбирання-складання безштифтових форсунок
70-7821-4705	Для розвальцьовування осей тягарців регулятора
70-7823-4705	Для контролю переміщення втулки відносно шестерні
ПИМ-1878-01	Для відкручування-закручування гайки кріплення муфти випередження вприску
ПИМ-1878-02	Для розбирання-складання помпи
ПИМ-1878-07	Для знімання з кулачкового вала муфти
ПИМ-1878-04	Для відкручування-закручування гайки кріплення муфти випередження
ПИМ-1878-11	Для регулювання коректора
ПИМ-1878-31	Для випресування манжет
ПИМ-1878-20	Для запресування кришки підшипника в корпус
ПИМ-1878-02	Для запресування державки тягарців
ПИМ-1878-0219	Для знімання пружини плунжерів

2.6 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії

Норми витрат матеріалів та запчастин для виконання ремонтних робіт й підтримання автомобілів у працездатному і справному стані та експлуатаційних затрат необхідно вибирати, виходячи із:

- для палива – лінійних норм витрати, які затверджені Міністерством транспорту України з урахуванням надбавок у зимовий період;
- для оливо та інших мастильних матеріалів – тимчасових норм витрат для агрегатів автомобільного транспорту, які затверджені Кабміном України без урахування надбавок на тривалість експлуатації автомобілів;
- для запчастин та матеріалів, в т.ч. кисню, ацетилену і інструментів: по відомчим нормам витрат, які затверджені у встановленому порядку Кабміном України;
- фонд оборотних двигунів та агрегатів за нормативами, встановленими Положенням про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту [12].

Для дільниці потрібну кількість матеріалів визначаємо з формули [9]:

$$Q_m = W \cdot q_m, \text{ кг}, \quad (2.3)$$

де W – річна програма відновлення деталей;

q_m – норма витрати матеріалу на одну деталь, кг.

Норму витрати матеріалів визначаємо за формулою [10]:

$$q_i = h_i \cdot t_i / 60, \quad (2.4)$$

де h_i — 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.2.5.

Розрахунок витрати електроенергії на виробничі потреби здійснюємо занаступними формулами [17]. Так, сумарна активна потужність споживачів енергії:

$$N_a = K_c \cdot \sum_{i=1}^n N_{уст.i}, \text{ кВт} \quad (2.5)$$

де $N_{уст.i}$ – потужність і-го споживача, кВт;
 K_c – коефіцієнт завантаження обладнання;
 N – кількість споживачів.

Таблиця 2.5 – 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 ³	67

Характеристика споживачів вказана в таблиці 2.6.

Річна витрата електроенергії визначається з формули [17]:

$$N_p = \sum (N_{ai} \cdot \Phi_{di} \cdot n_i \cdot K_{zi}), \text{ кВт} \quad (2.6)$$

де Φ_{di} – дійсний фонд часу роботи і-го типу обладнання;
 K_{zi} – коефіцієнт завантаження споживачів струму за часом;
 n_i – кількість змін роботи і-го обладнання.
 $N_1 = 5,6 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 0,8 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 +$
 $+ 2,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 2,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 6,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 +$
 $0,6 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 = 560420 \text{ Вт} \cdot \text{год. Орієнтовно} - 560 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

Річну витрату електроенергії на освітлення приміщень визначаємо за питомими витратами на освітлення 1 м² площі:

- слюсарно-ремонтного відділу – 20 Вт/м²
- діагностувально-регулювального відділу- 45 Вт/м²

- лабораторії та інших приміщень- 25 Вт/м

Враховуючи площу кожного приміщення, енергія на освітлення обчислена з врахуванням річного часу освітлення за формулою [13]:

Таблиця 2.6 – Характеристики споживачів електроенергії

Назва, марка обладнання з встановленими	Встановлена потужність, кВт
Контрольно-дефектувальне	
Стенд КИ-3333	0,3
Стенд 562	4,0
Реставрації розпилювачів	
Бабка притиральна	0,25
Мийна машина ОМ-1256	2,5
Ванна мийна ОР-1562	0,6
Верстат шліфувальний СШК	4,5
Вентилятор витяжний	0,5

$$N_{осв} = \sum_{i=1}^k (F_i \cdot P_i) \cdot t_{осв}, \text{ Вт}\cdot\text{год.}, \quad (2.7)$$

де F_i – площа і-го приміщення, м²;

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

t_0 – тривалість освітлювального періоду, год.

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

Сумарні річні витрати електроенергії становлять:

$$N_{сум} = 560 + 46,8 = 606,8 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

2.7 Обґрунтування додаткових робочих місць

Кількість робочих місць СТО визначимо з урахуванням трудомісткості виконуваних робіт. Однак, внаслідок специфіки робіт дільниці, незалежно від величини виробничої програми організовують такі робочі місця:

- 1) дефектування і випробування розпилювачів;
- 2) миття, очищення та ремонту розпилювачів.

Під формуванням робочих місць ми приймаємо чисельність виконавців на одному робочому місці, а також встановлення змісту та обсягу робіт, які виконуються на кожному робочому місці. Приймаємо 2 додаткових робочих місця у майстерні. Розрахунок річних фондів часу і трудомісткості робіт. Дійсний річний фонд майстерні визначаємо за формулою:

$$\Phi_{\partial} = [d_p t_3 - d_n (t_3 - t_n)] n_3, \text{ год.}, \quad (2.8)$$

де d_p, d_n – кількість робочих і передсвяткових днів впродовж року;

t_3, t_1 , – тривалості, відповідно, повної робочої зміни, і передсвяткової зміни, год.;

n_3 – кількість змін протягом доби.

$$\Phi_{\partial} = [255 \cdot 7 - 58(7 - 6)] 1 = 1840 \text{ год.}$$

Річну трудомісткість робіт обчислюємо за формулою:

$$T_p = \sum_{i=1}^N T_i W_i, \text{ люд-год.}, \quad (2.9)$$

де T_p – тривалість i -го технологічного процесу (за технологічною документацією) год.;

W_i – річна частість i -го технологічного процесу.

Початкові дані для розрахунку подано в табл.2.7. Виробнича програма реставрації розпилювачів, згідно із завданням $W=2500..5000$ розпилювачів.

Таблиця 2.7 – Дані для розрахунку річної трудомісткості

Назва часткового процесу	Норма часу за технологічним процесом, год.	Розмір партії	Річна кількість партій	Витрати часу, год.
Дефектування та притирання	1,66	50	250	415
Шліфування деталей	0,16	50	250	40
Прецизійні роботи	0,75	250	50	37,5
Очищення та промивання дет.	0,03	250	50	1,5
Комплектування розпилювачів	0,03	250	50	1,5
Випробування	1,66	4	1250	5000

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІІ ПРИСТРОЮ

3.1 Опис конструкції

Сконструйований мною пристрій призначений для розбирання-складання форсунок дизелів, інжекторів системи Common Rail дизелів та насос-форсунок (рис.3.1). Він складається з опірної стійки 1, підпорного елемента, з'ємної фіксуєчої пластини 2 із набору змінних пластин для фіксування, бокового зажиму, напрямної штанги 3 з кареткою 4 з осьовим зажимом 5, що може переміщатись вздовж її осі.

До опірної стійки рухомим осьовим з'єднанням 6 для обертання робочої частини пристрою прикріплена напрямна штанга, на яку встановлена знімна фіксуєча пластина із набору змінних пластин, що, водночас, виконує функцію підпорного елемента, в кожному з яких виконані від одного до шести різних за розмірами пазів 7 для фіксації певних типорозмірів корпусів форсунок.

Боковий затискач виконаний таким, що може переміщуватися по напрямній штанзі, а бічний фіксатор 8 з двома затискними губками 9, робоча поверхня однієї з яких має клиновидну канавку 10 для того, щоб затискати корпуси форсунок різного діаметра на відстані, обумовленій довжиною корпусу інжектора від фіксуєчої пластини.

3.2 Принцип роботи

Для розбирання/складання дизельних форсунок, дизельних інжекторів системи Common Rail, або насос-форсунок, інжектор встановлюють в паз фіксуєчої пластини розпилювачем вгору і, відрегулювавши місце розташування бічного фіксатора та каретки осьового затиску відносно корпусу інжектора, по чергово затискають інжектор осьовим і бічним затисками.

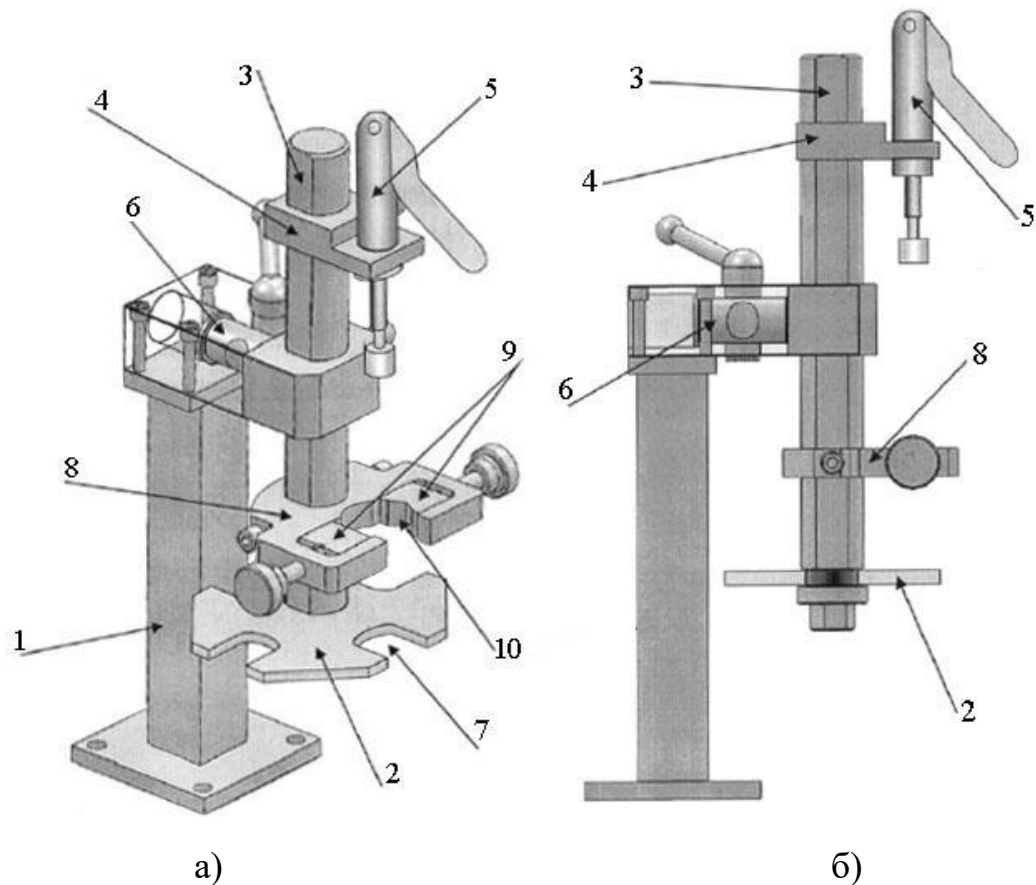


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд прототипу пристрою (а) та схема пристрою на вигляді збоку (б): 1 – опорна стійка; 2 - фіксуюча пластина; 3 - напрямна штанга; 4 - каретка; 5 - осьовий затискач; 6 – рухома вісь; 7 - паз для фіксації корпуса форсунки; 8 - бічний фіксатор; 9 - затискні губки; 10 - клиновидна виїмка

Потім здійснюють демонтаж розпилювача інжектора та гайки розпилювача з допомогою спеціального ключа, який входить в паз гайки форсунки, після чого, за допомогою рухомого осьового з'єднання, провертають робочу частину пристрою на 180° розташовуючи таким чином інжектор електроклапаном угору, і завершують розбирання інжектора.

Складання інжектора здійснюють у зворотній послідовності.

Запропонована технічна розробка дає змогу виконувати розбирання і складання інжектора без яких-завгодно допоміжних пристосувань, залишаючи його закріпленим у пристрої.

Пристрій для розбирання і складання дизельних форсунок, дизельних інжекторів системи Common Rail та насос-форсунок використовувався в

спеціалізованому дизельному сервісі, де при розбиранні і збиранні дизельних форсунок, дизельних інжекторів системи Common Rail та насос-форсунок, показав такі результати:

- час розбирання і складання, порівняно із виконанням тотожних операцій за допомогою відомих пристроїв, скоротився на 50-70 %;

- відпала потреба використовувати і, відповідно, у розміщувати в приміщенні автосервісу, допоміжні пристрої, що дало змогу вивільнити 30% раніше зайнятої площі робочого місця;

- скорочено час технологічних операцій, відмова від допоміжних пристосувань, які стали непотрібними, а також зменшення площі для розташування розробленого пристрою, дало економію близько 50 %, порівняно з витратами, якими супроводжувалося застосування інших пристроїв (лещат тощо).

Пристрій для розбирання і збирання дизельних форсунок, дизельних інжекторів системи Common Rail та насос-форсунок: може бути виготовлений із стандартних металевих заготовок на будь-якому машинобудівному виробництві.

3.3 Розрахунок силових параметрів пристрою

Базою пристрою є затискні губки, які дають змогу отримати достатньо велике зусилля для бокової фіксації насос-форсунки. Такі засоби є досить зручними, простими конструктивно і широко застосовуються в ремонтній справі.

Затискну силу болтів 9, яка може створити бічний фіксатор пристрою, визначаємо за формулою [16]:

$$R = \frac{Pl}{r_{cp} \tan(\alpha + \varphi)}, \text{ Н}, \quad (3.1)$$

де P – зусилля руки робітника, що прикладається до гвинтів затискних губок пристрою, Н;

L – плече, на якому діє сила P , м;

A – кут підйому гвинтової лінії при середньому діаметрі, град.;

r_{cp} – середній радіус різьби силового гвинта, м;

φ – кут тертя приймають з умови $f = \operatorname{tg}\varphi = 0,15$.

Для визначення стискаючого зусилля гвинтового пристрою використовуємо наступні параметри:

- силовий гвинт виготовлений з сталі 35, має зовнішній діаметр $d_3 = 0,016$ м і крок різьби $t = 0,001$ м (1 мм);
- зусилля руки робітника $P = 100$ Н, а плече, на якому діє сила, $L = 0,05$ м (50 мм).

За даними розмірами силового гвинта визначаємо з літератури [11] середній діаметр різьби $d_{cp} = 15,376$ мм, внутрішній діаметр різьби 15,29 мм, середній радіус $r_{cp} = 7,188$ мм. Кут тертя приймаємо $\varphi = 8^\circ 35'$, а кут підйому різьби α знаходимо із співвідношення:

$$\tan \alpha = \frac{t}{p \cdot d_{cp}} = \frac{1}{3,14 \cdot 15,376} = 0,021. \quad (3.2)$$

Тоді $\alpha = \tan^{-1} 0,021 = 1^\circ 12'$;

$$\tan(\alpha + \varphi) = \tan(1^\circ 12' + 8^\circ 35') = \tan 9^\circ 47' = 0,1668.$$

Після підставлення прийнятих і отриманих значень у формулу визначаємо стискаюче зусилля пристрою

$$F = 3926,5 \text{ Н.}$$

Отримане зусилля затискання є достатнім для розбирання форсунки.

Ексцентриковий осьовий затискач форсунки завжди застосовують, коли хід штока невеликий. Через велике співвідношення плечей l_1 та l_2 (рис. 3.2) такі пристрої створюють значні зусилля. Розрахунок можливої величини

сили можна проводити так же як і для звичайного важільного знімача з важелем другого роду [12].

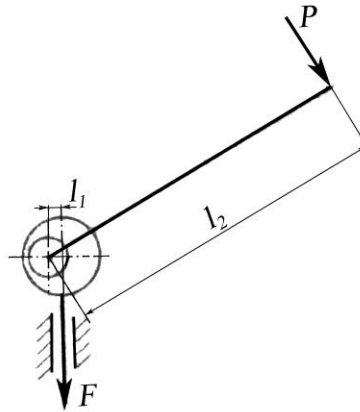


Рисунок 3.2 – Схема створення зусиль для ексцентрикового механізму

Цю силу можна визначити з рівняння

$$P \cdot l_2 = F \cdot l_1 \quad (3.3)$$

Звідси

$$F = \frac{P \cdot l_2}{l_1}.$$

Тоді

$$F = \frac{50 \cdot 120}{15} = 400 \text{ Н.}$$

3.4 Розрахунок міцності гвинта

Перевіримо затискний гвинт на одночасну дію стиску і кручення (при значній довжині гвинти також перевіряють на стійкість).

Крутний момент:

$$M_{кр} = F \frac{d_{cp}}{2} (\alpha + \varphi) \quad (3.4)$$

Тоді $= M_{кр} 4987,5 \cdot 0,00020376 / 2 \cdot \tan(1^\circ 97' + 8^\circ 35') = 0,99 \approx 1,0 \text{ Нм.}$

Приведене напруження

$$\sigma_{np} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4\tau_{кр}^2}, \quad (3.5)$$

де $\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{0,2d_{вн}^3}$ – дотичне напруження, МПа;

$d_{вн}$ – внутрішній діаметр різьби, 15,29 мм.

$d_{вн} = 29,6$ МПа.

$$\tau_{кр} = \frac{1}{0,2 \cdot 0,00159^3} = 32,8 \text{ МПа.}$$

$$\sigma = \frac{R}{F} = 67,6 \text{ МПа.}$$

Умова достатньої міцності виконується. Допустиме напруження на стиск $\sigma_{ст} = 70 \dots 90$ МПа. Умова міцності гвинта забезпечується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальна оцінка стану охорони праці на підприємстві

Турбота про створення на ремонтних підприємствах здорових та безпечних умов праці, що запобігають виробничому травматизму та професійним захворюванням і сприяють продовженню працездатності людини — важлива загальнодержавна справа — покладена на адміністрацію підприємства і професійні комітети.

Відповідальність за проведення і керівництво практичними заходами з охорони праці та довілля в господарстві здійснюється керуючим підприємством в майстерні по ремонту доручено директору СТО та інженеру з техніки безпеки.

За час виробничої діяльності майстерні 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.).

На основі цього складено перспективний план заходів по раціоналізації робочих місць, який передбачає впровадження механізованих процесів ремонту деталей.

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.

На підприємстві діє кабінет з охорони праці і безпеки руху, обладнаний необхідною наглядною агітацією. В ньому проводять навчання з питань охорони праці та вступний інструктаж при прийомі на роботу.

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 майстерні 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.

Відношення кількості повітря, що подається в цех до того, що видаляється з нього, тобто вентиляційний повітряний баланс є зрівноваженим. Повітря, що подається в цех очищується від пилу в фільтрах, а також при необхідності підігрівається або охолоджується в теплообміннику.

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 господарстві 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 при порошкового дроту, флюсів тощо.

Такими заходами може бути додаткова місцева механічна витяжна вентиляція. При роботі з метою запобігання пожежі категорично заборонено

протирати деталі перед відновленням бензином та іншими рідинами. Не торкатися одночасно деталей, які знаходяться під напругою полярності.

Забороняється проведення налагоджувальних робіт, змащування та регулювання під час наплавлення, а також продовжувати роботу в випадку виявлення несправностей. Відновлені деталі складати на спеціальні підставки, або в коробчасту тару, що запобігає випадковому доторканню до нагрітих поверхонь.

Після закінчення роботи відключити установку і зварювальний випрямляч від мережі. Прибрати установку. Перевірити, чи не попали на деталі обтирочний матеріал, папір та ін.

4.2 Пожежна профілактика

У кожному господарстві 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 в господарстві, видно, що на підприємстві не виконуються вимоги нормативних документів з охорони праці, тобто робітники в господарстві не повністю забезпечені спецодягом, аптечками першої медичної допомоги та не усі агрегати обладнані засобами пожежегасіння. Отже щоб в господарстві стан охорони праці відповідав необхідним вимогам, то потрібно усунути виявлені нами недоліки.

5 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ ВІД ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

5.1 Опис і оцінка можливого впливу на поверхневі води

Опис та оцінку ймовірного впливу на поверхневі води проводять на предмет [19]:

- 1) впливу на водність водотоку або водойми;
- 2) фізичних впливів на гідроморфологічні умови водного об'єкта;
- 3) впливу на якість води у водному об'єкті, на перспективи дотримання нормативів якості води у лімітуючих створах (на ближніх рибогосподарських об'єктах, водозаборах централізованого водокористування, у зонах (територіях), що охороняються, уразливих зонах (визначених згідно з Критеріями визначення уразливих та менш уразливих зон));
- 4) впливу на засмічення і замулення водного об'єкта;
- 5) фізичних (гідроморфологічних) впливів, що активізують шкідливу дію вод (руйнування берегів, затоплення, підтоплення та ін.) і пов'язані небезпечні геологічні процеси.

Ймовірні впливи на водні екосистеми розглядають у складі оцінки впливу на фауну, флору і біорізноманіття. При оцінці ймовірного впливу на поверхневі води користуються методологією, прийнятою для розроблення гранично допустимих скидів, а також іншими методологіями, прийнятими у гідрологічних дослідженнях та/ або еколого-гідрологічних вишукуваннях.

5.2 Оцінка впливу на підземні води

Аналіз показників хімічного складу підземних вод на поточний стан та при оцінці впливу здійснюють [19]:

- коли хімічний склад вод у цьому водоносному горизонті з високою ймовірністю зазнає впливу планованої діяльності;

- ґрунтові води залягають на такій глибині від поверхні (звичайно не глибше 10 метрів), що, з урахуванням фільтраційних властивостей вище розташованих перекриваючих порід і рівня небезпеки наземних або підземних об'єктів, зумовлює високу ймовірність хімічного забруднення.

У підземні водоносні горизонти можуть скидатися зворотні, стічні, супутньо-пластові води, проте таке скидання потребує техніко-економічної доцільності та екологічної виправданості. Крім того, до обґрунтувань вище зазначених скидів можуть додаватися результати спеціальних досліджень.

Оцінка впливу на підземні води розглядається в двох напрямках:

- опис поточного стану підземних вод;
- опис і оцінка можливого впливу на підземні води.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахуємо технологічну собівартість ремонту форсунки. Валові річні витрати обчислимо з формули [18]:

$$C_v = C_{on} + C_m + C_e + C_{ao}, \text{ грн.}, \quad (6.1)$$

де C_{on} – оплата праці робітникам, тис. грн.;

C_m – вартість матеріалів, тис. грн. ;

C_e – вартість енергії, тис. грн. ;

C_{ao} – амортизаційні відрахування обладнання, тис. грн. ;

Враховуючи, що оплата праці є погодинною, обчислюємо витрати на оплату праці за формулою [18]:

$$C_{on} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot B_i}{1000}, \text{ тис. грн.}, \quad (6.2)$$

де t_i – тривалість робіт i -го розряду, год.;

B_i – тарифна ставка за i -м розрядом робіт, грн. .

$$C_{on} = (1720 \cdot 34,5 + 2220 \cdot 61,2) / 1000 = 134,1 \text{ тис. грн.}$$

Витрату на матеріали приймаємо за типовим технологічним процесом (див. розділ 2). Вони становлять на одну деталь 62 грн. Разом витрати на матеріали і запасні частини скорочується і становлять 187,1 тис. грн. .

Витрати на електроенергію обчислюємо за формулою:

$$C_e = W \cdot V_e, \text{ тис. грн.} \quad (6.3)$$

де W – витрати електроенергії згідно з технологічною документацією, кВт·год. ; V_e – вартість промислової електроенергії, грн. .

$$C_e = 86,47 \cdot 0,17 = 14,7 \text{ тис. грн. .}$$

Амортизаційні відрахування обчислюємо за формулою:

$$C_{AO} = \frac{BV \cdot a_n}{W}, \text{ тис. грн.}, \quad (6.4)$$

де BV – балансова вартість обладнання (береться з бухгалтерської звітності), грн.; a_n – ставка амортизаційних відрахувань (становить 0,125);

W – річна виробнича програма ремонту форсунок (згідно завдання):

$$C_{AO} = (345680 \cdot 0,125)/3000 = 4,2 \text{ тис. грн.}$$

Тоді, за формулою (6.1) обчислюємо:

$$C_T = 134,1 + 4,2 + 187,1 + 5,8 + 14,7 + 2,5 = 337,1 \text{ тис. грн. .}$$

Валові річні надходження обчислимо з формули:

$$B_p = \sum_{i=1}^k W_i \cdot C_i, \text{ грн.} \quad (6.5)$$

де W_i – річна виробнича програма надання i -ї послуги (i -го товару);

C_i – ціна i -ї послуги (i -го товару), грн.

Ціни на надані послуги встановлюємо незмінними, такими, які є чинні на підприємстві (табл.6.1).

Таблиця 6.1 – Ціни на продукцію СТО

Назва послуги	Ціна станом на 1.06.2024, грн.
Ремонт комплекту форсунок із відновленням розпилювачів	2500
Ремонт комплекту форсунок із заміною розпилювачів	1250
Ремонт паливних pomp високого тиску рядних	600
Ремонт паливних pomp високого тиску розподільчого типу	1500
Регулювання паливної апаратури	1000,0
Поточний ремонт системи живлення дизельних двигунів	-

Вартість нерегламентованих робіт приймаємо такою, яка є в поточному році. Загалом валові надходження становитимуть 760,9 тис. грн. .

Прибуток до оподаткування визначається з формули [18]:

$$Pr = B_p - C_m, \text{ тис. грн. ,} \quad (6.6)$$

Таким чином, прибуток становитиме 432,8 тис. грн. .

ВИСНОВКИ

1. Удосконалення технології ремонту форсунок дало б змогу виявити місце виникнення несправності з високою точністю і забезпечує зниження витрат на зайві операції розбирання-складання, заміну придатних деталей.

2. Основні дефекти деталей форсунок CR, особливо розпилювачів призводять до того, що його вибраковують на більшості ремонтних підприємствах через відсутність відповідних технологій. Це призводить до високої собівартості ремонту, а на будь-якому СТОА – до збитковості.

3. Серед відомих способів ремонту розпилювачів доцільно застосувати використання миття в синтетичних мийних засобах і притирання пастами.

4. Застосування сконструйованого пристрою дає змогу скоротити витрати праці, з одного боку і підвищити якість ремонту форсунок.

5. Для умов даного підприємства підходить технологічне планування типової дільниці.

6. Рентабельність реконструйованого підприємства можна підвищити за рахунок зменшення використання нових запасних частин і покращення технологій миття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручник та посібник, 2001. 984 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. С.17-25.
4. Електронні системи автоматичного керування паливоподачею дизеля: практичний досвід синтезу та імплементації [Текст]: монографія / Д.С. Таланін, А.О. Прохоренко, С.С. Кравченко. LAMBERT Academic Publishing, 2022. 113с.
5. Лесько В.І. Діагностування двигунів внутрішнього згоряння: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / уклад: В.І. Лесько, Є.О. Міщук – Київ : КНУБА, 2017. 116 с.
6. 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.
7. Проектування сервісних підприємств. Посібник-практикум / Г.І. Дашивець, В.А. Дідур, А.М. Бондар. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.
8. Дідур В.А., Журавель Д.П. Технічна механіка рідини і газу. Підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

9. 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.
10. 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.
11. Ремонт машин: навч. посібник / за ред. О.І. Сідашенка та А.Я. Поліського, Київ : Урожай, 1994. 400 с.
12. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навч. посібн. / За загальною ред. Є.Ю.Форнальчика. Львів: Афіша, 2004. 492 с.
13. Організація охорони праці у сільському господарстві / Д.А.Бутко, В.Л.Луценков, М.М.Воїнов, С.Д. Мазілін. Сімферополь : Бізнес-Інформ, 1998. 324 с.
14. 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. 291с.
15. Труханська О. О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102) С. 52-61.
16. 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.
17. Аветісяна В. К. Економіка ремонтного підприємства. Харків : ХНТУСГ, 2005. 389 с.

18. Економіка і організація аграрного сервісу / П. О. Мосіюк та ін. Київ : УАЕ УААН, 2001. 345 с.
19. Техноекологія та цивільна безпека: навч. посібн., частина «Цивільна безпека» / В.С. Стручок Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 156 с.

ДОДАТКИ