

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І
РЕМОНТУ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК COMMON RAIL»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання
СЕМЕНЧУК Іван Олегович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент
БОНЧИК Віталій Семенович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

« _____ » _____ 2025 р.

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

	Стор
Завдання на виконання кваліфікаційної роботи.....	5
Анотація.....	6
Реферат.....	7
Перелік умовних скорочень, термінів, символів, позначень.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РЕМОНТУ ФОРСУНОК.....	13
1.1 Загальна характеристика систем подачі палива Common Rail.....	13
1.2 Причини відмов форсунок Common Rail.....	18
1.3 Аналіз технологічного процесу на передовому сервісному підприємстві.....	19
1.4 Сучасний стан підходів до ремонту форсунок паливних систем Common Rail.....	21
1.5 Технічне обслуговування форсунок акумуляторних систем подачі палива.....	24
1.6 Методика індивідуального коригування базових характеристик управління подачі палива ЕГКФ при технічному обслуговуванні.....	26
Висновки до першого розділу.....	28
2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДІАГНОСТУВАННЯ І РЕМОНТУ ФОРСУНОК.....	29
2.1 Перевірка форсунки на діагностичному стенді.....	29
2.2 Технологія ремонту форсунок.....	34
2.3 Режими технологічних операцій.....	39
2.4 Розрахунок і підбір технологічного обладнання.....	40
2.5 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії.....	43
2.6 Обґрунтування додаткових робочих місць.....	45
Висновки до другого розділу.....	47

3 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ COMMON RAIL.....	48
3.1 Математична модель для визначення тривалості керуючого імпульсу електрогідравлічної форсунки.....	48
3.2 Обладнання та апаратура досліджень.....	53
3.3 Експериментальні установки та датчики.....	55
Висновки до третього розділу.....	59
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ COMMON RAIL ДО ТА ПІСЛЯ РЕМОНТУ.....	60
4.1 Аналіз результатів експериментальних вимірювань.....	60
4.2 Випробування форсунок.....	63
Висновки до четвертого розділу.....	65
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	66
5.1 Загальна оцінка стану охорони праці на підприємстві.....	66
5.2 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій.....	68
5.3 Заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції.....	70
5.4 Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування.....	72
5.5 Пожежна профілактика.....	74
Висновки до п'ятого розділу.....	74
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ.....	75
6.1 Визначення затрат на оплату праці робітників.....	75
6.2 Визначення вартості основних фондів.....	77
6.3 Визначення прибутку.....	80
Висновки до шостого розділу.....	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
доцент _____ Василь ДУГАНЕЦЬ
« _____ » _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачу СЕМЕНЧУКУ Іванові Олеговичу

1. Тема роботи: «Дослідження системи технічного обслуговування і ремонту дизельних форсунок Common Rail»
2. Керівник роботи: БОНЧИК Віталій Семенович, доцент
Затверджено наказом по закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року, № 355с
Строк подання здобувачем закінченої роботи «24» листопада 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Завдання на кваліфікаційну роботу
2. Науково-технічна література з ремонту дизельних форсунок
3. Авторські свідоцтва і патенти на винаходи
4. Результати наукових досліджень

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз технологічних процесів ремонту форсунок
2. Удосконалення технологічних процесів діагностування і ремонту форсунок
3. Теоретичні та методологічні основи проведення досліджень процесу ремонту паливних форсунок системи Common Rail
4. Результати експериментальних досліджень характеристик паливних форсунок системи Common Rail до та після ремонту
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
6. Розрахунок економічної ефективності ремонту та діагностики системи живлення дизельних двигунів

Загальні висновки по роботі

Список використаних джерел

Додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Тема кваліфікаційної роботи, прізвище доповідача та керівника, рік захисту
2. Актуальність теми роботи та проблема дослідження
3. Мета, об'єкт, предмет дослідження
4. Завдання роботи
5. Схема системи подачі палива Common Rail

6. Схема механізму визначення періоду Δt для корекції циклової подачі g_1 відремонтованої форсунки
7. Особливості будови форсунки CR
 8. Послідовність розбирання форсунки
 9. Загальний вигляд стенду EPS 708 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802
 10. Схема експериментальної установки:
 11. Порівняння теоретичних та експериментальних даних дослідження залежності тривалості впорскування в часі від тривалості відповідного керівного імпульсу t_{imn}
 12. Встановлення зв'язку між параметрами подачі палива C_c за цикл та витрат палива на керування впорскуванням $G_{кер}$
 13. Показники техніко-економічної ефективності
 14. Загальні висновки по роботі
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	ДЕВІН В.В., доцент		

Дата видачі завдання «04» квітня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
	Вступ	15.04.25	15.04.25	
1	Аналіз технологічних процесів ремонту форсунок	12.05.25	12.05.25	
2	Удосконалення технологічних процесів діагностування і ремонту форсунок	05.06.25	05.06.25	
3	Теоретичні та методологічні основи проведення досліджень процесу ремонту паливних форсунок системи Common Rail	30.06.25	30.06.25	
4	Результати експериментальних досліджень характеристик паливних форсунок системи Common Rail до та після ремонту	18.09.25	18.09.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.10.25	15.10.25	
6	Розрахунок економічної ефективності ремонту та діагностики системи живлення дизельних двигунів	31.10.25	31.10.25	
	Загальні висновки по роботі	06.11.25	06.11.25	
	Список використаних джерел	18.11.25	18.11.25	
	Додатки	24.11.25	24.11.25	

Здобувач

Іван СЕМЕНЧУК

Керівник

Віталій БОНЧИК

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі магістра представлено технічне рішення, щодо підвищення ефективності роботи дизельних двигунів за рахунок застосування високоефективних методів діагностики системи живлення Common Rail в умовах експлуатації. Позитивний результат досягається завдяки дослідженню технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування і ремонту.

THE SUMMARY

The master's qualification work presents a technical solution to improve the efficiency of diesel engines by using highly effective methods of diagnosing the Common Rail power supply system under operating conditions. A positive result is achieved through the study of the technology of individual adjustment of injector parameters during maintenance and repair.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 89 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 12 таблиць, 19 рисунків, 25 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 14 аркушах.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності роботи дизельних двигунів за рахунок застосування високоефективних методів діагностики системи живлення Common Rail в умовах експлуатації.

У роботі проаналізовано особливості конструкції та основні несправності систем Common Rail.

Розроблено технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування і ремонту.

Проведені дослідження для затримки впорскування зі збільшенням навантаження для всіх досліджуваних форсунок.

Розроблені заходи з охорони праці і довкілля на паливній ділянці.

Розраховано економічну ефективність ремонту та діагностики системи живлення дизельних двигунів, де прибуток від проведених робіт становить 298212,19грн, а термін окупності матеріальних затрат 3,22 років, що вказує на доцільність проведених досліджень з ремонту дизельних двигунів.

Ключові слова: ДИЗЕЛЬНИЙ ДВИГУН, ФОРСУНКА, ДІАГНОСТИКА, СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ,
ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
ПЕОМ	Персональна електронно-обчислювальна машина
ДСТУ	Державний стандарт України
ПНВТ	Паливний насос високого тиску
СТО	Станція технічного обслуговування
ЕГКФ	Електрогідравлічна керована форсунка
ЕБК	Електронний блок керування
БХКПП	Базові характеристики керування подачею палива

ВСТУП

Актуальність теми. 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.

Сьогодні в галузі виробництва та експлуатації транспортних засобів найбільш актуальними є питання щодо підвищення паливно-економічних характеристик двигунів та зменшення шкідливих речовин в складі їх відпрацьованих газів [18].

Низьке споживання енергії та низький рівень забруднення навколишнього середовища стали основним напрямком конструктивно-технологічного розвитку як сучасних, так і майбутніх дизельних двигунів.

Відомо, що на ступінь згорання палива та рівень його споживання впливає стабільність процесу роботи форсунок системи подачі палива. Процеси подачі та впорскування палива системи високого тиску Common Rail є взаємно незалежними завдяки можливості забезпечувати замкнутий цикл контролю тиску. Технологія CRS може забезпечувати незалежний контроль тиску впорскування та швидкості обертання колінчастого валу двигуна. Це, в свою чергу, дає змогу здійснювати гнучке керування продуктивністю процесу впорскування відповідно до робочих параметрів дизелів. Отже, технологія CRS є об'єктивною вимогою щодо оснащення сучасних дизельних двигунів, а також передовою технологією, яка забезпечує енергозбереження та скорочення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів [11].

В своїх подальших наукових дослідженнях планується розробити на основі теорії графа чисельну модель роботи форсунки високого тиску Common Rail та отримати матрицю стану системи [9]. Пропонується дослідити ранг матриці стану при різній ширині імпульсів інжекції з метою отримання закону зміни рангу, за допомогою якого можна реалізовувати керування системою з пониженим рангом. Існуючі закономірності та характеристики стабільності впорскування палива для CRS планується визначати шляхом дослідження розподілу власного значення для матриці станів під час різних процесів впорскування на основі методу Ляпунова.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності роботи дизельних двигунів за рахунок застосування високоефективних методів діагностики системи живлення Common Rail в умовах експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати особливості конструкції та основні несправності систем Common Rail.

2. Встановити причини нероботоздатності форсунок CR.
3. Розрахувати допускові параметри форсунок за тривалістю керуючого імпульсу.
4. Розробити технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування і ремонту.
5. Провести дослідження для затримки впорскування зі збільшенням навантаження для всіх досліджуваних форсунок.
6. Розробити заходи з охорони праці і довкілля на паливній ділянці.
7. Розрахувати економічну ефективність ремонту та діагностики системи живлення дизельних двигунів.

Об'єкт дослідження - технологічний процес ремонту вузлів системи живлення дизельного двигуна типу Common Rail.

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

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися у лабораторних умовах на спроектованому стенді. Обробка результатів здійснювалась на ПЕОМ з використанням загальноприйнятих методик обробки результатів експериментів.

Практичне значення. Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в наступному:

- проведені дослідження основних дефектів деталей форсунок CR;
- представлено модель процесу роботи ЕГФ дизельного двигуна, яка дозволяє врахувати зміну ступеню зношення керуючого клапану та зміни геометричних параметрів конуса запірною залежно від режиму його експлуатації;
- встановлено, що при збільшенні зношування форсунок затримка впорскування зростає і сягає максимальних значень, при чому зростання навантаження на двигун також призводить до затримки впорскування;

- встановлено, що збільшення затримки впорскування зі збільшенням навантаження характерне для всіх досліджуваних форсунок, але для нової форсунки збільшення затримки не перевищує 15%, а для зношеної та відновленої досягає 26%.

Впровадження результатів дослідження. Результати роботи впроваджені в навчальний процес на кафедрі технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін по дослідженню технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування і ремонту.

Особистий внесок здобувача вищої освіти. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Постановка проблеми і задач дослідження та їх аналіз виконаний автором спільно з керівником.

Особисто здобувачем розроблені показники надійності та стабільності параметрів системи, що подає паливо, з електронним управлінням можуть бути покращені, за рахунок комплексного підходу шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи паливної апаратури.

Публікації. За матеріалами роботи опубліковано 2 статті у збірниках матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців ЗВО «ПДУ» і Житомирського агротехнічного фахового коледжу у 2025 році.

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.

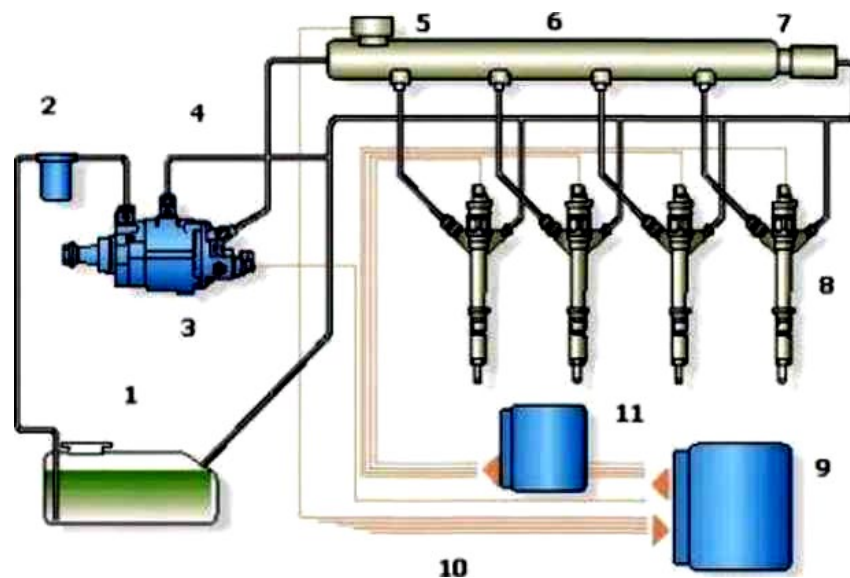


Рисунок 1.1 - Схема системи подачі палива Common Rail: 1 - паливний бак; 2 - паливний фільтр; 3 - паливний насос високого тиску; 4 - паливопроводи; 5 - датчик тиску палива 6. паливна рампа; 7 - регулятор тиску палива; 8 - форсунки; 9 - електронний блок керування; 10 - сигнали від датчиків; 11 - підсилювальний 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 і 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 системи 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 у паливну рампу паливо, яке 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 згорання, чим досягається прискорення самозаймання основного заряду, зниження шуму і токсичності газів, що відпрацювали. Залежно від режиму роботи двигуна виконується [5]:

- 1 попереднє упорскування - на холостому ходу;
- 2 попереднє упорскування - при підвищенні навантаження;

3 (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.

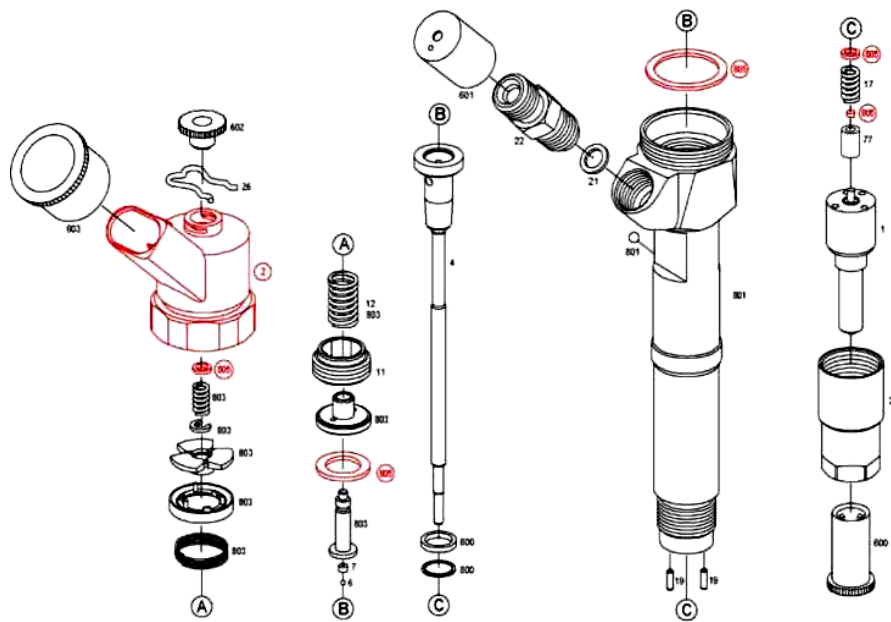


Рисунок 1.2 - Конструкція форсунки CR

У форсунках Бошш найдорожчі деталі (виділені на рис. 1.2) - це сідло клапана мультиплікатор, продається разом з голкою - плунжером (міняти потрібно, якщо під мікроскопом явно видно сколи), розпилувач, 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: 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 перегрівуються розпилювачі форсунки.

1.3 Аналіз технологічного процесу на передовому сервісному підприємстві «Дизель-сервіс» - 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 EP8738 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 PSA450.

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.

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.

1.4 Сучасний стан підходів до ремонту форсунок паливних систем Common Rail

В результаті вивчення теоретичних джерел, як українських, так і зарубіжних, виявлено стан проблем, які характеризуються відсутністю певних наукових та технічних підстав забезпечення поточного ремонту та технічного обслуговування паливної апаратури на всьому циклі експлуатації двигуна. З іншого боку, існуючі технології та методи відновлення працездатності електронних форсунок типу створені таким чином, що не враховують особливості їх експлуатації та відповідну якість дизельного палива, на якому працює двигун. Крім того, досі не досліджені достатньо питання підтримання експлуатаційних показників форсунок типу Common Rail.

В роботі [1] представлено одновимірну гідравлічну модель для визначення ізольованого впливу щільності палива, в'язкості та ступеня стиску на об'єм впорскування та хвилю поширення тиску циклу роздільного впорскування на CRS. Результати чисельного моделювання показали, що під час основного впорскування щільність палива та коефіцієнт об'ємного стиснення мають більш істотний вплив на масові показники впорскування палива та характеристику коливань тиску на вході форсунки, порівняно з в'язкістю палива [18, 20].

Автори [13] застосували чисельну модель інжекції для дослідження впливу кожного компонента п'єзофорсунки з прямим голчастим приводом на характеристику впорскування палива і провели дослідження з одноциліндровим двигуном із прямим впорскуванням палива щоб визначити вплив різних п'єзо діючих механізмів на ступінчате впорскування палива.

В праці [4] розглянуто чисельну модель роботи форсунки Common Rail. На основі моделі оцінювався вплив розміру трубки напірної магістралі та тривалості впорскування на хвилю тиску в соплі форсунки та масові витрати форсункою. Очевидно, що на стабільність впорскування палива CRS в основному впливають коливання тиску та зміна параметрів. Однак, впорскування палива

контролюється електромагнітним клапаном форсунки і включає в себе механічне, електричне, магнітне та гідравлічне поле багатоенергетичних доменів. Важко проаналізувати зміни в системі під час глибокого впорскування палива за умови нелінійності системи.

Лінійний аналіз є потужним інструментом для аналізу основних умов зміни стану, а також для дослідження стабільності нелінійної системи під час динамічного процесу. В даний час застосовують багато методів лінійного аналізу, такі як метод власних значень, модальний аналіз, передатна функція і кореневий годограф [7].

Автори [4] запропонували модель системи насос-форсунка. Лінійний аналіз системи здійснюється модальним методом. Встановлено, що вказаний метод відіграє важливу роль в процесі моделювання та вивчення динамічних характеристик системи.

В праці [11] розроблено гідравлічну модель магістралі CRS та проаналізовано функцію передачі тиску в магістралі високого тиску між Common Rail та форсункою. Досліджено швидкість подачі палива паливним насосом високого тиску при різних діаметрах Common Rail. За результатами досліджень зв'язок між паливним насосом високого тиску та форсункою зменшується через збільшення діаметра трубопроводів магістралі Common Rail. Зазначено, що метод лінійного аналізу був успішно застосований до системи впорскування палива з електронним керуванням.

На початку 2000-х років у дизельних двигунах транспортних засобів, зокрема автотракторної техніки, широкого застосування набувають акумуляторні системи подачі палива типу Common Rail, одним з головних елементів яких є електрогідравлічна керована форсунка (ЕГКФ) [9, 14, 22]. З тих пір конструкція ЕГКФ постійно зазнає змін і суттєвих удосконалень.

Зокрема, за останні дванадцять років лише фірма Bosch нараховує чотири покоління конструктивних змін параметрів форсунок системи Common Rail [3].

Робочі параметри акумуляторної системи подачі палива в процесі експлуатації дизельного двигуна змінюються, що чинить відповідний вплив на якість його роботи. Як зазначають заводи-виробники, ресурс роботи електрогідравлічної форсунки дизельного двигуна складає відповідно 2,5-103 мотогодин, або 105 кілометрів пробігу транспортного засобу або механізму. Дослідження [4] також підтверджують, що конструкції акумуляторної системи подачі палива типу Common Rail постійно вдосконалюються, що пояснюється відносно малим досвідом їх експлуатації і, відповідно, відсутністю інформації щодо їх працездатності. Це, в свою чергу, є завадою для здійснення достовірної оцінки їх експлуатаційних показників.

Через малий термін дослідження акумуляторної системи подачі палива як заводами-виробниками, так і науково-дослідними установами, які вивчають технологічні та техніко-експлуатаційні параметри акумуляторної системи подачі палива, не розроблено оптимальні технологічні процеси та засоби ремонту як акумуляторної системи подачі палива, так і електрогідравлічних форсунок, особливо в умовах відносно високої вартості запасних частин та розосередження спеціалізованих ремонтних майстерень та підприємств [17]. Також, у віддалених районах України складно контролювати дотримання нормативних вимог щодо якості палива на різних АЗС різних компаній-постачальників нафтопродуктів [16].

За [6] навіть поодинокі випадки використання палива неналежної якості спричиняє на 10...12% вищу ймовірність відмов у роботі акумуляторної системи подачі палива типу Common Rail порівняно з традиційними системами подачі палива. За технологією ремонту, розробленою заводом-виробником, відновлення вузлів акумуляторної системи подачі палива, які вийшли з ладу, не передбачено. Вузол акумуляторної системи подачі палива повністю замінюється на новий, що пояснюється невиправдано високою вартістю ремонтних робіт.

Сучасні технології технічного обслуговування акумуляторної системи подачі палива передбачають налаштування та технічну оцінку контрольних параметрів, які є єдиними для усіх подібних систем.

Актуальним є питання вивчення можливості електронним чином коригувати базові характеристики відремонтованої акумуляторної системи подачі палива з виокремленням індивідуальних параметрів кожної форсунки [2, 5]. Отже, наукові дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічного процесу ремонту електрогідравлічних форсунок дизельних двигунів є доречними та відповідають сучасним потребам.

1.5 Технічне обслуговування форсунок акумуляторних систем подачі палива

Використання акумуляторних систем подачі палива з електрогідравлічними керованими форсунками (ЕГКФ) дозволяє здійснювати керування параметрами подачі палива в досить широких межах. Зазначене, в свою чергу, покращує паливно-економічні характеристики дизельного двигуна.

Перевагою сучасних акумуляторної системи подачі палива є можливість встановлювати раціональний для даного типу дизельного двигуна тиск, закон подачі палива та тривалість фази. За будь-яких умов роботи двигуна акумуляторної системи подачі палива Common Rail, порівняно зі звичайними системами, передбачає вільний вибір тиску впорскування та легку реалізацію керованої подвійної (та більшої) подачі пального [8].

Порівняно зі звичайними, дана система подачі палива забезпечує розподіл в часі процесів нагнітання паливної суміші та її впорскування. Зазначене дає незалежність параметрів впорскування від швидкісного режиму роботи двигуна, а саме: тривалості, фази, форми характеристики та тиску впорскування [10]. Лише використання паливних систем з електронним керуванням забезпечує, залежно від режиму роботи дизельного двигуна, формування належної характеристики впорскування.

Сумарна тривалість багаторазового відкриття форсунки (забезпечується багаторазовим спрацьовуванням швидкодіючого клапана ЕГКФ) та тиск, який створюється в рампі, формують закон подачі палива в зазначеній системі [12].

Базовими для побудови алгоритмів керування системою Common Rail є вивчення законів виділення теплоти протягом циклу роботи двигуна, які

пов'язані з керуванням процесом впорскування в циліндри двигуна палива.

Наприклад, Mitsubishi Heavy Industries здійснили ряд наукових досліджень щодо формування концепції багатостадійного «черевичного» впорскування. Звичайна система Common Rail забезпечує реалізацію прямокутного закону впорскування палива. Зазначене на стадії кінетичного згорання палива спричиняє високі швидкості теплового виділення. Це, в свою чергу, збільшує виділення в навколишнє середовище.

Перевагою «черевичного» впорскування є оптимізація його тривалості, що дало змогу забезпечити «м'яке» згорання, тобто, поряд із збереженням загальної динаміки тепловиділення, забезпечується повільне підвищення температури та тиску в циклі. З цією метою зазначена система передбачає окреме забезпечення рівнів низького та високого тисків палива (60 і 180 МПа).

На першій фазі подачі палива рівень тиску палива повинен бути низьким, а на другій - високим. Відповідно порція палива першої фази - запалювальна, а другої - основна. Як наслідок, при цьому скорочується рівень та швидкість наростання температури в циклі. Перевагою є те, що зберігаючи економічність двигуна забезпечується зниження емісії NOx приблизно на 22 %.

Важливе значення для досягнення вимог стандарту Tier 4 набуває подальше збільшення тисків подачі палива, які мають місце в акумуляторних системах [1]. Щоб чітко подавати імпульси на відкриті форсунки, керування їхніми електромагнітними клапанами здійснюється за рахунок електроживлення напругами та НВЧ (мікрохвилями). Таке керування дає можливість отримувати високоточне дозування палива, забезпечувати низьку нерівномірність між циклами та можливість впливати на закон подачі палива.

Щоб задавати сигнал керування за допомогою програмного забезпечення служить блок керування. В зазначеному блоці формується характеристика впорскування. Сигнал керування поділяється на фазу утримуючого та прискорювального сигналів [17].

Сигнал Beginning of Injection Period (BIP) виникає в блоці керування через різке зростання реактивного опору якоря електричного магніту та служить для

точного визначення геометричної паливоподачі [23]. Рівна за об'ємом циклова подача палива реалізується за рахунок спрацьовування електромагнітного клапана, що забезпечується підтриманням високого тиску палива в рампі паливної системи Common Rail . Вказаний метод керування дозволяє встановити постійні витрати палива через отвори у соплі форсунки, що забезпечує, в свою чергу, формування прямокутної характеристики впорскування. Система Common Rail дає можливість регулювати тиск в рампі високого тиску. Дана можливість забезпечує вплив на форму характеристики впорскування (фронти - передній та задній). В рампі, за умови підвищення тиску, зростає швидкість витікання і крутизна переднього фронту, що свідчить про вплив швидкості витікання палива з отвору сопла на крутизну переднього фронту [17, 23].

При зростанні тиску в камері керування гідравлічне зусилля закривання голки розпилювача форсунки змінює крутизну заднього фронту графіка тиску. На параметри впорскування також значний вплив чинить зміна тиску в процесі впорскування. Відомо, що об'єм та швидкість витікання палива, яке впорскується через отвори у соплах форсунки, зростають із збільшенням тиску в системі. Здійснювати гнучке керування характеристикою впорскування дозволяють серійні системи подачі палива з електричним типом керування [23].

1.6 Методика індивідуального коригування базових характеристик управління подачі палива ЕГКФ при технічному обслуговуванні

Як зазначалося раніше, показники надійності та стабільності параметрів системи, що подає паливо, з електронним управлінням можуть бути покращені, за рахунок комплексного підходу («механічного» та «електроні 2 налаштування») шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи паливної апаратури [16, 19].

Спостерігається тенденція «персоналізації» технічного обслуговування, тобто, налаштування та регулювання конкретної ЕГКФ до певного двигуна. При цьому процес перевірки та налаштування відбувається, як правило, в автоматичному режимі відповідно до тест-планів фірм виробників паливної

апаратури та (або) обладнання для випробування.

Слід зазначити, що, електронне управління системи, що подає паливо, дає можливість гнучкого коригування параметрів подачі палива через електронний блок керування (ЕБК) навіть при значних відхиленнях геометричних розмірів і гідравлічних характеристик прецизійних елементів паливної апаратури, що дає нам можливість розширити допустимі величини контрольних розмірно-гідравлічних параметрів елементів паливної апаратури, як при складанні, так і при форсунок типу Common Rail [15]. Для розширення можливості вдосконаленої технології ремонту ЕГФ типу Common Rail було розроблено методику індивідуального коригування параметрів форсунки при ТО (рис. 1.4).

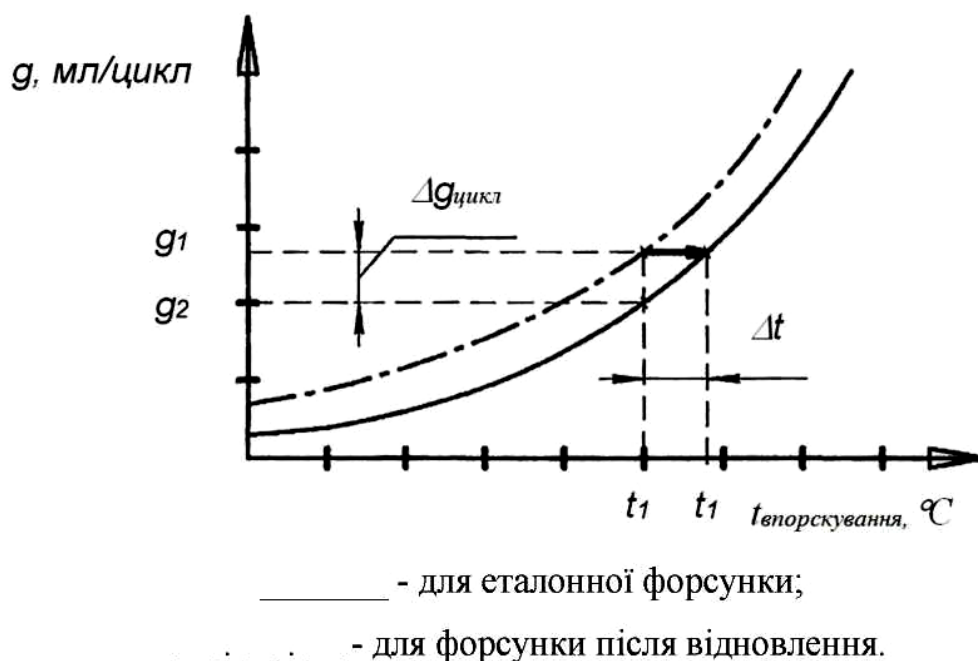


Рисунок 1.4 - Схема механізму визначення періоду Δt для корекції циклової подачі g_1 відремонтованої форсунки та доведення її до рівня тестового значення g_2 стандартної форсунки

На рис. 1.4. графічно представлено схему механізму електронного коригування. Для корекції циклової подачі g_1 відремонтованої форсунки та доведення її до рівня тестового значення g_2 стандартної форсунки необхідно збільшити тривалість керуючого імпульсу на Δt . Це просто може

забезпечуватись електронною корекцією базових характеристик керування подачею палива (БХКПП).

Висновки до першого розділу

1. Сучасні системи подачі палива з електричним керуванням, переважно, розвиваються в бік удосконалення та розробки методів формування характеристик подачі палива. Отже, для здійснення якісного технічного обслуговування форсунок з електронним керуванням слід досліджувати характеристики системи подачі палива під час здійснення діагностики двигунів.

2. Показники надійності та стабільність параметрів системи, що подає паливо, з електронним управлінням можуть бути покращені, за рахунок комплексного підходу («механічного» та «електронного» налаштування) шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи паливної апаратури.

3. Для визначення допускових параметрів форсунок за тривалістю керуючого імпульсу доцільно покласти в основу подальших розробок вже відому математичну модель.

4. Перспективи підвищення надійності паливної апаратури пов'язані з застосуванням технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування, збільшуючи тим самим міжремонтний ресурс форсунки, є очевидними, а розробки в даному напрямку є актуальними та своєчасними.

2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДІАГОСТУВАННЯ І РЕМОНТУ ФОРСУНОК

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.

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, знижується 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 (табл. 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	ВИМКНЕНИ
4) ПОЛОЖЕННЯ ПЕДАЛІ ПОДАЧІ ПАЛИВА	0%
5) НЕОБХІДНА ЗНАЧЕННЯ ТИСКУ В АКУМУЛЯТОРІ ВИСОКОГО	261 БАР
6) РЕАЛЬНЕ ТИСК В АКУМУЛЯТОРІ ВИСОКОГО ТИСКУ	264 БАР
7) ЦИКЛОВА ПОДАЧА ОДНІЄЇ ФОРСУНКИ	13,8 МЕ
8) ШПАРУВАТИСТЬ КЕРУЮЧОГО СИГНАЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО	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.

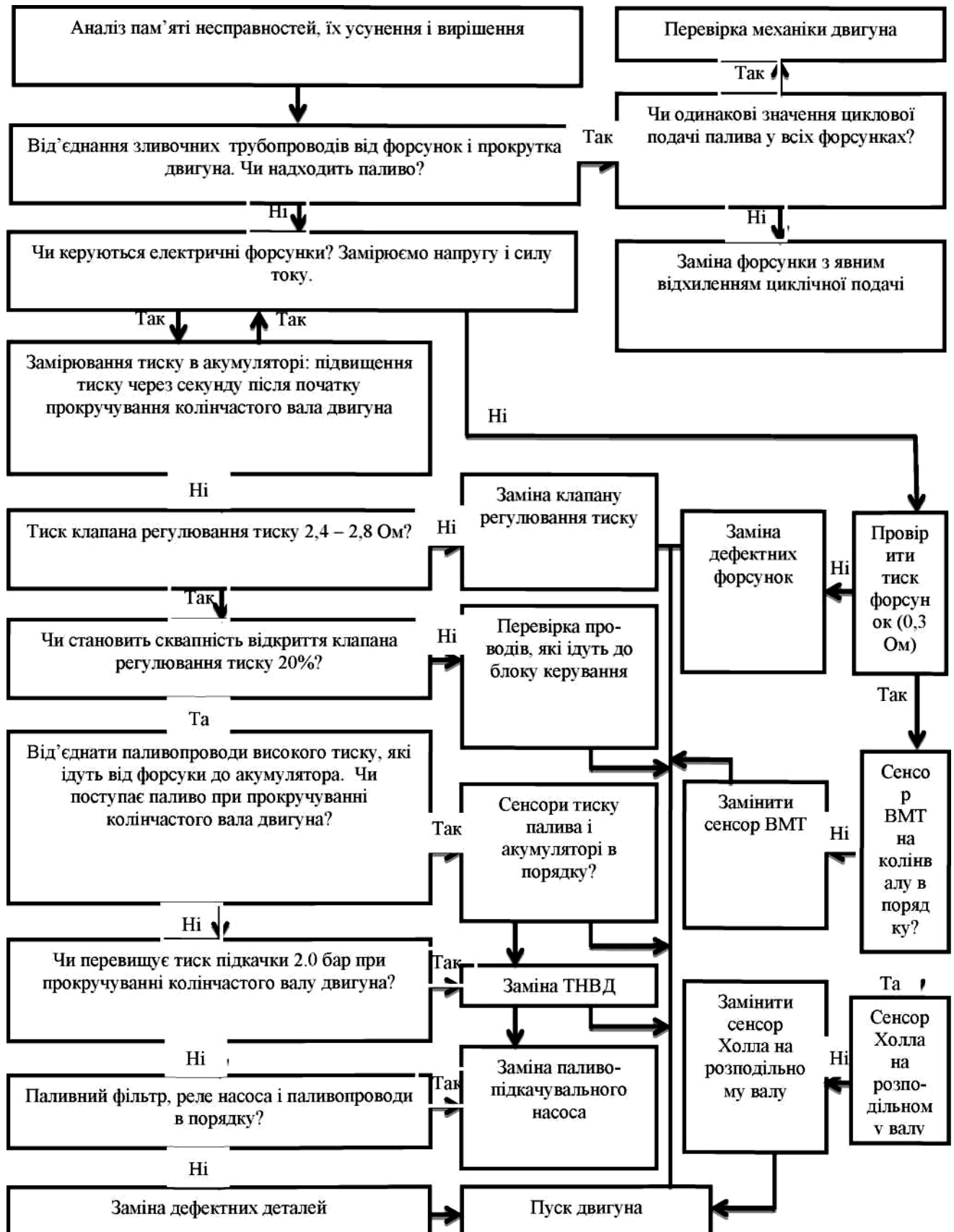


Рисунок 2.2 - Алгоритм діагностики системи CR

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.

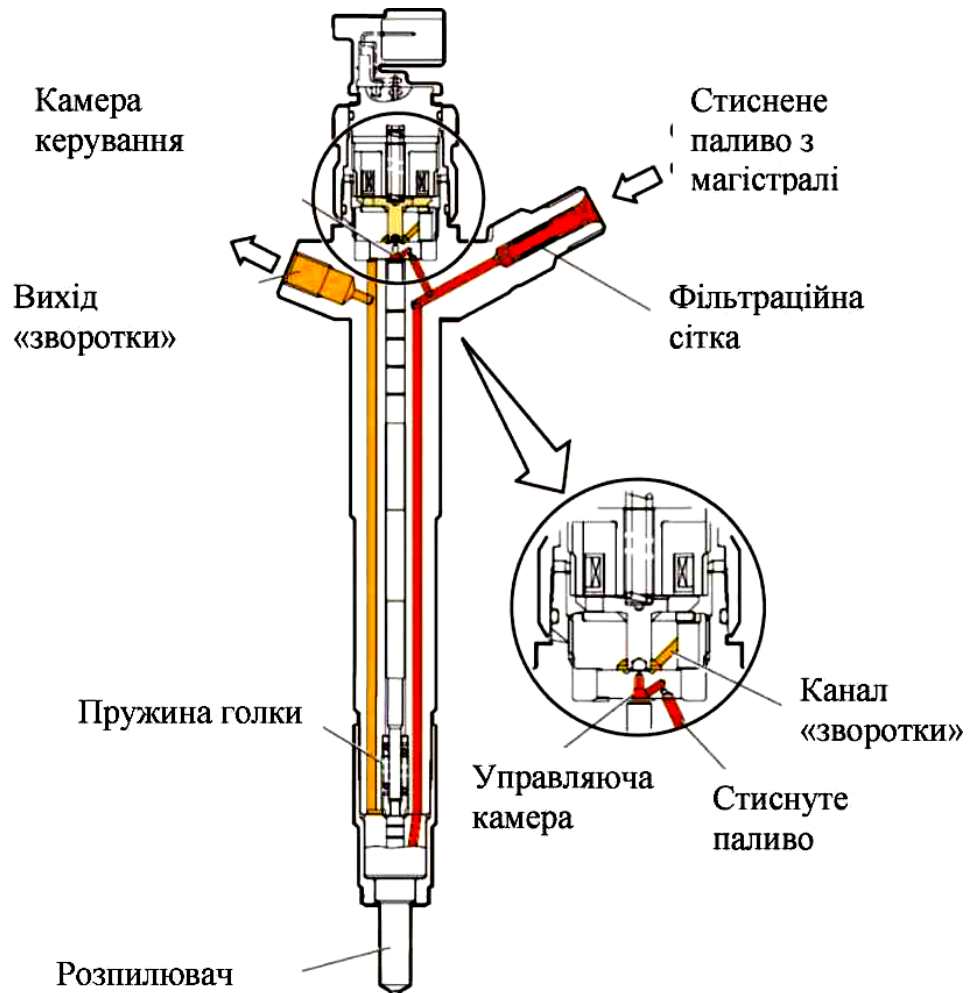


Рисунок 2.3 - Особливості будови форсунки CR

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. 2.4).



Рисунок 2.4 - Послідовність розбирання форсунки [9]

Але якщо полагодити, або замінити одну форсунку і не перевірити інші, то вони можуть працювати погано, і подаватимуть паливо дизелю 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.

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 пасти 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 ГОЇ основним різальним елементом служить оксид хрому. Крім того, паста впливає хімічний вплив на поверхневий шар деталі, пом'якшуючи важкознімні поверхні з допомогою олеїнової кислоти.

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

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

Особливість паст НЗТА — вміст великої кількості олеїнової кислоти і використання в якості різучого 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 пасты 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 порошу, 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 і 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 запірною конуса, утворення нагару, закоксуванні 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 корпуса 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 корпуса розпилювача на 40. Конуси повинні спряжуватись по кільцевому паску шириною не більше 0,2 мм.

Голку шліфують на призмі. Обертання їй передається прогумованим роликком. 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 корпуса розпилювача взаємно притирають до появи неперервного кільцевого пояса на конусі голки. Відновлення запірних конусів збільшує хід голки, а притирання торця корпуса розпилювача - зменшує. Якщо хід голки більший від нормального (контролюють індикатором годинникового типу), торець корпуса шліфують і притирають, а якщо менше - шліфують заплечики голки. Відновлені розпилювачі перевіряють на герметичність, підтікання і якість розпилювання палива на стендах КИ-3333.

2.3 Режими технологічних операцій

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 .

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.

Притиральні операції

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

2.4 Розрахунок і підбір технологічного обладнання

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

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

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

P_{ε} - кількість верстатників на одному робочому місці, шт.;

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

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

Таблиця 2.2 - Загальна кількість металообробних верстатів

Назва верстатів	T _{мо}	%	k _{вик}	P _о	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]:

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

де $A_e = 5000$ - кількість об'єктів ремонту;

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

$Ж_m = 20$ - продуктивність мийної установки, авт/год.;

$K_{вик} = 0,98$ - 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 ОРТ	-	2

Таблиця 2.4 - Інше необхідне обладнання СТО

Назва	Призначення
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 шпцевої втулки
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

2.5 Розрахунок витрат матеріалів, запасних частин і електроенергії

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

- для палива - лінійних норм витрати, які затверджені Міністерством транспорту України з урахуванням надбавок у зимовий період;

- для олів 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 [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 за наступними 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]:

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

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.

$$\begin{aligned} N_1 &= 5,6 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 0,8 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + \\ &+ 2,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 2,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 6,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + 4,5 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 + \\ &+ 0,6 \cdot 1870 \cdot 1 \cdot 0,87 = 560420 \text{ Вт-год.} \end{aligned}$$

Орієнтовно - 560 кВт-год.

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

слюсарно-ремонтного відділу - 20 Вт/м/

діагностувально-регулювального відділу- 45 Вт/м

- 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
Миина 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 - 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:

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

2.6 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:

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

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.

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

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 і-го технологічного процесу (за технологічною документацією) год.;

W_i - річна частість і-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

Висновки до другого розділу

1. Проведено перевірку форсунки на діагностичному стенді
2. Розроблено технологію ремонту форсунок і технологію реставрації розпилювачів
3. Проведено розрахунки режимів технологічних операцій.
4. Розраховано витрати матеріалів, запасних частин і електроенергії.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ COMMON RAIL

3.1 Математична модель для визначення тривалості керуючого імпульсу електрогідравлічної форсунки

Швидкодія форсунки типу Common Rail (CR) в умовах роботи на дизельному двигуні залежить від 4 основних компонентів системи подачі палива [23]:

- ЕБК, тобто, від керуючого сигналу, який подається;
- керуючого електромагніту, тобто, від ступеня його інерційності (часу спрацьовування та розмагнічування електромагніту);
- керуючого клапана, тобто, від швидкості відкриття та закриття клапана;
- голки розпилювача, тобто, від часу опускання та підняття голки розпилювача;

Отже, швидкодія форсунки залежить від швидкодії керуючого клапана та від її гідравлічної системи. Швидкодія клапана, що управляє, багато в чому визначається роботою його електромагнітного вузла. Швидкодія гідравлічної системи, що приводить в рух голку розпилювача, залежить від конструктивно-регульовальних параметрів форсунки.

Вперше методи розрахунку процесів акумуляторних систем були запропоновані в праці [18], але ці математичні моделі були орієнтовані на судові та транспортні дизелі великої потужності.

Один з методів розрахунку процесу форсунок акумуляторної системи був детально вивчений при розробці форсунки нової моделі і описаний в роботах дослідників [12].

Аналіз результатів дослідження, впливу тривалості управляючого сигналу на базові характеристики управління подачі палива, дозволив поділити весь процес подачі палива на кілька етапів [14]:

- перший етап (ii) включає - швидкість спрацьовування електромагніту, час підняття якоря і голки розпилювача;
- другий етап (С) - час розмагнічування електромагніту, час опускання якоря та голки розпилювача.

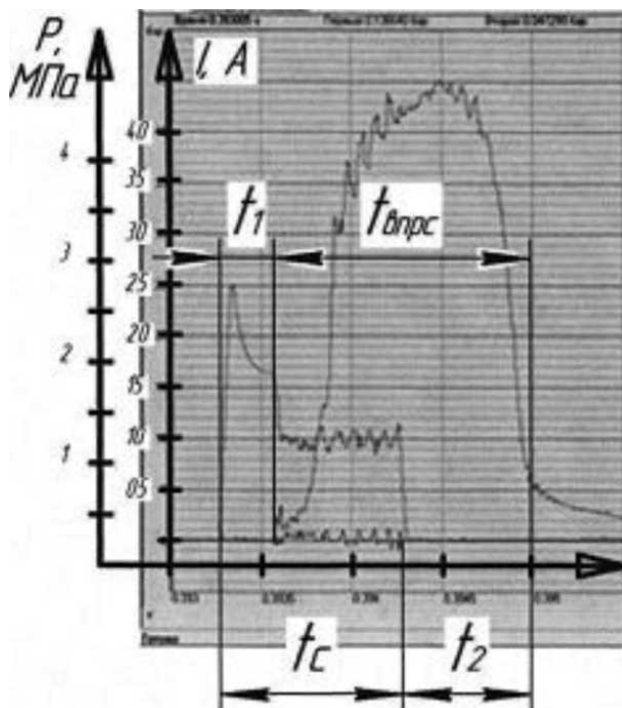


Рисунок 3.1 - Схема розрахунку тривалості керуючого імпульсу ЕГФ фірми Bosch: t_c - тривалість керуючого імпульсу, мкс; $t_{впр}$ - тривалість впорскування, мкс.

На рисунку 3.1 зображена схема розрахунку тривалості керуючого імпульсу відповідно ЕГФ типу CR фірми Bosch

$$\begin{cases} t_{впр.} = t_c - t_1 + t_2; \\ t_1 = t_{с.е.} + t_{п.я} + t_{п.г.}; \\ t_2 = t_{р.е.} + t_{о.я.} + t_{о.г.} \end{cases} \quad (3.1)$$

$$M \times \frac{d^2h}{dt^2} = \sum N$$

де, t_c – тривалість керуючого імпульсу, мкс; $t_{впр.}$ – тривалість вприскування, мкс; $t_{с.е.}$ – час спрацьовування електромагніту, мкс; $t_{п.я.}$ – час підняття якоря, мкс; $t_{п.г.}$ – час підняття голки розпилювача, мкс; $t_{р.е.}$ – час розмагнічування електромагніту, мкс; $t_{о.я.}$ – час опускання якоря, мкс; $t_{о.г.}$ – час опускання голки розпилювача, мкс.

Для визначення тривалості переміщення якоря та голки розпилювача використовуємо формулу:

(3.2)

де M – маса рухомого елемента (якір, голка розпилювача), кг

ΣN – сума сил, що діють на рухомий елемент, Н

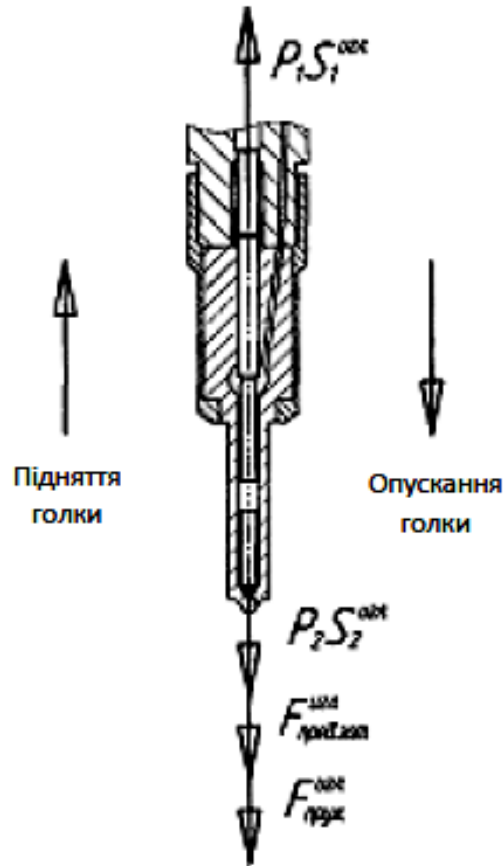


Рисунок 3.2 - Схема напрямків сил, які діють на голку розпилювача ЕГФ типу CR

Рух голки форсунки відбувається під дією сил (рисунок 2.2), що визначаються силою зтяжки і жорсткістю пружини розпилювача, які прагнуть притиснути її до сідла, і сил тиску палива, що прагнуть відірвати від сідла клапана [32].

Розглянувши всі сили, що діють на якір ЕГФ типу CR, підставивши у формулу (3.1), отримаємо рівняння, яке описує рух (підняття) голки розпилювача:

$$M_r \times \frac{d^2 h_r}{dt^2} = P_1 \times S_1^r - P_2 \times S_2^r - F_{п.з.}^r - C_{п.р.} \times h_r \quad (3.3)$$

де M_r – сумарна маса голки розпилювача (зі штангою та 1/3 пружини розпилювача), кг; h_r – хід голки розпилювача, м; t_r – час підняття голки розпилювача, сек.; P_1 – атмосферний тиск (протитиск), Па; S_1^r – площа поперечного перерізу голки розпилювача, м²; P_2 – тиск у керуючій порожнині, Па; $F_{п.з.}^r$ – сила попередньої зтяжки пружини розпилювача, Н; $C_{п.р.}$ – жорсткість пружини розпилювача, Н/м.

Оскільки рух голки розпилювача рівноприскорений прямолінійне без початкової швидкості час підняття розпилювача з урахуванням формули матиме такий вигляд:

$$t_{п.р.} = \sqrt{\frac{2 \times h_r \times M_r}{P_1 \times S_1^r + P_2 \times S_2^r + F_{п.з.}^1 + C_{п.р.} \times h_r}} \quad (3.4)$$

Рівняння, що описує рух (відпускання) голки розпилювача

$$M_r \times \frac{d^2 h_r}{dt_{п.р.}^2} = P_1 \times S_1^r + P_2 \times S_2^r + F_{п.з.}^r + C_{п.р.} \times h_r \quad (3.5)$$

Перетворюючи рівняння 3.4 отримаємо:

$$t_{о.р.} = \sqrt{\frac{2 \times h_r \times M_r}{P_1 \times S_1^r - P_2 \times S_2^r - F_{п.з.}^1 - C_{п.р.} \times h_r}}, \quad (3.6)$$

Аналогічно отримуємо рівняння з урахуванням усіх сил (рис. 3.3), що описує рух (відкриття клапана) підняття якоря:

$$M_{я} \times \frac{d^2 h_{я}}{dt_{п.я.}^2} = P_1 \times S_1^k + P_2 \times S_2^k - F_{п.з.}^2 + F_M - C_{п.к.} \times h_{я} \quad (3.7)$$

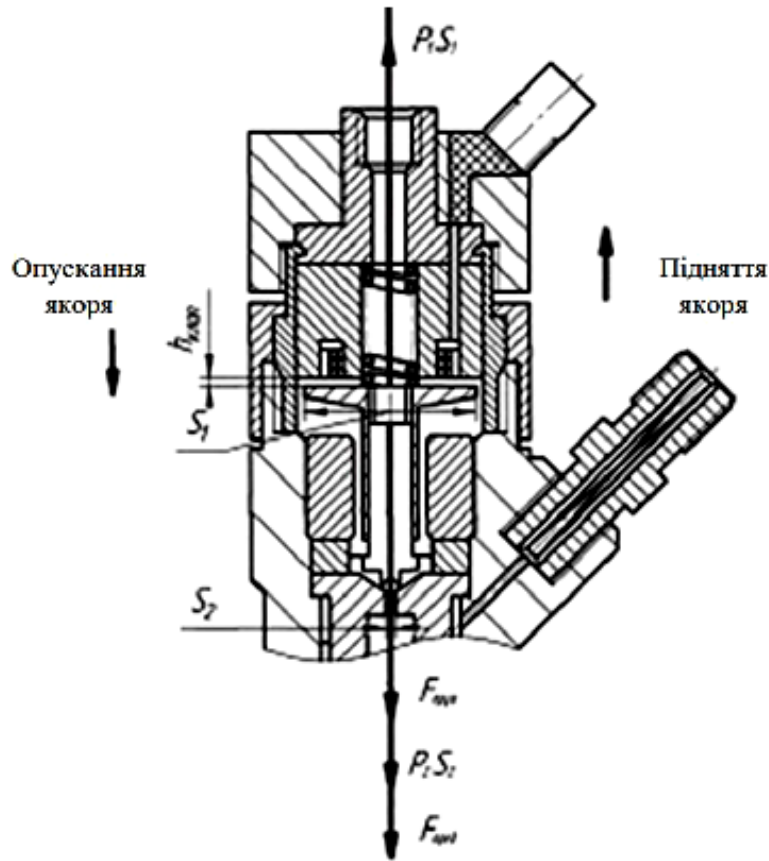


Рисунок 3.3 - Схема напрямків сил, які діють на якір електрогідравлічної форсунки

Перетворюючи рівняння 3.6, отримаємо

$$t_{п.к.} = \sqrt{\frac{2 \times h_k \times M_k}{P_1 \times S_1^k + P_2 \times S_2^k + F_{п.з.}^2 + F_{тяж} + C_{п.р.} \times h_k}} \quad (3.8)$$

Рівняння, що описує рух (закриття клапана) відпускання якоря:

$$t_{о.к.} = \sqrt{\frac{2 \times h_k \times M_k}{P_1 \times S_1^k - P_2 \times S_2^k - F_{п.з.}^2 - C_{п.р.} \times h_k}} \quad (3.9)$$

Сила тяжіння магнітної котушки залежить від зазору між котушкою і якорем (повітряний зазор), знайти можна за допомогою рівняння Максвелла, яка у разі малого зазору записується в наступному вигляді:

$$F_M = \mu_0 \times B_\delta \times S \quad , \quad (3.10)$$

де μ_0 – магнітна постійна; B – магнітна індукція в зазорі; S – площа перерізу полюсів, мм^2 .

3.2 Обладнання та апаратура досліджень

Для уточнення експериментальних досліджень, безмоторні випробування проводилися за ДСТУ 8670-82 та ISO 9002 згідно з тест-планами з використанням спеціалізованого стенду для регулювання та випробувань дизельної ТА EPS 815 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802 фірми Bosch з комплектом дооснащення для випробування форсунок типу СК.

За рахунок водяного охолодження стенд може регулювати температуру технічної рідини на вході в паливний насос високого тиску (ПНВТ). Після потрібного доукомплектування стенд дає можливість проводити регулювальні роботи та роботи з настроювання по всьому спектру різноманіття ПНВТ, вироблених фірмою Bosch, а також деяких паливних насосів інших виробників.

Електронна система замість вимірювальних мензурок працює з модулем обслуговування КМА 802, а також з розрахунковим та екранним модулями. Усі ці три модуля об'єднані в один єдиний блок 6 (рис. 3.4), який встановлюється на випробувальному стенді EPS 815.



Рисунок 3.4 - Стенд EPS 815 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802 та дооснащенням для СР: 1 - вимірювальна система КМА 802; 2 - форсунки; 3 - комплект дооснащення; 4 - паливний насос високого тиску; 5 - блок керування з дисплеєм вимірювальною системою КМА

Регулюючий поршень приєднується паралельно до входу та виходу шестерного підкачувального насоса. Якщо продуктивність насоса однакова з величиною циклової подачі технологічної рідини через стендові форсунки, поршень перебуває у середньому положенні. Якщо рідини тече менше, поршень зсувається вправо, а якщо тече рідини більше, то поршень зсувається вліво.

У випробувальному стенді є два вимірювальні осередки. Комп'ютер з'єднує по черзі всі секції ПНВТ, що перевіряються, у двох групах з цими вимірювальними осередками.

Стенд EPS 708 дозволяє діагностувати форсунки та ПНВТ систем СК виробництва Bosch, Siemens, Denso (рис. 3.5). Гарантійна експертиза є для компонентів Bosch. Система охолодження, яка вбудована в стенд, значно скорочує витрати води в автосервісі. В опції доступне звичайне водяне охолодження.

Також стенд містить електронну вимірювальну систему кількості палива, що впорскується, і систему електронного регулювання тиску на вході в ПНВТ. Безпеку оператора забезпечує захисний екран, який закриває робочу область випробувального стенду.



Рисунок 3.5 - Загальний вигляд стенду EPS 708 з безмензурочною електронною вимірювальною системою КМА 802

Застосування на стендах фірми Bosch EPS 815 та EPS 708 безмензурочної електронної вимірювальної системи КМА 802 дозволяє виключити похибки осадження палива та зливу, градуювання мірних ємностей при вимірюванні циклової подачі, візуального зчитування рівня палива, а також виключити вплив на процес.

3.3 Експериментальні установки та датчики

Під час дослідження параметри подачі палива оцінювалися з використанням аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), комп'ютера та програмних засобів реєстрації.

Дослідження, пов'язані з визначенням характеристики впорскування, проводилися з використанням експериментальної установки, схема якої представлена на рис. 3.6.

Установка включає пристрій для дослідження подачі палива паливоподавальною апаратурою в дизелях, яка дозволяє підвищити точність визначення характеристики подачі палива.

Експериментальна установка працює наступним чином (рис. 3.6) випробувана ЕГФ 5 встановлюється в штуцер 4 і затискається болтами. ПНВТ 2 приводиться в рух електродвигуном 1 стенда постійно нагнітає технологічну рідину в гідроаккумулятор 6, в якому за допомогою редукційного клапана 8 підтримується заданий тиск. Управління клапаном здійснюється широтно-імпульсним модулятором (ШІМ), який входить до складу блоку керування (ЕБК). Контроль за тиском у гідроаккумуляторі 6 здійснюється за допомогою приєднаного до нього універсального вимірювача тиску.

Управління ЕГФ відбувається за допомогою багатофункціонального імітатора сигналів, який може задавати тривалість, форму сигналу та частоту впорскування відповідно фірми виробника ЕГФ. При подачі з імітатора сигналу імпульсу з певною частотою та тривалістю на ЕГФ починається його робочий процес. Інформаційний вимірювальний комплекс включає ПК, аналогово-цифровий перетворювача 2ЕТ 210 та ряд перетворювачів.

Модуль АЦП ІЕТ 210 призначений для вимірювань параметрів сигналів у широкому частотному діапазоні (з частотою дискретизації до 500 кГц), які надходять з різних первинних перетворювачів. Підключення до ПК та живлення модуля здійснюється по шині USB 2.0. За командами з ПК проводиться управління та збір інформації.

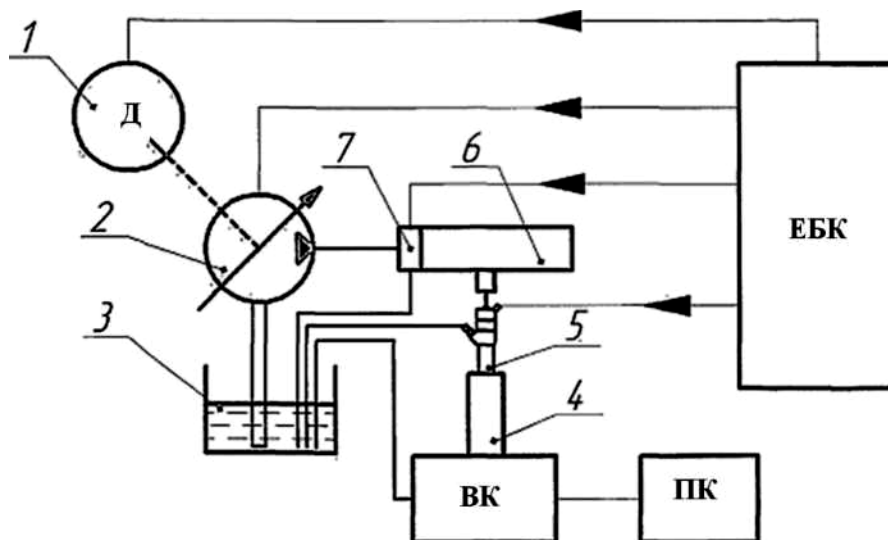


Рисунок 3.6 - Схема експериментальної установки: 1 - електродвигун; 2 - ПНВТ; 3 - бак з робочою рідиною; 4 - штуцер; 5 - ЕГФ; 6 - гідроаккумулятор; 8 - редукційний клапан; ЕБК - електронний блок керування; ВК - вимірювальний комплекс; ПК - персональний комп'ютер.

Функціональна блок-схема модуля представлена в додатку В і працює наступним чином. Шістнадцятиканальний мультиплексор комутує послідовно всі вибрані канали до одного операційного підсилювача, через рівні проміжки часу. Після моменту перемикання каналів, від сигнального процесора надходить команда початку перетворення для АЦП, по закінченні перетворення АЦП піднімає прапор готовності даних перетворення і відбувається переривання в сигнальному процесорі. Сигнальний процесор зберігає дані у внутрішній пам'яті для подальшої передачі контролеру 118 В.

Вся інформація із модуля IET 210 стікається в ПК. Спеціальна програма обробки сигналів ResultViewer дозволяє записувати та проводити статичну обробку отриманих даних.

Для проведення експериментальних досліджень щодо вибору раціональних режимів відновлення запірною конуса клапана, використовувалась спеціальне оснащення (рис. 3.7).

Для притирання запірною конуса використовувалась паста розміром не більше 4 мкм, паста МЗ для притирання плунжерних пар. Цикл відновлення включає періодичний (15...20 разів) притиск (із зусиллям 2...3 Н) і відрив притирання при частоті обертання його в межах 2500...2600 хв⁻¹. Потім клапанний вузол промивається в ультразвуковій ванні, продувається стисненим повітрям і за допомогою мікроскопа проводиться візуальний контроль якості притирання. При виявленні рисок на запірній поверхні цикл притирання повторювався.

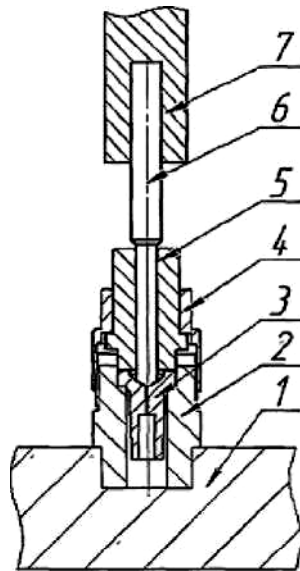


Рисунок 3.7 - Оснащення для відновлення запірних клапанів ЕГФ типу CR фірми BOSCH: 1 - упорна плита; 2 корпус; 3 сідло клапана ЕГФ; 4 - гайка; 5 - направляюча проставка; 6 - притир; 7 - затискний патрон.

Реєстрація миттєвих значень тиску палива в лінії високого тиску проводилася тензометричними перетворювачами МД-10 V ТУ 4212-163-00227459-98 (рис. 3.8).

Порожнина, що приймає тиск палива виготовлена зі сплаву з вмістом титану 87%. Тензоперетворювач працює таким чином. Дані тензоперетворювача відповідають ТУ 25-7301.061-93. Під дією тиску вимірюваного середовища сапфірово-титанова мембрана прогинається, тензорезистори змінюють свій опір, що призводить до розбалансу моста, який пропорційний вимірюваному тиску.

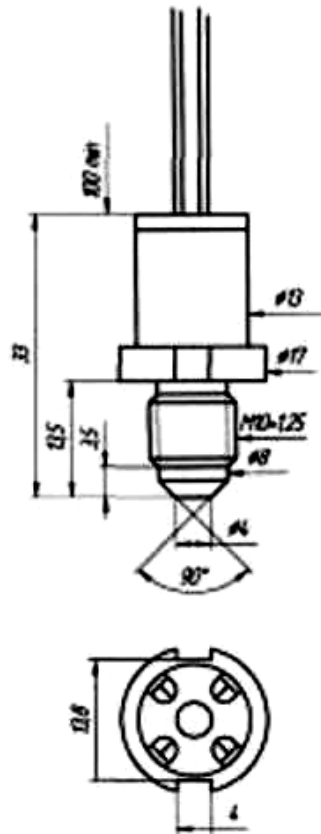


Рисунок 3.8 - Загальний вигляд тензометричного датчика серії МД

Тарувальні значення тензоперетворювачів, що використовуються:

- початкове значення вихідного сигналу, що відповідає нульовому значенню вимірюваного параметра при температурі $20 \pm 5^\circ\text{C}$ - 10,25 мВ;
- кінцеве значення вихідного сигналу, що відповідає номінальному значенню параметра, що вимірюється при температурі $20 \pm 5^\circ\text{C}$ - 137 мВ.

Висновки до третього розділу

1. Для проведення експериментальних досліджень щодо вибору раціональних режимів відновлення запірного конуса клапана, використовувалась спеціальне оснащення та обладнання, яке і було підібране в даному розділі.

2. Для кожного типу обладнання описано методику проведення вимірювань в рамках експерименту.

3. Проведене порівняння різних типів стендів для вимірювання комплексних технічних характеристик відновлених форсунок та методів їх порівняння з еталонними зразками.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК СИСТЕМИ
COMMON RAIL ДО ТА ПІСЛЯ РЕМОНТУ

4.1 Аналіз результатів експериментальних вимірювань

Під час проведення експерименту отримано дані згідно типового протоколу дослідження обладнання на стенді [11].

З отриманих протоколів розрізняємо два напрямки експерименту: дослідження залежності тривалості впорскування в часі від тривалості відповідного керівного імпульсу. Функцією відгуку будемо вважати середнє значення результатів вимірювання з циклу в п'ять повторень.

Таблиця 4.1 - Результати експериментального та теоретичного дослідження залежності тривалості впорскування $t_{вп}$ в часі від тривалості відповідного керівного імпульсу $t_{імп}$.

Досліджувана величина	№ повтoрення	Результати вимірювання				
		500	700	800	900	1000
Тривалість впорскування $t_{вп}$, МКС	1	594,89	851,91	1015,76	1255,88	1432,16
	2	607,79	897,73	1047,67	1201,53	1425,13
	3	616,18	897,05	1047,03	1204,63	1421,68
	4	610,92	875,19	1026,21	1235,23	1418,36
	5	591,80	888,05	1067,65	1214,06	1411,92
	Середнє	604,32	881,99	1040,87	1222,27	1421,85
Тривалість впорскування $t_{імп}$, МКС	Результати моделювання					
	№ повтoрення	Тривалість імпульсу керування, мкс				
		500	700	800	900	1000
1	619,89	863,34	1016,37	1188,08	1393,78	

Для побудови функції відгуку розбиваємо діапазон регулювання змінної величини $t_{імп}$ на рівні відрізки таким чином, щоб отримати п'ять опорних точок для кривої. Таким чином, з урахуванням повторень, загальне число дослідів становить $N=25$.

В таблиці 4.1 зведені результати експерименту, спрямовані на встановлення зв'язку між тривалістю імпульсу керування t_{imp} , що вимірюється в мікросекундах, та тривалості циклу впорскування t_{en} . Одночасно дані використовуємо для перевірки адекватності моделі щодо експерименту. Для цього вводимо в табл. 4.1 дані математичного моделювання, отримані підстановкою в математичну модель параметрів експерименту. В процесі аналізу результатів застосовуємо статистичні методи обробки експериментальних даних.

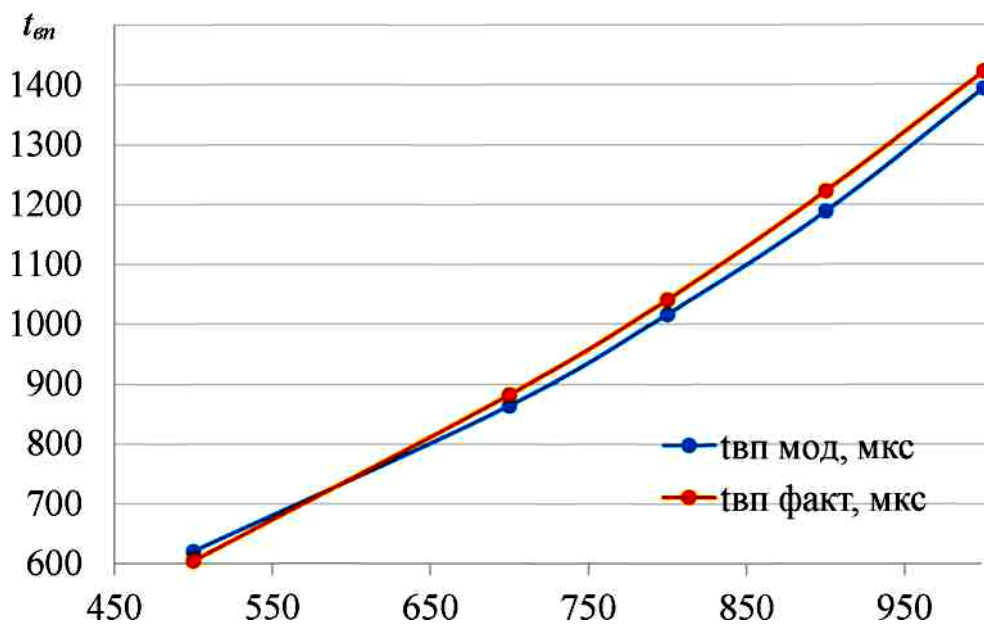


Рисунок 4.1 - Порівняння теоретичних та експериментальних даних дослідження залежності тривалості впорскування в часі від тривалості відповідного керівного імпульсу t_{imp}

Іншим напрямком розшифрування протоколів дослідження є встановлення зв'язку між параметрами подачі палива $G_{ц}$ за цикл та витрат палива на керування впорскуванням $G_{кер}$ в залежності від налаштованого зусилля пружини розпилювача палива $F_{пруж}$.

Дослідження представлені в зведеній таблиці у вигляді середніх значень для скорочення візуального обсягу інформації. В процесі проведення вимірювань всі експерименти були проведені з трикратним повторюванням.

Протоколи оброблені статистично, відкинуті дані, що не мають значення для виконання завдань даної роботи. Сформована таблиця даних, де вони згруповані по навантаженню на двигун і різняться станом форсунки (нова; та, що потребує ремонту; відремонтована).

Згідно результатів експерименту, упорядкованих в таблицю, технічні характеристики відремонтованих форсунок нижчі, ніж оригінальних

Таблиця 4.2 - Встановлення зв'язку між параметрами подачі палива $S_{\text{ц}}$ за цикл та витрат палива на керування впорскуванням $G_{\text{кер}}$ в залежності від налаштованого зусилля пружини розпилювача палива $F_{\text{пруж}}$

Параметр	Експериментальні дані								
	Навантаження, %								
	100%			50%			0%		
	Н	Б	Р	Н	Б	Р	Н	Б	Р
Інтенсивність впорскування,	1000								
Тривалість сигналу керування, мксек.	800			500			675		
Затримка впорскування, мксек.	301	348	325	296	339	330	254	253	245
Витрата на керування впорскуванням, мм³/впорскування.	27,3	88,2	41,0	29,1	83,4	46	26,2	83,4	47,4
Циклова подача, мм³/впорскування.	50,7	46,1	49,2	50,8	45,8	49,2	50,8	46,9	48,1
Відхилення циклової подачі,	0,5	1,2	0,6	0,5	1,2	0,5	0,5	1,8	0,8

де Н - нова форсунка; Б - відбракована, та, що потребує ремонту;

Р - відремонтована.

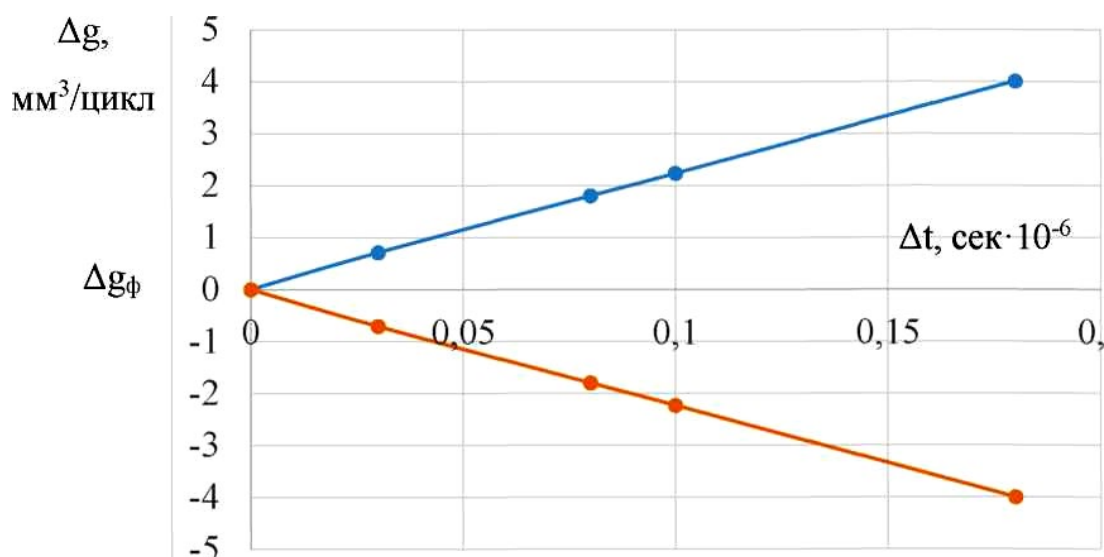


Рисунок 4.2 - Графічна форма аналізу регульовального діапазону тривалості сигналу керування для електрогідравлічної форсунки

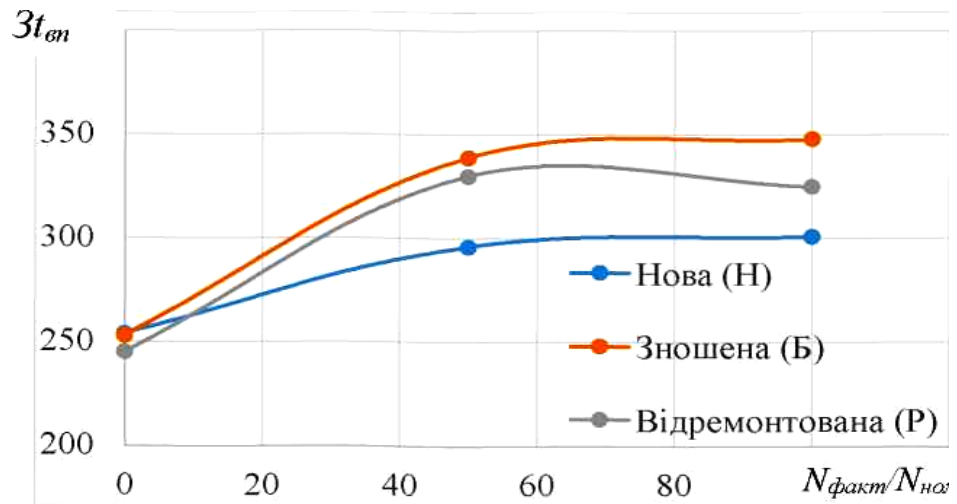
Виходячи з рис.4.2. визначаємо діапазон регулювання тривалості сигналу керування в залежності від умов експлуатації, в тому числі від навантаження на двигун.

4.2 Випробування форсунок

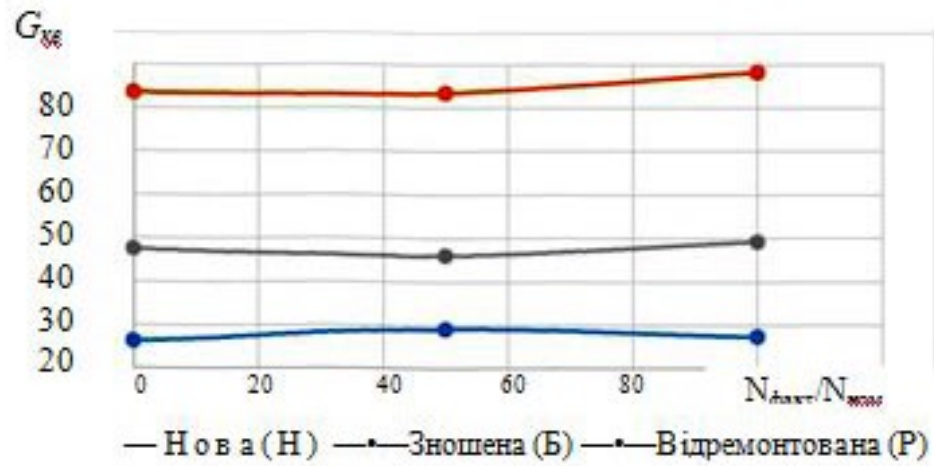
Формуємо умови експерименту наступним чином. Проводимо випробування для трьох станів форсунок: нові, відбраковані за розмірними характеристиками (підлягають ремонту) та відремонтовані. Перед випробуванням проводимо контроль параметрів форми, розміру та шорсткості поверхонь. Кожен дослід має три повторення.

Наступним параметром впливу є навантаження двигуна, яке варіюється від холостого ходу (нульовий рівень навантаження) до повного завантаження (100%). Для кожного значення навантаження обираємо оптимальну тривалість сигналу керування і заносимо в таблицю 4.2. Результати експериментів попередньо усереднюємо, в таблицю 4.2. заносимо результати, що є середніми арифметичними значеннями, розрахованими по значенням, отриманим у повтореннях експерименту.

На основі експериментальних даних, зведених в таблицю 4.2, будемо



а)



— Н о в а (H) —•— Зношена (Б) —•— Відремонтвана (P)

графік

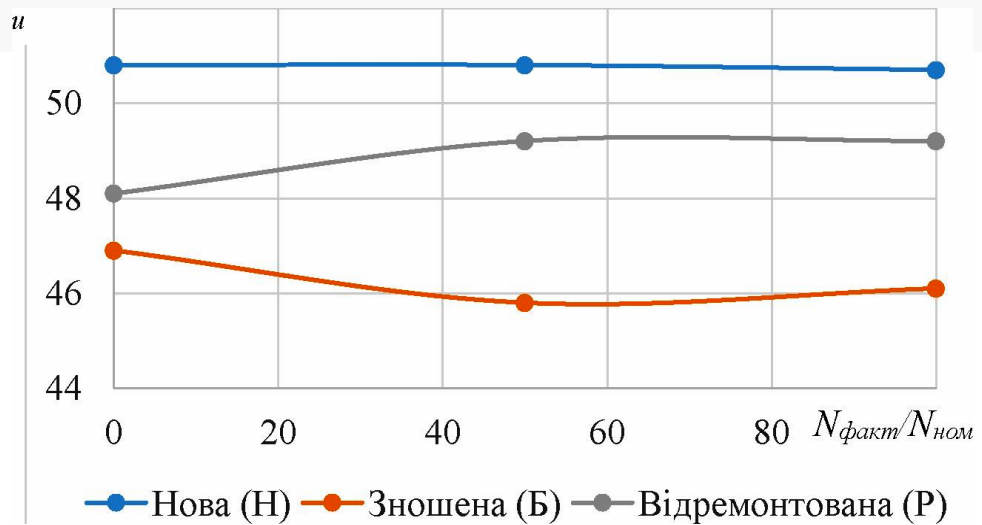


Рисунок 4.3 - Поверхні відгуку для дослідження за параметрами затримки впорскування $Z_{твп}$ (а), подачі палива $C_{ц}$ за цикл (в) та витрат палива на керування впорскуванням $G_{кер}$ (б) в залежності від навантаження на двигун.

На основі візуалізації експериментальних даних, представлених на рис. 4.3, бачимо, що при збільшенні зношування форсунок затримка впорскування $Z_{твп}$ зростає і сягає максимальних значень 348 м/сек, при чому зростання навантаження на двигун також призводить до затримки впорскування. Збільшення затримки впорскування зі збільшенням навантаження характерне для всіх досліджуваних форсунок, але для нової форсунки збільшення затримки не перевищує 15%, а для зношеної та відновленої сягає 26%.

За рис. 4.3., б видно, що витрати палива на керування впорскуванням $O_{кер}$ найбільші для зношених форсунок, а для відновлених, хоч і більші за показники нових, але відрізняються від них не більше, ніж на 16 мм³/впорскування, що збільшує загальні витрати палива не більше, ніж на 3...5%. За таких показників відновлення форсунок вважається доцільним та економічно обґрунтованим.

Висновки до четвертого розділу

1. При збільшенні зношування форсунок затримка впорскування G_{i_m} зростає і сягає максимальних значень 348 м/сек, при чому зростання навантаження на двигун також призводить до затримки впорскування.

2. Збільшення затримки впорскування зі збільшенням навантаження характерне для всіх досліджуваних форсунок, але для нової форсунки збільшення затримки не перевищує 15%, а для зношеної та відновленої сягає 26%.

3. Витрати палива на керування впорскуванням $O_{кер}$ найбільші для зношених форсунок, а для відновлених, хоч і більші за показники нових, але відрізняються від них не більше, ніж на $16 \text{ мм}^3/\text{впорскування}$, що збільшує загальні витрати палива не більше, ніж на 3...5%. За таких показників відновлення форсунок вважається доцільним та економічно обґрунтованим.

Оскільки $F_{табл} = 2,78 \geq 2,66$, то модель адекватна з рівнем значущості 0,95, що означає достатньо високу збіжність моделі та експерименту.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 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 докiлля 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.

5.2 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій

Процеси формування та виникнення аварій, а також виробничих травм є випадковими подіями (явищами), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію і пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події. Усі початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) слід виявляти у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва. Якщо на схемах, що зображують процеси перебігу випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації (табл. 5.1) складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистичне залежними або незалежними. Статистичне залежні події - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть

Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо взяти обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек, ще до виникнення травмонезбезпечних та катастрофічних ситуацій. Процес пошуку потенційних небезпек на виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений [23, 22].

Аналізуючи кожен з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонезбезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків (табл. 5.1). Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однієї з причин) формування досліджуваного процесу. Метод логічного моделювання травмонезбезпечних аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

5.3 Заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів необхідно виконувати згідно з Положенням про профілактичне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту, Правилами технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту.

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів проводяться на спеціально відведених ділянках, робочих місцях (постах), які оснащені необхідним устаткуванням, пристроями, інструментом, приладами згідно з нормативно-технологічною документацією.

Розташування постів профілактичного обслуговування та ремонту, відстань між транспортним засобом, що установлені на цих постах, а також між автомобілями і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування.

Установлювати транспортний засіб в кількості, що перевищує норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між транспортними засобами і елементами будівель забороняється.

Виробниче устаткування і робочі місця слід розташовувати з урахуванням безпеки працюючих, зручності при виконанні технологічних операцій згідно з нормами технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту ОНТП 01-91.

Робітники, які проводять обслуговування та ремонт транспортних засобів, агрегатів, вузлів та деталей, повинні мати справні інструменти та пристрої, що відповідають вимогам безпеки.

Перед початком роботи слід перевірити весь інструмент, несправний інструмент необхідно замінити.

Під час роботи устаткування не допускається його чищення, змазування, або ремонт.

Пристрої та інструменти, необхідні для виконання робіт, повинні використовуватись за призначенням, їх слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення або падіння.

Для зняття, установлення, а в окремих випадках транспортування деталей, вузлів, агрегатів вагою більше 20 кг необхідно використовувати підйомно-транспортні механізми, які обладнані спеціальними пристроями (захватами).

Під час проведення робіт на постах обслуговування та ремонту, діагностики транспортним засобом з працюючим двигуном повинні застосовуватись пристрої для відведення відпрацьованих газів.

Забороняється перебувати у виробничих приміщеннях, де знаходяться транспортні засоби, у баках та балонах яких є паливо, зберігаються або використовуються горючі та легкозаймисті матеріали і рідини (бензин, гас, стиснутий і зріджений горючий газ, фарби, розчинники, стружка, вата тощо), користуватися відкритим вогнем.

Відходи виробництва, відпрацьовані матеріали тощо повинні після кожної роботи прибиратися з робочого місця. Пролиті легкозаймисті та горючі матеріали повинні бути негайно видалені.

Прибирати робочі місця від пилу, ошурків, стружки, дозволяється тільки щіткою. Забороняється здувати їх стиснутим повітрям.

Пуск двигуна та зрушення автомобіля з місця, його в'їзд і виїзд з виробничих приміщень слід проводити за умови забезпечення безпеки працюючих.

Забороняється знаходження сторонніх людей на робочих місцях, де відбуваються роботи з підвищеною небезпекою.

Особи, зайняті на роботах з профілактичного обслуговування та ремонту транспортних засобів, повинні використовувати засоби індивідуального захисту. Особи, які проводять перевірку технічного стану, обслуговування та ремонт транспортних засобів на оглядових канавах, підйомниках та естакадах, повинні працювати у захисних касках.

5.4 Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування

Світло має велике значення для роботи і збереження здоров'я людини, так як діє на органи зору, а через них на центральну нервову систему. Раціональне освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль у створенні сприятливих і безпечних умов праці.

Недостатнє або неправильно виконане освітлення примушує робочого ближче нахилитися до оброблюваної деталі, що збільшує небезпеку пошкодження лиця або очей.

Результати дослідження показують, що покращення виробничого освітлення забезпечує: підвищення продуктивності праці і зниження браку продукції в середньому на 1,5-2%, зниження втомлюваності працюючих в 1-1,5 рази, зменшення числа нещасних випадків на 30%.

В залежності від джерела світла освітлення поділяється на природне, штучне і суміщене [22, 23].

В проєктованій зоні є суміщене освітлення, тобто природне світло потрапляє туди через вікна і двері, але його недостатньо для забезпечення нормальної видимості, тому виконано розрахунок штучного освітлення.

Освітлення у виробничих приміщеннях характеризується рядом кількісних і якісних показників. Кількісні показники це світловий потік Φ , сила світла I , освітленість E , яскравість L коефіцієнт відбиття ρ . Якісні показники це: фон, контраст K , коефіцієнт пульсації k_p .

Величина нормованої освітленості E_n регламентується СНіП II 4-79 в залежності від розряду роботи з врахуванням фону, контрасту між об'єктом і фоном. Норми освітлення робочих поверхонь у виробничих приміщеннях наведені у спеціальних таблицях.

Розрахунок загального штучного освітлення виконується методом коефіцієнта використання або методом граничної потужності. Метод граничної потужності є менш точним. Даний метод дозволяє визначити світловий потік ламп, необхідний для достатньо великої території. В місцях, де освітлення не відповідає нормам використовують комбіноване освітлення. Воно складається із загального та місцевого освітлення.

5.5 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.

Висновки до п'ятого розділу

1. Проведено загальну оцінку стану охорони праці на підприємстві.
2. Розроблено структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій.
3. Розроблені заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції.

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ТА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Економічна ефективність показує правильність прийнятих економічних вирішень відносно способу використання трудових, грошових та матеріальних ресурсів. Вона вираховується згідно типової методики, в котрій визначено методи стосовно проведення розрахунку та обґрунтування капітальних вкладень, що стосуються галузей організації та механізації робіт щодо проведення ремонту та обслуговування дизельних двигунів [14].

Розрахувати економічну ефективність ремонту дизельної паливної апаратури двигунів можна внаслідок впровадження запропонованих нами методів проведення діагностики на сервісному підприємстві, що займається поточним ремонтом та проведенням ТО автомобілів. Проведемо наші економічні розрахунки для пункту ПР та ТО системи живлення дизельних двигунів із безпосереднім впорскуванням при побудові окремої станції техобслуговування та використанні в якості робочої сили двох сервісних працівників.

6.1 Визначення затрат на оплату праці робітників

Основна оплата праці рахується слідуючим чином.

$$З_{\text{осн}} = T_{\text{рм}} * C_{\text{Гр}} * K_{\text{днч}} \quad (6.1)$$

де , $T_{\text{рм}}$ – загальна трудомісткість станції, $T_{\text{рм}} = 4900$ люд.год.;

$C_{\text{Гр}}$ - середньогодинна тарифна ставка робітника, $C_{\text{Гр}} = 55$ грн./год.;

$K_{\text{днч}}$ – коефіцієнт доплат за неурочний час , $K_{\text{днч}} = 1,04$;

$$З_{\text{осн}} = 4900 * 55 * 1,04 = 280280 \text{ грн.}$$

Додаткова оплата праці.

Додаткова оплата праці $З_{\text{дод}}$ беремо в розмірі 12 % від основної оплати праці:

$$З_{\text{дод}} = 0,12 * З_{\text{осн}} \quad (6.2)$$

$$З_{\text{дод}} = 0,12 * 280280 = 33634 \text{ грн.}$$

Нарахування на оплату праці сервісного працівника становить 36,5% від суми основної та додаткової оплати праці.

$$З_{\text{нар}} = 0,365 * (280280 + 33634) = 114568 \text{ грн.}$$

Приймаємо, що час для проведення повної діагностики одного дизельного двигуна становить приблизно 4...6 люд.год., тоді кількість обслуговувань на рік становитиме 690 двигунів.

Вартість запасних частин, які використовують на один процес загальної діагностики системи живлення дизелів із безпосереднім впорскуванням пального на 1 одиницю становить 200 грн.

Сума усіх запасних частин на рік становитиме:

$$C_{зпч.} = 690 * 200 = 138000 \text{ грн.}$$

Ціна витратних матеріалів, для проведення однієї процедури ремонту та діагностики чи ремонту, становить 200 грн., тобто за рік буде становити:

$$C_{зм} = 690 * 200 = 138000 \text{ грн.}$$

Уся заробітна плата працівнику сервісної станції:

$$З_{пзг} = З_{посн} + З_{под} + З_{нар} \quad (6.3)$$

$$З_{пзг} = 280280 + 33634 + 114568 = 428482 \text{ грн. ;}$$

Загальна сума прямих витрат за рік складатиме :

$$C_{зпв.} = 138000 + 138000 = 276000 \text{ грн.}$$

Накладні затрати $C_{вн.в} = C_{вз.в} + C_{вз.г} + C_{вп.в}$. де , $C_{вз.в}$ – загально-виробничі витрати, грн.;

$C_{вз.г}$ – загально-господарські затрати, грн.;

$C_{вп.в}$ – позавиробничі затрати, грн.;

Загально-виробничі затрати визначаємо згідно формули:

$$C_{ззв} = З_{пт, моп} + C_{з д.м} + C_{зА} + C_{зпр} + C_{зуст} + C_{зел} + C_{зпар} + C_{зпоб} + C_{зоп} + C_{зохп} + C_{зрац} + C_{зпт} + C_{зрем}; \quad (6.4)$$

$З_{пт, моп}$ – річна оплата праці, грн.

На ділянці працюють два сервісних механіки, отже середньорічні затрати на заробітню плату становитимуть :

$$З_{пт, моп} = 374000,4 \text{ грн.};$$

$C_{з д.м}$ – затрати на додаткові матеріали беруться в розмірі 11% від вартості основних матеріалів з прямих витрат по формулі:

$$C_{з д.м} = 0,11 * C_{м} \quad (6.5)$$

$$C_{з.д.м} = 0,11 * 147800 = 14780 \text{ грн.},$$

C_m – річна сума відрахувань на амортизацію, що вираховується виходячи з річних норм відрахувань на амортизацію та балансової ціни основних фондів.

Амортизація може нараховуватись лише тільки для повного відновлення основних фондів.

6.2 Визначення вартості основних фондів

Розрахунок об'єму будівлі:

$$V_B = F * h \quad (6.6)$$

$$V_B = 90 * 4,2 = 378 \text{ м}^3,$$

де, F - площа будівлі сервісу, м^2 ;

h - висота будівлі сервісу, м.

Ціна будівлі: для нашого випадку становитиме:

$$V_{з.б.с} = 1200 * U_B, \quad (6.7)$$

$$V_{з.б.с} = 378 * 1200 = 453600 \text{ грн.}$$

Ціна обладнання для сервісу розраховується в залежності від ціни будівель, та приймається на рівні 0,7 від ціни будівлі.

$$V_{з.обл} = 0,7 * V_{з.б.с} \quad (6.8)$$

$$V_{з.обл} = 0,7 * 453600 = 317520 \text{ грн.}$$

Сумарна ціна основних виробничих фондів :

$$\Phi_{ц.осн} (V_{з.обл} + V_{з.б.с}) * K_{к.іншт} * K_{к.шд} \quad (6.9)$$

де, $K_{к.іншт}$ - коефіцієнт, що враховує **інші основні фонди**, $K_{к.шд} = 1,21$,

$K_{к.шд} = 1,12$ - коефіцієнт, що враховує рівень індексації зростання у будівництві.

$$\Phi_{ц.осн} = (453600 + 317520) * 1,21 * 1,12 = 1045021 \text{ грн.}$$

$C_{з.пр}$, $C_{з.уст}$ - затрати щодо утримання та проведення ремонту будівлі за рік беремо 13% від балансової вартості основних фондів :

$$C_{з.пр} + C_{з.уст} = 0,13 * 1045021 = 135852 \text{ грн.}$$

$C_{з.ел}$ - затрати по електроенергії

Таблиця 6.1 - Амортизаційні відрахування

Група основних фондів	Балансова вартість	Відсоток %	Річна сума амортизаційних відрахувань
I Будівлі і споруди	453600	6	27216
Транспортні засоби	0	25	0
Інші основні фонди та обладнання	1045021	15	156753,15
Всього :	1498621	-	183969,15

Загальногосподарські затрати:

$$C_{зг} = (0,4 \dots 0,6) Z_{зАр} \quad (6.10)$$

$$C_{зг} = 0,55 * 158634,8 = 79816,4 \text{ грн.},$$

Позавиробничі затрати:

$$C_{пв} = (0,05 \dots 0,1) Z_{зАр} \quad (6.11)$$

$$C_{пв} = 0,08 * 158634,8 = 13622,61 \text{ грн.}$$

Загальна сума накладних витрат в проєктному періоді складе :

$$C_{зНв} = 463986 + 86817,4 + 11522,61 = 502326,01 \text{ грн.}$$

Повна собівартість всіх робіт по ремонту :

$$C_{пов} = C_{зпов} + C_{зНв} \quad (6.12)$$

$$C_{пов} = 365150 + 492326,01 = 847475,01 \text{ грн.}$$

а) Затрати електроенергії на силові потреби

- електроенергія для технологічних потреб :

$$P_{сил} = I_{вобл} * \Phi_{р} * K_{зз} * K_{звтр} ; \quad (6.13)$$

де , $I_{вобл}$ — встановлена потужність обладнання , $N_{обл} = 4 \text{ кВт}$,

$K_{звтр}$ - коефіцієнт , що враховує втрати у мережі, $K_{звтр} = 1,05$,

$K_{зз}$ - коефіцієнт завантаження , $K_{зз} = 0,9$,

$\Phi_{р}$ - річний фонд робочого часу , $\Phi_{р} = 2080 \text{ год}$,

$$P_{сил} = 4 * 2080 * 0,9 * 1,05 = 4936,76 \text{ кВт/год.}$$

б) затрати електроенергії для освітлення робочого місця:

$$P_{осв} = \underline{N_{собл}} * \Phi_{зр} * K_{звідк} \quad (6.14)$$

де , $\Phi_{вр}$ - річний фонд роботи , (при однозмінній роботі 600-800год.)

$N_{\text{обл}}$ - загальна потужність освітлення,

$K_{\text{в відк}}$ - коефіцієнт відключень, $K_{\text{в відк}} = 0,85$;

$P_{\text{осв}} = N_{\text{обл}} * 600 * 0,85 = 0,35 * 800 * 0,85 = 248 \text{ кВт*год}$

$N_{\text{обл}} = 10 * 40 + 5 * 10 = 450 \text{ Вт.}$

Повна сума споживаної електроенергії становитиме :

$$C_{\text{ел}} = (P_{\text{сил}} + P_{\text{осв}}) * C_{\text{е}}, \quad (6.15)$$

де, $C_{\text{е}}$ - ціна за 1 кВт.год = 4,32 грн.

$$C_{\text{ел}} = (5435,86 + 248) * 4,32 = 25577,37 \text{ грн.},$$

$C_{\text{Пар}}$ - затрати на використання технологічного пару та води, стиснене повітря, становлять 1,81 грн. на ремонтну одиницю, отже при кількості

$$N = 690 \text{ шт.}$$

$$C_{\text{ПАР}} = 690 * 1,81 = 1248,9 \text{ грн.}$$

$C_{\text{ПОБ}}$ - затрати на побутові потреби, що становлять 534,6 грн. на одного сервісного працівника на рік :

$$C_{\text{ПОБ}} = 534,6 * 2 = 1069,2 \text{ грн.}$$

$C_{\text{ОП}}$ - затрати на опалення - становлять 3,98 грн. на 1 м³ об'єму споруди,

$$C_{\text{ОП}} = 3,98 * 378 = 1504,44 \text{ грн.}$$

$C_{\text{ОХПР}}$ - затрати на охорону праці, становлять 50 - 65 грн. на одного робітника.

$$C_{\text{ОХПР}} = 2 * 65 = 130 \text{ грн.}$$

$C_{\text{РАЦ}}$ - затрати на раціоналізацію становлять від 15 до 40 грн. на одного робітничого.

$$C_{\text{РАЦ}} = 2 * 30 = 60 \text{ грн.};$$

$C_{\text{РЕМ}}$ - інші затрати, що становлять 3% від усіх попередніх статей.

Визначаємо загальну суму загальновиробничих витрат:

$$C_{\text{ЗВ}} = (3_{\text{пінш,моп}} + C_{\text{ЗД,М}} + C_{\text{ЗА}} + C_{\text{ЗДР}} + C_{\text{ЗУСТ}} + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{ПАР}} + C_{\text{ПОБ}} + C_{\text{ОП}} + C_{\text{ОХП}} + C_{\text{РАЦ}} + C_{\text{П-Т}}) * C_{\text{РЕМ}} \quad (6.16)$$

$$C_{\text{ЗВ}} = (174000,4 + 14780 + 135852 + 144405,3 + 25577,37 + 1809,2 + 1248,9 + 1069,2 + 1504,44 + 130 + 60 + 20) * 1,03 = 515470,51 \text{ грн.}$$

Собівартість одиниці ремонту по затратах становитиме:

$$S_{од.ф.} = C_{ПОВ} / N \quad (6.17)$$

$$S_{од.ф.} = 847475,01 / 690 = 1228,22 \text{ грн.}$$

Собівартість одиниці ремонту згідно відпускних цін

$$S_{од.відп.} = C_{ВП} / N \quad (6.18)$$

$$S_{од.відп.} = 1145687,2 / 690 = 1710,13 \text{ грн.}$$

де, $C_{ВП}$ - ціна всієї продукції, розрахована вище.

6.3 Визначення прибутку

Прибуток знаходиться, як різницю між вартістю готової продукції та її собівартістю згідно такої формули:

$$П_{р0} = C_{ВП} - C_{ПОВ} \quad (6.19)$$

$$П_{р0} = 1145687,2 - 847475,01 = 298212,19 \text{ грн.},$$

Рівень рентабельності випускної продукції рахується як відношення прибутку до собівартості продукції, виражене у відсотках.

$$P = П_{р0} / C_{ПОВ} \quad (6.20)$$

$$P = 298212,19 / 847475,01 \cdot 100\% = 35,19\%$$

Коефіцієнт використання виробничих площ :

$$К_{кп} = C_{ВП} / P_{дільн} \quad (6.21)$$

$$К_{кп} = 1185688,2 / 90 = 13174,51 \text{ грн/м}^2 \text{ Коефіцієнт фондівдачі:}$$

$$К_{ф} = C_{ВП} / K_{заг} \quad (6.22)$$

$$К_{ф} = 1185688,2 / 912600 = 1,3$$

Коефіцієнт загальної економічної ефективності:

$$E_{к заг} = (C_{ВП} - C_{ПОВ}) / K_{заг} = 0,351$$

Умова $E_{к заг} > 0,15$ виконується .

Термін окупності капіталовкладень :

$$T_{заг} = K_{заг} / ПР = 3,22 < 6...7 \text{ років .}$$

Усі основні показники вносимо в таблицю 6.2

Таблиця 6.2 - Основні показники економічних розрахунків

Показники	Умовне позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			базовий	проектний
1. Загальні вкладення капіталу	$K_{\text{заг}}$	грн.	1480480	1480480
2. Загальна трудоемність	$T_{\text{прм}}$	люд.-год.	4200	4900
3. Вартість продукції	$C_{\text{звп}}$	грн.	1044766,0	1145687,2
4. Кількість обслуговувань	N	шт./рік	450	690
5. Собівартість всіх виконаних ремонтних робіт	$C_{\text{зпов}}$	грн.	967995,2	847475,01
6. Вартість одиниці ремонту :	$S_{\text{зод.ф}}$ $S_{\text{зод.відп}}$	грн.	1156,2	1228,22
а) фактична		грн.	1344,3	1710,13
б) відпускна ціна				
7. Середня річна оплата праці працівника	$C_{\text{зсер}}$	грн.	94568	114568
8. Прибуток	$ПРз$	грн.	133559,3	298212,19
9. Рівень рентабельності коштів	P_p	%	-	35,19
10. Продуктивність праці працівників	$ПП$	грн.	-	587845,6
11. Коефіцієнт використання площ	$K_{\text{кп}}$	грн./м ²	-	13174,51
12. Коефіцієнт фондівдачі	$K_{\text{кф}}$	грн./грн.	-	1,3
13. Термін окупності	$T_{\text{заг}}$	роки	-	3,22

Висновки до шостого розділу

1. Проведено розрахунок економічної ефективності підприємства, на якому працюють два працівники при проведенні діагностики та ремонту системи живлення дизельних двигунів.

2. Прибуток від проведених робіт становить 298212,19 грн, а термін окупності матеріальних затрат 3,22 років, що вказує на доцільність проведених досліджень з ремонту дизельних двигунів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Сучасні системи подачі палива з електричним керуванням, переважно, розвиваються в бік удосконалення та розробки методів формування характеристик подачі палива. Отже, для здійснення якісного технічного обслуговування форсунок з електронним керуванням слід досліджувати характеристики системи подачі палива під час здійснення діагностики двигунів.

2. Основні дефекти деталей форсунок CR, особливо розпилювачів призводять до того, що його вибраковують на більшості ремонтних підприємствах через відсутність відповідних технологій. Показники надійності та стабільність параметрів системи, що подає паливо, з електронним управлінням можуть бути покращені, за рахунок комплексного підходу («механічного» та «електронного» налаштування) шляхом збільшення періоду безвідмовної роботи паливної апаратури.

3. Представлено модель процесу роботи ЕГФ дизельного двигуна, яка дозволяє врахувати зміну ступеню зношення керуючого клапану та зміни геометричних параметрів конуса запірною залежно від режиму його експлуатації. Завдяки представленій моделі математично відображено зв'язок між зміною технічного стану ЕГФ та параметрами, що перевіряються.

4. Перспективи підвищення надійності паливної апаратури пов'язані з застосуванням технології індивідуального коригування параметрів форсунок при проведенні технічного обслуговування, збільшуючи тим самим міжремонтний ресурс форсунки.

5. При збільшенні зношення форсунок затримка впорскування зростає і сягає максимальних значень 348 мк/сек, при чому зростання навантаження на двигун також призводить до затримки впорскування. Збільшення затримки впорскування зі збільшенням навантаження характерне для всіх досліджуваних форсунок, але для нової форсунки збільшення затримки не перевищує 15%, а для зношеної та відновленої досягає 26%.

6. Витрати палива на керування впорскуванням найбільші для зношених форсунок, а для відновлених, хоч і більші за показники нових, але відрізняються

від них більше, ніж на $16 \text{ мм}^3/\text{впорскування}$, що збільшує загальні витрати палива не більше, ніж на 3...5%. За таких показників відновлення форсунок вважається доцільним та економічно обґрунтованим. За критерієм Фішера модель адекватна з рівнем значущості 0,95, що означає достатньо високу збіжність моделі та експерименту.

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. 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.
5. Проектування сервісних підприємств. Посібник-практикум / Г.І. Дашивець, В.А. Дідур, А.М. Бондар. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.
6. Ремонт машин: навч. посібник / за ред. О.І. Сідашенка та А.Я. Поліського, Київ: Урожай, 1994. 400 с.
7. Організація охорони праці у сільському господарстві / Д.А.Бутко, В.Л.Луценков, М.М.Воїнов. Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1998. 324 с.
8. 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.
9. Труханська О. О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. Вінниця, 2018. № 3 (102) С. 52-61.

10. Аветісіяна В. К. Економіка ремонтного підприємства. Харків: ХНТУСГ, 2005. 389 с.
11. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. Київ: Арістей, 2004. 476 с.
12. Робота дизелів на нетрадиційних паливах: навч. Посібник // В.А. Марков, А.И. Гайворонський, Л.В. Гріхів. Київ: Урожай, 2008. 464 с.
13. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
14. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
15. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. -194 с.
16. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. Тернопіль: Вид. ТНТУ. 2018. С. 302.
17. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. Київ: Знання. 2013. 511 с.
18. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навчальний посібник / Ю. А. Гасило, О. А. Крюковська. К. О. Левчук, Р. Я. Романюк. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 369 с.
19. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В. Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ; за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. Харків: ТОВ "ПромАрг", 2021. 202 с.

20. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом'як Й. В., Хом'як В. В. - 2-ге вид., стер. Суми : Університетська книга, 2015. 374 с.

21. Robert Bosch GmbH. Automotive Electrics/Automotive Electronics (Bosch Handbooks (REP)). Wiley, 2004. 504 pp.

22. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.

23. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 3rd ed. / Plochingen: Springer, 2007. 530 pp.

24. Srinivasan S. Automotive Mechanics. Tata McGraw-Hill Education, 2003. 185 pp.

25. Методичні рекомендації для виконання та оформлення дипломної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, Комарніцький С.П. За ред. В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. - 52 с.