

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “ **Підвищення ефективності діагностики технічного стану
дизельного двигуна»**”

Виконав: студент групи Ат-41
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)
_____ Юрій Бальо _____
(ім'я та прізвище)

Керівник: _____ Юрій Габрієль _____
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

УДК 629.035

Бальо Юрій Петрович. «Підвищення ефективності діагностики технічного стану дизельного двигуна»

//Кваліфікаційна робота. – Дубляни: Львівський національний аграрний університет, 2023. – 57 с.

Проведено аналіз вимог, що стосуються систем подачі палива сучасних дизельних двигунів. Описано будову та принцип функціонування системи типу Common Rail DCP. Розроблено прилад для діагностики клапана рециркуляції відпрацьованих газів. Розроблено простий ємнісний сенсор для використання під час діагностики електронних компонентів дизельних двигунів із використанням цифрового осцилографа. Проведено тест відносної компресії циліндрів дизельного двигуна за допомогою струмових кліщів. Проведено аналіз осцилограм отриманих за допомогою розробленого ємнісного сенсора. Наведено інструкції з техніки безпеки для проведення ремонту паливної системи автомобіля. Здійснено розрахунок економічної вигоди при впровадженні запропонованої розширеної діагностики.

Табл. 3; рис. 22, бібліогр. джерел 24

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1 КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛІВ	7
1.1 Вимоги, що стосуються до систем паливоподачі	7
1.1.1 Утворення паливо-повітряної суміші	7
1.1.2 Момент початку впорскування паливоподачі	8
1.1.3 Тиск упорскування палива	11
1.1.4 Характеристики упорскування палива	11
1.1.5 Напрямок упорскування палива	13
1.1.6 Продукти згоряння дизельного пального	13
1.2 Електронно-керована системи живлення дизеля PCR	15
1.2.1 Дизельний насос Common Rail (DCP)	17
1.2.2 Клапан регулювання тиску (PCV)	19
1.2.3 Паливна форсунка	20
1.2.4 Паливна рейка	23
1.2.5 Датчик високого тиску	24
1.2.6 Клапан EGR	25
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	27
2.1 Прилад для перевірки клапану EGR	27
2.2 Ємнісний сенсор	29
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	33
3.1 Тест відносної компресії в циліндрах двигуна	34
3.2 Тестування клапану EGR	35
3.3 Дослідження сигналу із паливної форсунки	36
3.4 Дослідження сигналу регулятора тиску палива	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	40
4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій	40
4.2 Заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції	42
4.3 Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування	44

	5
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	48
5.1 Визначення затрат на оплату праці робітників.....	48
5.2 Визначення вартості основних фондів	50
5.3 Визначення прибутку	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Дедалі жорсткіші вимоги щодо вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах змушують автовиробників розробляти більш досконалі системи живлення двигунів. Це стосується як бензинових, так і дизельних двигунів. Механічні системи подачі палива для дизельних двигунів не забезпечують високої точності дозування палива і не можуть відповідати екологічним стандартам. Наразі найдосконалішою системою управління подачею палива для дизельних двигунів є система типу Common Rail. Ці системи мають електронне управління і тому містять як електричні датчики, так і виконавчі механізми, керовані електричними сигналами [1].

Незважаючи на багато переваг систем з електронним управлінням, таких як покращена паливна економічність, підвищена потужність і зниження викидів, вони також мають недоліки, пов'язані з ускладненням діагностики і складністю обслуговування. Хоча переважну більшість несправностей системи можна виявити локально за допомогою бортових систем діагностики, більш детальне виявлення та ремонт несправностей вимагає глибокого розуміння функціональності системи та знання характеристик компонентів. В даній роботі нами розроблено прилад для перевірки справності клапана рециркуляції відпрацьованих газів та простий сенсор ємнісного типу для експрес діагностики справності компонентів системи Common Rail.

1 КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛІВ

1.1 Вимоги, що стосуються до систем паливоподачі

1.1.1 Утворення паливо-повітряної суміші

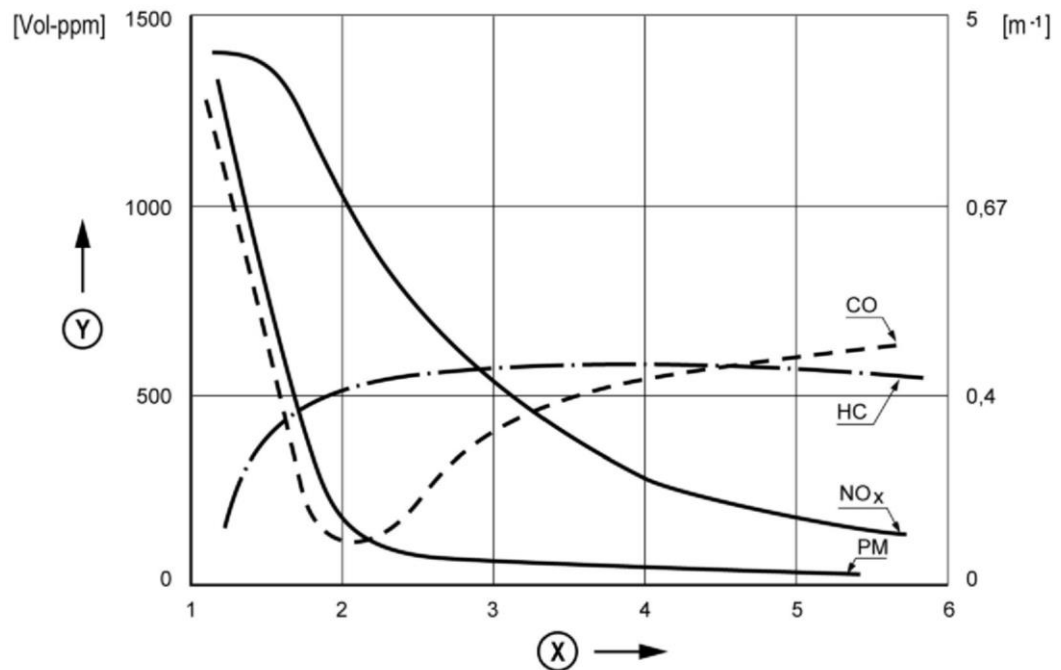
Формування паливо-повітряної суміші в дизельних двигунах має значний вплив на витрату палива, склад вихлопних газів і шум, що утворюється під час згоряння палива. Такі параметри, як співвідношення компонентів паливо-повітряної суміші, властивості паливо-повітряної суміші, час початку впорскування, тиск впорскування, характеристики впорскування палива та напрямок впорскування відіграють певну роль у формуванні суміші в камері згоряння дизеля та процесі згоряння палива. [2]

Ефективна вихідна потужність дизельного двигуна контролюється кількістю впорскуваного палива. З цієї причини дизельні двигуни зазвичай заправляються з надлишком повітря відповідно до стехіометричного масового співвідношення приблизно 14,5:1. Це означає, що для повного згоряння 1 кг палива потрібно приблизно 14,5 кг повітря. Коефіцієнт надлишку повітря λ показує, наскільки паливно-повітряна суміш відрізняється від теоретичного співвідношення мас, необхідного для повного згоряння: $\lambda = \text{фактична маса повітря} / \text{необхідна теоретична маса повітря}$.

Дизельні двигуни працюють на холостому ходу зі значним надлишком повітря, $\lambda = 3,4$, завдяки чому в камері згоряння відбувається дуже висока якість згоряння палива. Концентрація таких компонентів, як сажа (PM, тверді частинки) і CO (оксид вуглецю) у вихлопних газах надзвичайно низька. Зі збільшенням подачі палива кількість повітря в камері згоряння зменшується. В результаті коефіцієнт надлишку повітря $\lambda = 1,4$ при високих навантаженнях двигуна [3].

Коли коефіцієнт надлишку повітря нижчий за $\lambda < 1,4$, викиди NOx (оксидів азоту), сажі та CO зростають досить інтенсивно. Це пов'язано з тим, що внутрішнє згоряння дизельного двигуна, тобто паливно-повітряна суміш в циліндрі, не є однорідною, особливо при високих навантаженнях двигуна. Це

означає, що кількість впорскуваного палива повинна відповідати кількості доступного повітря і дозуватися відповідно до частоти обертання двигуна. Коли атмосферний тиск низький (на великій висоті), кількість впорскуваного палива повинна відповідати малій кількості всмоктуваного повітря. [4]



X – Коефіцієнт λ , Y – Емісія шкідливих речовин

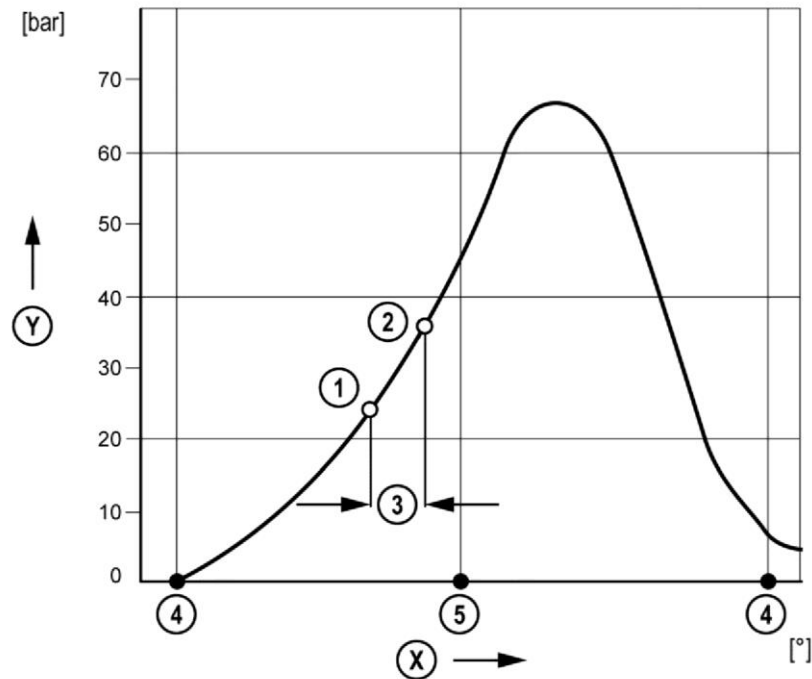
Рисунок 1.1 – Залежність рівня викиду шкідливих речовин від кількості повітря

1.1.2 Момент початку впорскування паливоподачі

Початок впорскування палива чітко визначає момент (кут повороту колінчастого валу), в який відкриваються форсунки і, таким чином, паливо впорскується в камеру згорання. Фактичне положення поршня форсунки впливає на потік повітря, температуру і щільність в камері згорання. Тому момент початку впорскування палива визначає швидкість руху і якість паливно-повітряної суміші. [1]

Початок впорскування палива має значний вплив на початок займання паливно-повітряної суміші. Оскільки потрібен певний час для розпилення палива і змішування його з повітрям перед тим, як суміш загориться, цей фактор необхідно враховувати при розрахунку початку впорскування палива.

Проміжок часу між початком впорскування палива і займанням суміші називається затримкою займання суміші. На цю характеристику впливають наступні фактори [3]: горючість палива (визначається цетановим числом), температура двигуна, ступінь стиснення двигуна, температура впускного повітря, температура палива і якість розпилення палива (залежить від часу початку впорскування палива, температури двигуна і відкриття форсунки).



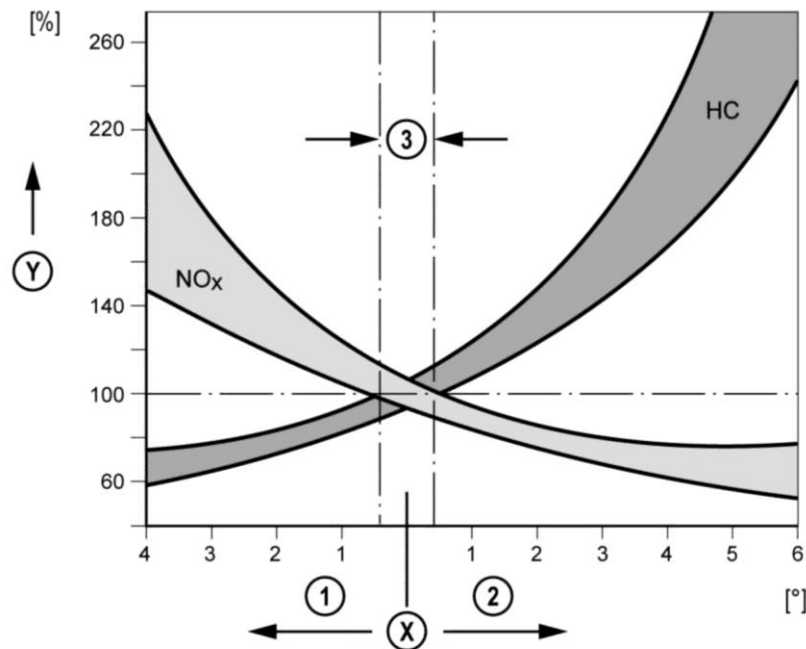
X – положення колінчастого валу; Y – тиск в циліндрі двигуна; 1 – початок впорскування пального; 2 – початок спалаху суміші; 3 – затримка спалахування суміші; 4 – НМТ (нижня мертва точка); 5 – ВМТ (верхня мертва точка).

Рисунок 1.2 – Залежність значення тиску в циліндрі двигуна від кута положення колінчастого валу.

Ця затримка в запалюванні повітряної суміші не залежить від частоти обертання двигуна і триває приблизно 1 мс. Тому зі збільшенням частоти обертання двигуна кут повороту колінчастого валу від початку впорскування палива до початку самозаймання суміші збільшується, так що самозаймання суміші не може відбутися вчасно (початок впорскування палива залишається

незмінним). Іншими словами, для того, щоб компенсувати затримку самозаймання суміші, початок впорскування палива повинен бути перенесений вперед по мірі збільшення частоти обертання двигуна. [5]

Коли момент впорскування палива обертається вперед, в камері згоряння створюється тиск, який протидіє висхідному руху поршневої пари. В результаті тиск в циліндрі двигуна швидко зростає, що значно підвищує температуру згоряння суміші, а отже, і викид оксидів азоту. При згорянні цієї суміші утворюється гучний шум, особливо коли суміш самозаймається на холодному дизельному двигуні.



- X – положення колінчастого валу; Y – викиди відпрацьованих газів;
 1,2 – ранній та пізній моменти упорскування палива, відповідно;
 3 – оптимальний момент упорскування палива.

Рисунок 1.3 – Залежність викидів шкідливих речовин від початку моменту упорскування.

Якщо початок упорскування палива зміщений назад, запалювання паливної суміші затримується, і згоряння палива відбувається під час опускання поршневої пари. Це призводить до зниження тиску в циліндрі,

зниження температури згоряння і збільшення викидів сажі та вуглеводнів (НС). У той же час, процес згоряння палива повинен завершитися до відкриття випускного клапана. [1]

Криві викидів в протилежних напрямках - оксидів азоту з одного боку і залишкових вуглеводнів (НС) з іншого - вимагають мінімального відхилення, щоб досягти моменту запуску впорскування палива і таким чином оптимізувати викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах. [3]

1.1.3 Тиск упорскування палива

Тиск впорскування визначає швидкість потоку палива, що надходить у камеру згоряння. Іншими словами, чим вищий тиск впорскування, тим більша витрата палива. Чим вища відносна швидкість палива і повітря та вища щільність повітря в камері згоряння, тим краще розпилення дизельного палива.

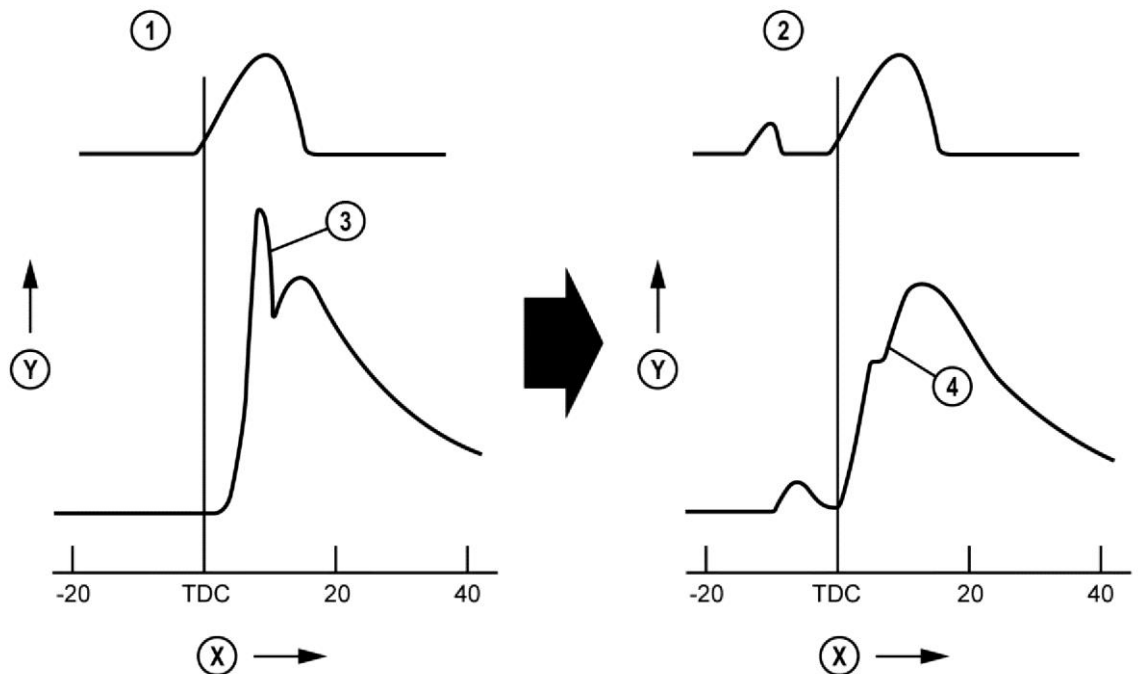
У двигунах з безпосереднім впорскуванням палива швидкість повітря в камері згоряння досить низька. Тому, коли паливо впорскується в камеру згоряння під високим тиском, формування повітряної суміші значно покращується. Завдяки високому тиску впорскування (до 200 МПа) можна значно зменшити викиди сажі, особливо на низьких швидкостях.

1.1.4 Характеристики упорскування палива

Характеристики впорскування визначають, як певна кількість палива впорскується в камеру згоряння в залежності від положення колінчастого валу. На першому етапі впорскується невелика кількість палива, в той час як на останньому етапі кількість впорскуваного палива збільшується. Результатом є збільшення кількості палива в камері згоряння і повільне зростання тиску згоряння, в той час як займання суміші відбувається із затримкою. Така характеристика впорскування палива забезпечує безшумне згоряння суміші. [3]

На завершальній стадії впорскування палива форсунки повинні бути закриті якомога швидше і повніше. Зокрема, небажано впорскувати додаткове

паливо у вигляді витоків, викликаних повторним відкриттям голки форсунки після її закриття. В результаті погано розпилене паливо потрапляє в камеру згоряння і згорає не повністю або взагалі не згорає, що призводить до збільшення викидів сажі та залишкових вуглеводнів. [4]



X - Положення колінчастого валу, Y - Тиск в камері згоряння / впорскування, 1- без передвпорскування, 2 - із передвпорскуванням, 3 - різке зростання тиску в циліндрі, 4 - оптимальне зростання тиску в циліндрі.

Рисунок 1.4 – Характеристика зростання тиску в камері згоряння.

У двигунах з системою впорскування палива Common Rail процес створення тиску впорскування відокремлений від процесу впорскування об'єму палива. Це означає, що під час впорскування палива тиск впорскування залишається постійним, а об'єм впорскування палива збільшується. На ранніх стадіях впорскування палива блок управління двигуном обмежує кількість палива в камері згоряння таким чином, щоб загальна кількість впорскуваного палива розподілялася між попереднім і основним впорскуванням.

Попереднє впорскування відбувається перед впорскуванням основного об'єму палива, тобто відносно невелика кількість палива (0,5-5 мм³)

впорскується в камеру згоряння під час такту стиснення. Це призводить до скорочення часу затримки самозаймання під час основної фази впорскування палива, більш плавної кривої підвищення тиску в циліндрі та значного зниження шуму дизеля.

Крім того, більшість двигунів з системою впорскування палива Common Rail працюють з кінцевим впорскуванням палива. Остаточне впорскування палива відбувається після основного впорскування, що означає, що повна кількість палива впорскується на такті випуску. Залишкове тепло у вихлопних газах змушує впорскуване паливо випаровуватися, зменшуючи викиди оксидів азоту. Останнє впорскування палива також використовується для регенерації сажового фільтру дизеля. У цьому випадку воно використовується для забезпечення згоряння сажі, що відклалася у сажовому фільтрі, при одночасному підвищенні температури вихлопних газів. [6]

1.1.5 Напрямок впорскування палива

Двигуни з безпосереднім впорскуванням зазвичай мають від чотирьох до десяти впорскувань палива, напрямки яких точно адаптовані до форми камери згоряння. Відхилення приблизно на 2° від оптимального напрямку впорскування призводить до значного збільшення викидів сажі та витрати палива. [1]

1.1.6 Продукти згоряння дизельного пального

При спалюванні дизельного палива в двигуні утворюються оксид вуглецю, сірчана кислота, вуглеводні, діоксид сірки та оксиди азоту. У дизельних двигунах, якщо суміш правильно сформована, викиди оксиду вуглецю і насичених вуглеводнів зменшуються каталітичним нейтралізатором і перетворюються на воду і вуглекислий газ.

Оксиди азоту не можуть бути відновлені каталітичним нейтралізатором через надлишок повітря. Через високу температуру згоряння палива оксиди азоту в основному утворюються в дизельних двигунах з безпосереднім впорскуванням палива або наддувом. Їх викиди необхідно зменшити шляхом

узгодженої рециркуляції відпрацьованих газів. Додатковим способом зменшення викидів оксидів азоту є системи селективної каталітичної нейтралізації [7].

Частка діоксиду сірки та сірчаної кислоти у відпрацьованих газах значною мірою залежить від якості палива та присадок.

Частинки сажі в основному спричинені поганим згорянням палива. На додаток до змін у конструкції двигуна, системи сажових фільтрів у вихлопних системах дизельних двигунів можуть ефективно сприяти зменшенню викидів сажі.

Під час прискорення, холодного запуску та високих навантажень у дизельних двигунах відбувається неповне згоряння палива, що призводить до утворення значної кількості частинок сажі. Ці мікроскопічні частинки мають діаметр приблизно 0,05 мкм. Частинки сажі та тверді частинки дизельного палива також відомі як поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

Сажа сама по собі не має шкідливого впливу на організм людини. Однак вуглеводні, сульфати і вода, що містяться в паливі та мастилах, можуть прилипати до частинок сажі і збільшувати їх розмір до 0,09 мікрона. В результаті утворюються шкідливі для людини частинки сажі.

Людський ніс і бронхи не можуть фільтрувати частинки діаметром менше 2,5 мікрон. Це означає, що такі частинки можуть проходити через дихальні шляхи і потрапляти в легені, де вони можуть бути небезпечними для здоров'я людини, особливо для дорослих і дітей з певними захворюваннями. Частинки сажі можуть викликати деякі алергічні реакції і навіть рак. В основному це стосується частинок діаметром 0,1-1,0 мкм.

ЄС запровадив суворіші правила, щоб зменшити забруднення повітря від викидів шкідливих речовин у вихлопних газах автомобілів. В рамках цього законодавства всі нові легкові автомобілі з дизельними двигунами, що підлягають сертифікації з 1 вересня 2009 року, повинні відповідати стандарту "Євро-5". Крім того, всі автомобілі з дизельними двигунами, офіційно схвалені з 1 січня 2011 року, повинні відповідати стандарту "Євро 5" [8].

Порівняно з автомобілями, що відповідають стандарту Євро-4 (0,025 г/км), граничні норми викидів частинок сажі в автомобілях, що відповідають стандарту Євро-5 (0,005 г/км), знижено на 80%. Цей приклад покликаний підкреслити переваги сажових фільтрів для дизельних двигунів: сучасний дизельний двигун з системою подачі палива Common Rail без сажового фільтра викидає приблизно 3 кг сажі на 80 000 км пробігу. [9]

За той самий кілометр дизельний двигун з сажовим фільтром викидає менше 100 грамів сажі, що еквівалентно зниженню викидів твердих частинок на 95%.

1.2 Електронно-керована системи живлення дизеля PCR

Розглянемо будову та принцип функціонування дизельну систему впорскування Siemens VDO Piezo Common Rail (PCR) — це система впорскування Common Rail другого покоління, в якій використовуються п'єзокеровані форсунки [10].

Вона складається з дизельного насоса Common Rail (DCP), рампи (накопичувальна лінія), ліній високого тиску та п'єзокерованих форсунок.

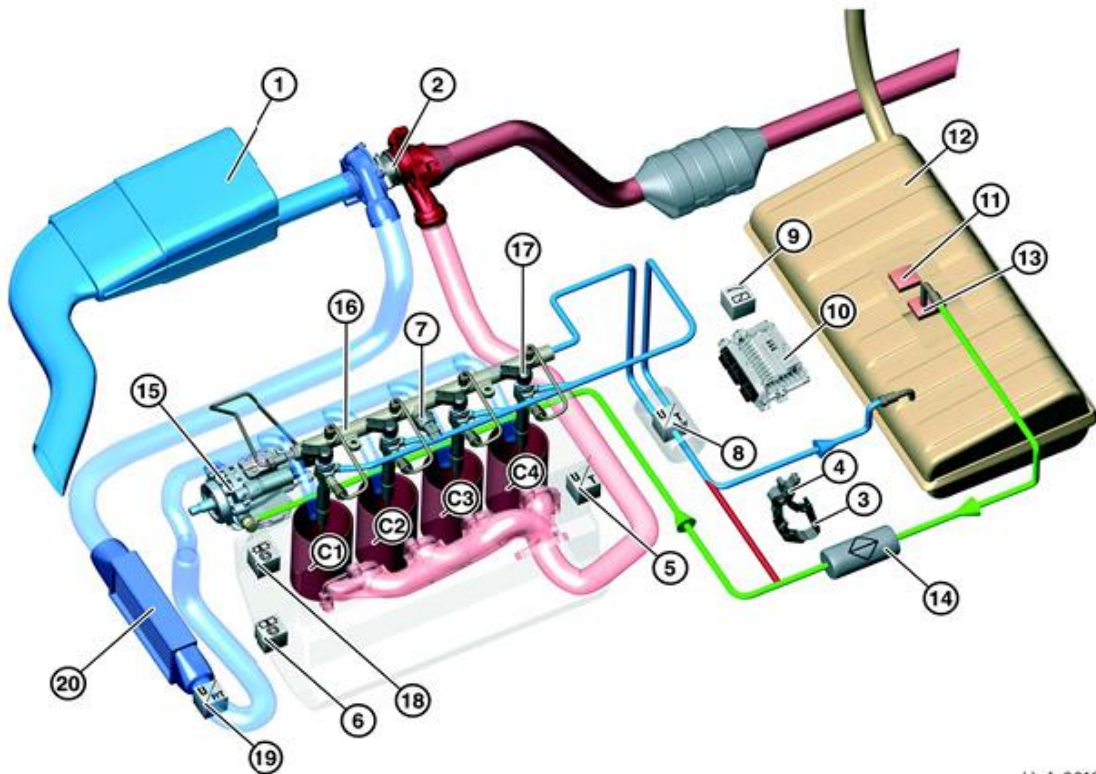
У DCP інтегровані: насос високого тиску (НРР), внутрішній перекачувальний насос (ІТР), клапан регулювання об'ємного потоку (VCV) і клапан регулювання тиску (PCV). Структура DCP дозволяє подавати точну кількість палива, необхідного для роботи двигуна, таким чином підвищуючи коефіцієнт корисної дії (ККД) дизельного двигуна.

Дизельне паливо подається з паливного бака електричним насосом і подається на клапан регулювання об'ємного потоку (VCV).

Клапан регулювання об'ємного потоку контролює кількість палива, що подається на насос високого тиску (НРР). Внутрішній трансферний насос і насос високого тиску безпосередньо приводяться в рух двигуном. Насос високого тиску (НРР) підводить паливо до рейки при тиску до 1600 бар.

Рейка і форсунки з'єднуються між собою через лінії високого тиску. П'єзофорсунки забезпечують надзвичайно короткий час відгуку і дозволяють

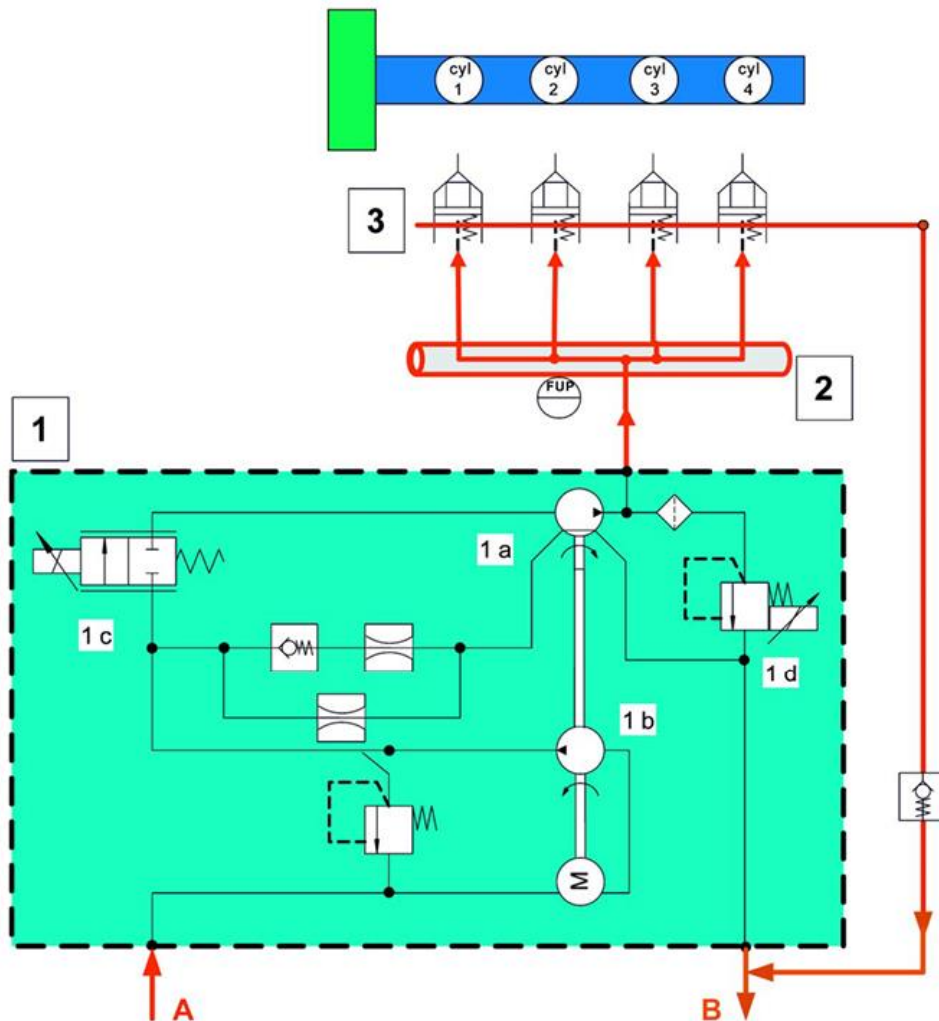
вільно вибирати початок впорскування і кількість палива відповідно до вимог блоку управління двигуном (ЕБУ).



1. Повітряний фільтр; 2. Турбокомпресор; 3. Педаля акселератора; 4. Датчик педалі акселератора; 5. Датчик температури охолоджуючої рідини; 6. Датчик колінчастого валу; 7. Датчик високого тиску; 8. Датчик температури палива; 9. Реле свічки розжарювання (опція); 10. Блок керування двигуном (ЕБУ); 11. Датчик рівня палива; 12. Паливний бак; 13. Електричний паливний насос; 14. Паливний фільтр; 15. Дизельний насос Common Rail (DCR) а) Клапан регулювання тиску (PCV), б) Насос високого тиску (НРР), в) Клапан регулювання об'ємної витрати (VCV), г) Внутрішній перекачувальний насос (ІТР); 16. Рейка; 17. Форсунка; 18. Датчик розподільного валу; 19. Датчик Т-МАР; 20. Інтеркулер.

Рисунок 1.5 – Загальна будова системи PCR.

Незалежно від оборотів двигуна, системний тиск, створюваний DCP, буде оптимально регулюватися для кожного робочого режиму. За рахунок об'єму паливної рейки тиск уприскування буде залишатися практично постійним протягом усього процесу впорскування.



1. Дизельний насос Common Rail (DCP): а) насос високого тиску (НРР), б) внутрішній передавальний насос (ІТР), с) клапан регулювання об'ємного потоку (VCV), д) клапан регулювання тиску (PCV); 2. Рейка з датчиком високого тиску; 3. Форсунки; А. Подача палива; В. Повернення палива.

Рисунок 1.6 – Схематичне зображення системи PCR

Система керується з попереднім уприскуванням і основним уприскуванням. Це зменшує шум згоряння, знижує механічні навантаження і, у багатьох випадках, викиди вихлопних газів.

1.2.1 Дизельний насос Common Rail (DCP)

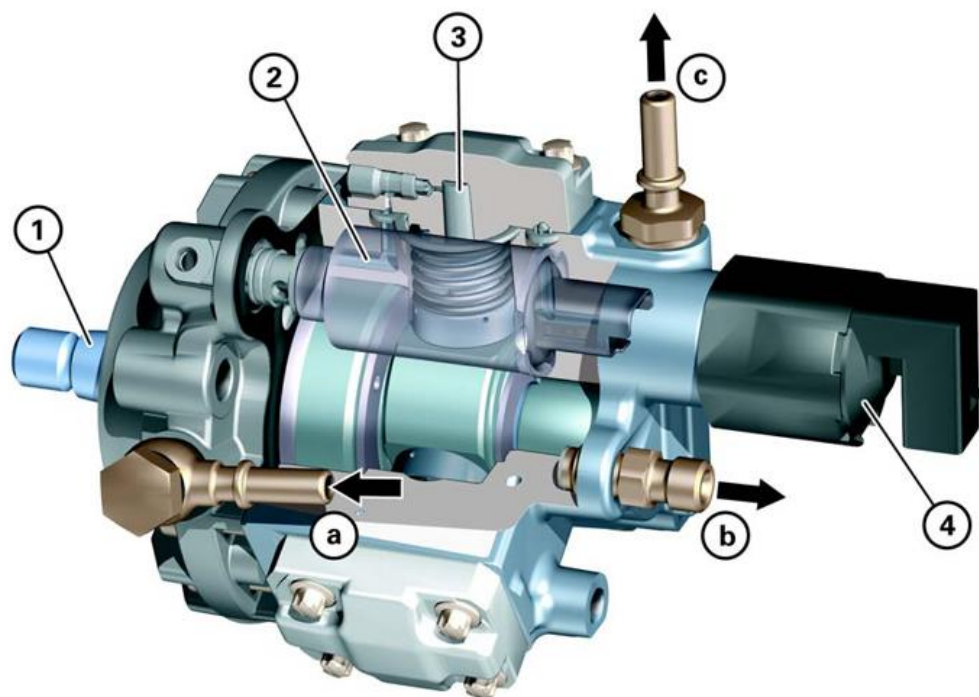
Дизельний насос Common Rail складається з наступних компонентів, які всі інтегровані в єдиний корпус: внутрішній трансферний насос (ІТР), клапан регулювання об'ємного потоку (VCV), насос високого тиску (НРР) та клапан регулювання тиску (PCV).

Внутрішній насос, що сконструйований як насос флюгерного типу, має завдання витягування палива з бака через паливний фільтр і забезпечує постачання насоса високого тиску дизельним паливом. Крім того, він постачає насос високого тиску дизельним паливом для змащувальних цілей.

Клапан регулювання об'ємного потоку (VCV) контролює витрату палива до насоса високого тиску, тим самим забезпечуючи точну подачу насоса високого тиску відповідно до попиту насоса високого тиску (НРР).

Насос високого тиску (НРР) виконаний у вигляді трициліндрового радіально-поршневого насоса і забезпечує рейку необхідним тиском в системі.

Клапан регулювання тиску (PCV) контролює тиск виходу насоса високого тиску (НРР) [11].



1. Внутрішній трансферний насос (ІТР); 2. Клапан регулювання об'ємного потоку (VCV); 3. Насосний елемент високого тиску; 4. Клапан регулювання тиску (PCV); а) подача палива; б) вихід високого тиску; с) лінія зворотки палива.

Рисунок 1.7 – Дизельний насос Common Rail Pump (DCP)

Дизельний насос Common Rail Pump (DCP) - це радіально-поршневий насос з регульованим потоком, що має три вузли робочого об'єму, кожен зі зміщенням на 120° (рис.1.7).

DCP подає об'ємний потік для створення високого тиску палива в рампі і, таким чином, забезпечує необхідну кількість палива до форсунок при всіх режимах роботи двигуна. Процес подачі палива в DCP відбувається таким чином. Вбудований внутрішній насос використовується для витягування дизельного палива з бака через паливний фільтр, потім паливо передається на продувний клапан і на клапан регулювання об'ємного потоку.

Клапан попереднього регулювання тиску, який розташований паралельно внутрішньому насосу, відкривається при закритті клапана регулювання об'ємного потоку і знову направляє паливо на всмоктувальну сторону внутрішнього насоса. Паливо надходить всередину насоса через продувний клапан, звідки передається на лінію зворотки палива.

Клапан регулювання об'ємного потоку, що активується блоком управління двигуном, визначає кількість палива, яке подається на насосний елемент високого тиску і, таким чином, на насос високого тиску.

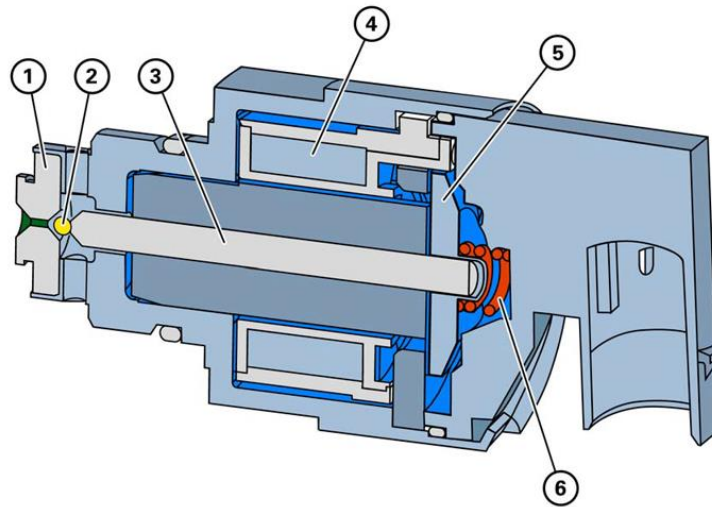
Виходи високого тиску трьох насосних елементів об'єднані і направляються до виходу високого тиску DCP. Клапан регулювання тиску, який контролює кількість палива до виходу високого тиску, і, таким чином, тиском палива в рампі, розташований між каналом високого тиску та зворотною магістраллю.

1.2.2 Клапан регулювання тиску (PCV)

Регулюючий клапан високого тиску (PCV)(рис.1.8) контролює тиск палива на виході високого тиску дизельного насоса (DCP) і, таким чином, тиск палива в рампі. Крім того, клапан регулювання тиску гасить коливання тиску, які виникають під час подачі палива через дизельний насос Common Rail (DCP) [10].

Клапан регулювання тиску (PCV) активується блоком управління двигуном (ECU) таким чином, що в рейці виробляється оптимальний тиск згідно для робочого режиму двигуна.

Клапан регулювання тиску (PCV) безпосередньо приєднаний до дизельного насоса Common Rail (DCP).



1. Сідло клапана; 2. Кульовий клапан; 3. Шток; 4. Соленоїд; 5. Якір; 6. Пружина.

Рисунок 1.8 – Поперечний переріз клапана регулювання тиску (PCV)

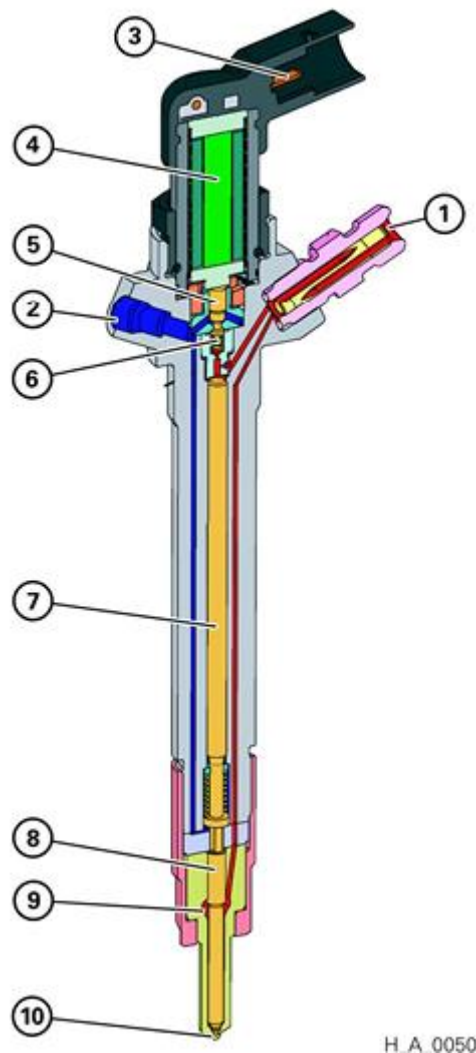
Коли напруга не подається на клапан, тоді кулька клапана приводиться в дію тільки силою пружини. Таким чином забезпечується низький тиск палива.

При поданні напруги на клапан струм, що протікає через соленоїд, притягує якір, який в свою чергу передає магнітну силу через штифт на кульку клапана, тиск палива в рейці зростає. Сила, яка діє на шток якоря і, таким чином, тиск на кульку клапана пропорційні потоку клапана, що призводить до зростання тиску (пропорційний клапан регулювання тиску).

1.2.3 Паливна форсунка

П'єзофорсунки (рис.1.9), які з'єднані з рейкою, впорскують необхідну кількість палива в камеру згоряння при всіх умовах роботи двигуна. П'єзофорсунки дозволяють надзвичайно швидко і точно дозувати кількість палива. Час спрацьовування п'єзофорсунок має швидкість в чотири рази вище, ніж у попередніх систем, допускає короткі і змінні інтервали між окремими впорскуваннями. Здатність рекуперувати енергію значно зменшує кількість необхідної енергії активації. Спрощене електричне управління забезпечує

більшу електромагнітну сумісність і, таким чином, значне зниження схильності до відмови.



1. З'єднання високого тиску; 2. повернення палива; 3. роз'єм блоку управління двигуном; 4. п'єзопривід; 5. поршень клапана; 6. клапанний гриб; 7. керуючий поршень; 8. голка форсунки; 9. сопло камери високого тиску; 10. отвір для вприскування (6 шт.).

Рисунок 1.9 – Будова п'єзофорсунки

Кількість палива, що впорскується за один такт складається з кількості палива попереднього впорскування та палива, що впорскується під час основного впорскування. Цей розподіл кількості поданого палива призводить до «м'якого» процесу згоряння палива в циліндрі дизельного двигуна.

Завдяки використанню п'єзоприводів можливі гранично короткі терміни спрацьовування. Це дозволяє контролювати кількість палива, що впорскується, і дозування з надзвичайною точністю. Крім того, забезпечується

відмінна повторюваність. Форсунки активуються блоком управління двигуном. Через можливу рекуперації енергії п'єзофорсунок потрібна значно менша енергія активації в порівнянні з попередніми системами.

При відсутності сигналу на форсунку(рис.1.10.а) паливо, що надходить з рейки під високим тиском, надходить в камеру управління (2) і камеру високого тиску (3) струменя через подачу високого тиску (1). Сопло інжектора закрито, впорскування палива не відбувається.

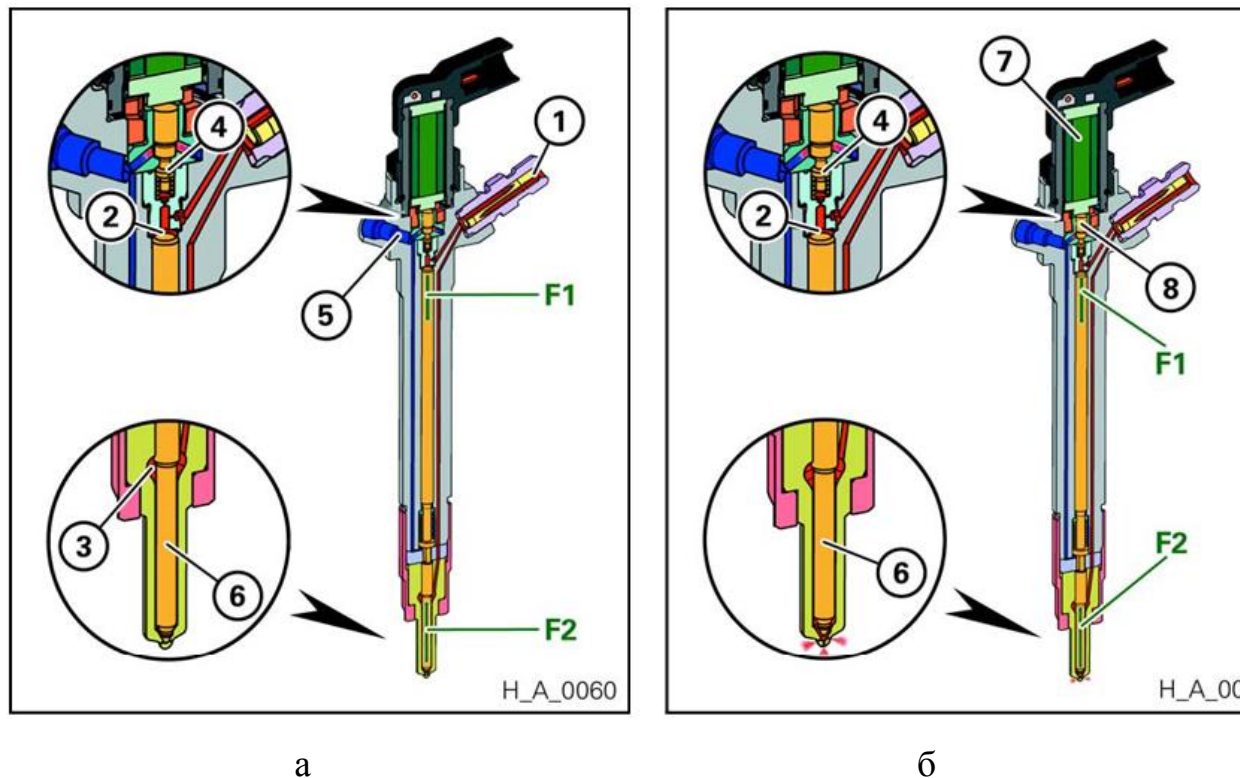


Рисунок 1.10 – Робота форсунки.
а) форсунка закрита; б) форсунка відкрита

При подачі сигналу на форсунку отвір для повернення палива (5) закривається через клапан гриба (4), який приводиться в дію пружиною. Гідравлічне зусилля, що чиниться (F1) високим тиском палива на голку форсунки (6) в камері управління (2), більше, ніж гідравлічне зусилля, що діє на наконечник сопла (F2), так як поверхня поршня управління в камері управління більше, ніж площа поверхні наконечника сопла. П'єзопривід (7) тисне на поршень клапана (8), а клапанний гриб (4) відкриває отвір, що з'єднує камеру управління (2) з поверненням палива.

Таким чином, в камері управління відбувається зниження тиску, а гідравлічна сила, яка діє на наконечник сопла (F_2), більше, ніж сила на поршень управління (F_1) в камері управління. Голка сопла (6) рухається вгору, і паливо досягає камери згоряння через шість отворів для розпилення.

Коли двигун є заглушеним, клапан, що з'єднує камеру управління з звороткою палива і форсунками форсунок, закриваються силою пружин. З метою змащення невелика кількість палива буде пропускатися безпосередньо в зворотний потік між голкою форсунки і направляючої з боку високого тиску.

П'єзопривід - це частина інжектора, яка побічно активує голку сопла, яка в свою чергу відкриває або закриває отвори розпилювача сопла. Тривалість регулювання роботи п'єзоприводів використовується для регулювання кількості палива, що впорскується. Час зарядки виконавчого механізму - 0,15 мс. Фактичний час впорскування, протягом якого клапан відкритий, становить від 0,15 мс до 4,50 мс. Після уприскування клапан знову закривається за допомогою розряду п'єзоприводу в межах 0,15 мс.

За час відкриття клапана в камеру згоряння впорскується від 1 мм^3 (під час попереднього впорскування) до 80 мм^3 палива (під час основного впорскування при повному навантаженні).

Привід складається із пакету приблизно з 350 керамічних листів (п'єзостек). Кожен лист має товщину близько 80 мкм [12].

Після подачі керуючої напруги виконавчий механізм розширюється до 40 мкм. Оскільки це такий малий розмір, усі поверхні повинні бути виготовлені з точністю 1 мкм. Це являє собою великий виклик для технології виробництва.

Під час роботи виникають сили прискорення до 1000 G.

1.2.4 Паливна рейка

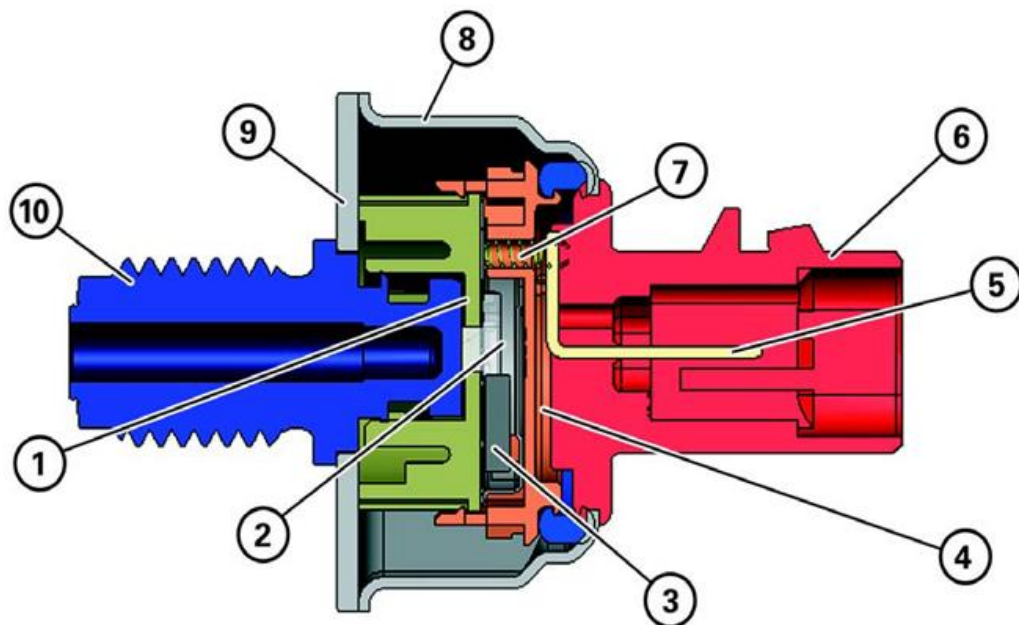
Рейка використовується як накопичувач високого тиску для палива, яке доставляється дизельним насосом Common Rail (DCP), і забезпечує форсунки необхідною кількістю палива для кожного робочого режиму. Накопичувальна

функція рейки гасить коливання тиску, які відбуваються в процесі впорскування. Тиск палива в рейці вимірюється за допомогою датчика високого тиску, який вкручується в рейку при з'єднанні.

1.2.5 Датчик високого тиску

Датчик високого тиску вимірює тиск палива в рампі. Поточний тиск перетворюється в сигнал напруги, який оцінюється блоком управління двигуном. Відповідно до записаних характеристик в ЕБУ сигнал тиску використовується для розрахунку тривалості включення форсунок і регулювання високого тиску клапаном регулювання тиску.

Датчик високого тиску безпосередньо з'єднаний з рейкою і герметизується м'якою залізною шайбою.



1. Мембрана; 2. ЕМС (електромагнітна сумісність); 3. ЕМА (Збірка електронного модуля); 4. Обкладинка; 5. Підключення; 6. Корпус роз'єму; 7. Контактні пружини; 8. Металевий корпус; 9. Металевий фланець; 10. Різьбове з'єднання.

Рисунок 1.11 – Будова датчика тиску палива

Принцип дії сенсора тиску полягає в наступному: мембрана (1) деформується в залежності від тиску палива, присутнього в рейці. Деформація мембрани (1) змінює значення опору мембранного моста опор.

ЕМА (3) оцінює зміни величини опору і перетворює їх в сигнали напруги. Надалі сигнал напруги передається ЕМА (3) на блок управління двигуном.

1.2.6 Клапан EGR

Клапан EGR (EGR Valve) – клапан системи рециркуляції відпрацьованих газів. Практично кожен сучасний двигун внутрішнього згорання (крім бензинових турбованих) оснащений системою рециркуляції відпрацьованих газів. Клапан EGR є одним із основних елементів даної системи.

Система та клапан EGR призначені для: зниження токсичності вихлопних газів двигуна; зменшення ризику детонації бензинових двигунів [13]; зниження витрати пального; більш м'якої та стабільної роботи дизельних двигунів; зниження насосних втрат бензинових двигунів [14].

За назвою системи вже зрозуміло, що вона відповідає за рециркуляцію відпрацьованих газів. Іншими словами - частина відпрацьованих газів, з випускного колектора, підмішується до повітря, що подається у колектор впускний. В результаті чого кількість кисню, що надходить в камеру згорання стає менше, а отже, і температура в ній. Чим менша температура згорання паливо-повітряної суміші – тим менше утворення оксидів азоту. Клапан EGR є основною частиною системи, який регулює кількість відпрацьованих газів, що подаються у колектор впускний. На дизельних двигунах клапан на 100% закритий (закрита подача відпрацьованих газів у впускний колектор) тільки при прогріві та максимальному навантаженні/оборотах [15]. На холостому ході клапан EGR повністю відкритий (забезпечує до 50% відпрацьованих газів у впускному колекторі), при збільшенні обертів та навантаженні двигуна – закривається прямопропорційно [16].

На даний момент часу клапан EGR практично повністю, а то й абсолютно повністю управляється ЕБУ. Оскільки на скільки відкритий клапан і скільки ВГ газів має надходити в циліндри саме в цей момент, визначає досить велика кількість сенсорів, таких як датчик дросельної заслінки, сенсор

абсолютного тиску впускного колектора, датчики колінчастого та розподільчого валів, лямбда зонди, датчики температури (зовнішнього повітря та охолоджуючої рідини), датчик детонації і т.д. Тому на даний момент система EGR і клапан EGR зокрема є досить складною і «розумною» системою.

Основною причиною поломки клапана EGR є якість палива, що використовується. При використанні палива низької якості на деталях клапана EGR (на тарілці клапана або на його сидлі) відкладається нагар. Внаслідок чого клапан починає повільніше спрацьовувати і зі збільшенням шару нагару заклинює. Так само причиною несправностей клапана EGR можуть бути зношування поршневої системи, несправності системи подачі палива, неправильна робота системи вентиляції картерних газів, робота датчиків двигуна і т.д.

Якщо клапан EGR заклинив – це особливо відчутно під час роботи дизельного двигуна на холостих обертах. Робота ДВС стає більш «жорсткою» та нестабільною. Виростає витрата палива. Враховуючи зростаючі норми захисту навколишнього середовища, багато двигунів, при несправностях клапана EGR і зовсім відмовляються працювати.

Якщо клапан EGR заклинив – це особливо відчутно під час роботи дизельного двигуна на холостих обертах. Робота ДВС стає більш «жорсткою» та нестабільною. Виростає витрата палива. Враховуючи зростаючі норми захисту навколишнього середовища, багато двигунів, при несправностях клапана EGR і зовсім відмовляються працювати. Враховуючи технологічну складність, а відповідно і дорожнечу клапана EGR, багато автовласників взагалі глушать всю систему. Але деякі двигуни навіть не запускаються за неправильної роботи системи EGR.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В багатьох випадках сучасні системи можна продіагностувати за допомогою бортової системи діагностики. Для цього слід під'єднати діагностичний прилад до автомобіля та зчитати його параметри. Очевидно, що більшість типових несправностей можна усунути лише за допомогою використання діагностичного обладнання, проте деякі види несправностей вимагають більш серйозно підходу до процедури діагностики та іноді вимагають серйозне втручання у систему живлення або в механічну частину двигуна.

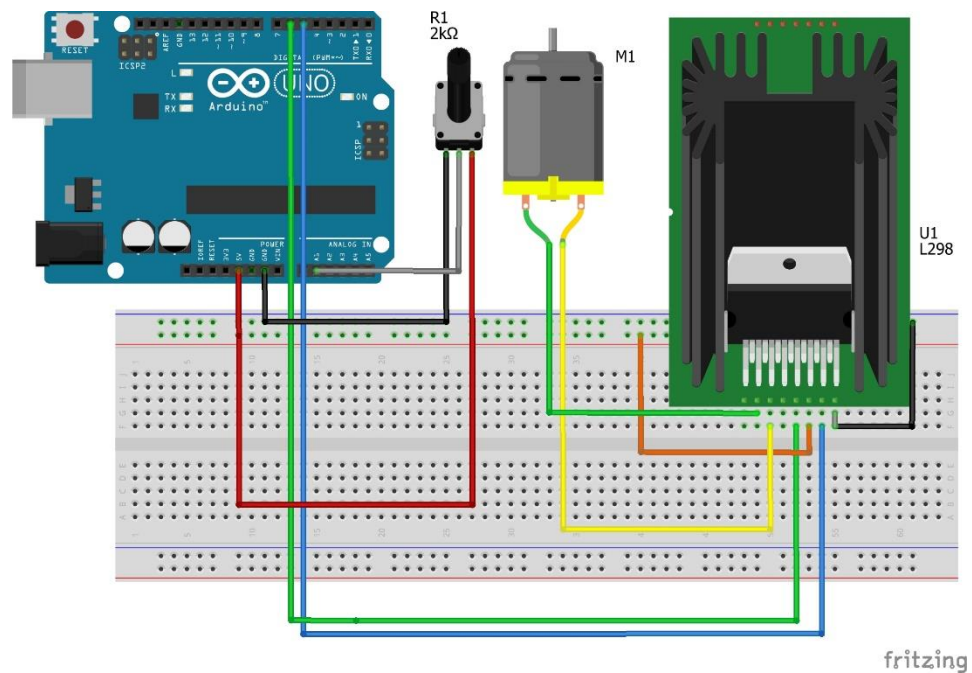
2.1 Прилад для перевірки клапану EGR

На сучасних автомобілях встановлюються електронно-керовані клапани рециркуляції відпрацьованих газів, котрі оснащені електричним двигуном, що приводить в дію механізм клапану EGR та сенсором, який відслідковує положення заслінки клапана, а отже перевіряє його працездатність.

Як правило живлення електродвигуна становить 12В, при чому деякі з клапанів оснащені зворотною пружиною, що при знеструмленні електродвигуна повертає клапан рециркуляції в закриті положення. Проте деякі із клапанів не мають в наявності зворотної пружини, тому задля закриття клапана слід подавати напругу зворотної полярності на електричний двигун.

Сенсор положення клапана має три виходи, один із яких – це «маса» живлення сенсора, другий із них +5В живлення, і третій – вихідний сигнал сенсора. Вихідний сигнал із сенсора коливається в межах від 0,5В до 4,5В, в залежності від його положення [17]. Як правило нижній поріг вихідної напруги відповідає закритому клапану рециркуляції, а максимальне значення – повністю відкритому [18]. Слід відмітити, що сенсори положення можуть бути двох типів: контактного та безконтактного. Безконтактний тип сенсора положення є довговічнішим, проте підлягає впливу зовнішніх електромагнітних полів, тому інколи його застосування є неприпустимим [19].

З наведених вище міркувань нами розроблено простий прилад для перевірки клапана рециркуляції схема якого розроблена в середовищі Fritzing(рис. 2.1) [20].



M1 – електродвигун; R1 – сенсор положення клапана EGR; U1 – плата керування двигунами L298.

Рисунок 2.1 – Пристрій для перевірки клапана EGR.

Даний прилад побудовано на основі плати Arduino UNO, плати драйвера приводу електричних двигунів на мікросхемі L298, в даному випадку використовувалось середовище розробки та симуляції Fritzing.

Плата приладу живиться напругою 12в, тобто напругою бортової мережі автомобіля, що є зручним для проведення досліджень. Для під'єднання до самого клапану EGR використовувались звичайні піни типу «мама», що надає універсальність приладу, проте потребує додаткової інформації щодо електричних з'єднань клапана та розташування його контактів. Програмно можна змінювати частоту відкриття та закриття клапана.

Опорна напруга 5В та маса живлення надходить із плати Arduino UNO, а вихідна напруга зчитується аналоговим каналом A1.

2.2 Ємнісний сенсор

Ємнісний сенсор - це перетворювач параметричного типу, який перетворює зміну вимірюваної величини на зміну ємності конденсатора [21].

Основні переваги ємнісних датчиків полягають у високому порозі чутливості та невеликій інерційності. Однак, основним недоліком ємнісних сенсорів є їхнє сильне впливання зовнішніх електромагнітних полів. Проте цей недолік можна використовувати в якості переваги.

Ємнісний експрес-сенсор - це пристрій, призначений для швидкого вимірювання форми вторинної напруги, імпульсів упорскування форсунки, електромагнітних клапанів тощо. Він передає цю інформацію на вхід реєструючого обладнання, зазвичай на осцилограф. Основна відмінність експрес-сенсора від звичайного ємнісного сенсора полягає в можливості швидкого доступу до складно доступних джерел сигналу, а також в оперативному регулюванні чутливості сенсора.

Сенсор складається з тримача, ємнісної пластини, яка гальванічно з'єднана з сигнальним проводом, компенсаційної ємності між сигнальним проводом і екраном, екранованого кабелю та відповідного роз'єму для підключення сенсора до входу реєструючого обладнання. Зняття форми напруги сенсором полягає у наявності паразитного ємнісного зв'язку, що виникає між джерелом сигналу і ємнісною пластиною сенсора.

Як відомо величина ємності (ємнісного зв'язку) є прямо пропорційною площі ємнісних пластин, тобто чим більша площа пластини, тим більшим буде рівень сигналу на виході, і обернено пропорційною відстані між пластинами, тобто чим меншою є відстань від джерела сигналу до ємнісної пластини сенсора, то більшим буде рівень сигналу на виході. Наявність компенсаційної ємності призначена для корекції форми сигналу, який спотворюється диференціальним ланцюгом (паразитним ємнісним зв'язком). Чим більша величина компенсаційної ємності, тим менше буде спотворена форма сигналу, але й тим менше буде амплітуда сигналу на виході сенсора.

Величина паразитного ємнісного зв'язку завжди залежить від діелектричної проникності з чого випливає, що величина сигналу на виході датчика буде різною для одного і того ж справжнього значення вимірюваної напруги, тобто ми лишень зможемо спостерігати форму сигналу, що в переважній більшості випадків є достатнім для проведення діагностики.

Ємнісний зв'язок є диференціюючим ланцюгом (ФВЧ) та пропускає високочастотні коливання, і не пропускає низькочастотні коливання, тобто виміряти повільно змінні процеси в електричному колі не є можливим.

Проведемо симуляцію впливу характеристик ємнісного сенсора на вихідний сигнал в середовищі Proteus.

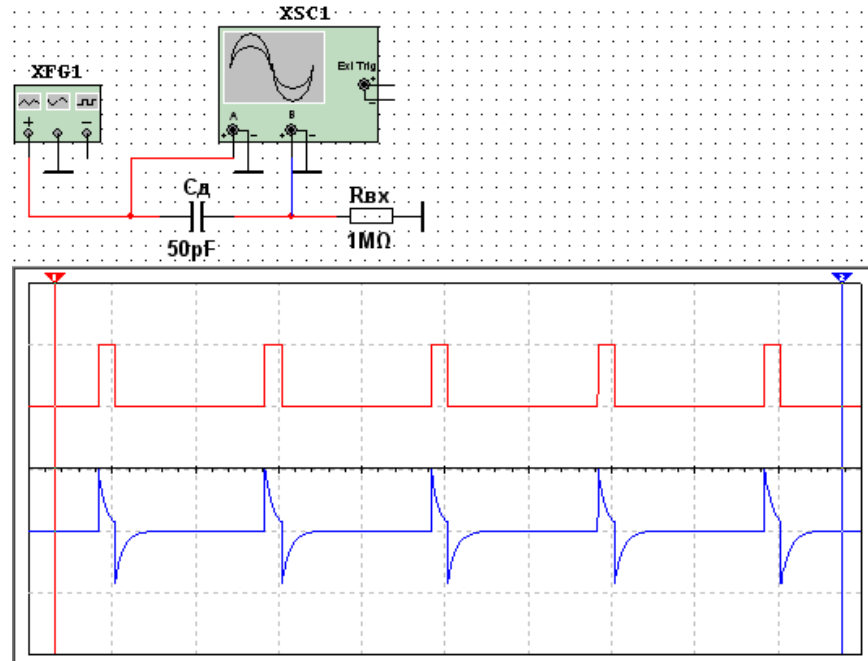


Рисунок 2.2 – Вхідний та вихідний сигнали ємнісного сенсора без використання компенсаційної ємності.

C_d – ємність між струмопровідною жилою проводу та ємнісною пластиною датчика, R_{bx} - вхідний опір реєструючого обладнання, C_{bx} - вхідна ємність не враховується, оскільки вона практично в даному випадку ні на що не впливає.

На графіці червоного кольору(верхнього) зображено вихідний сигнал (меандр 1 кГц, коефіцієнт наповнення 10%, амплітуда 1В). На графіці синього

(нижнього) кольору зображено сигнал, отриманий на виході диференційного ланцюга.

Для усунення спотворення форми вторинної напруги на виході датчика необхідно використовувати додаткову компенсаційну ємність, яка з ємністю датчик-жила утворює ємнісний дільник.

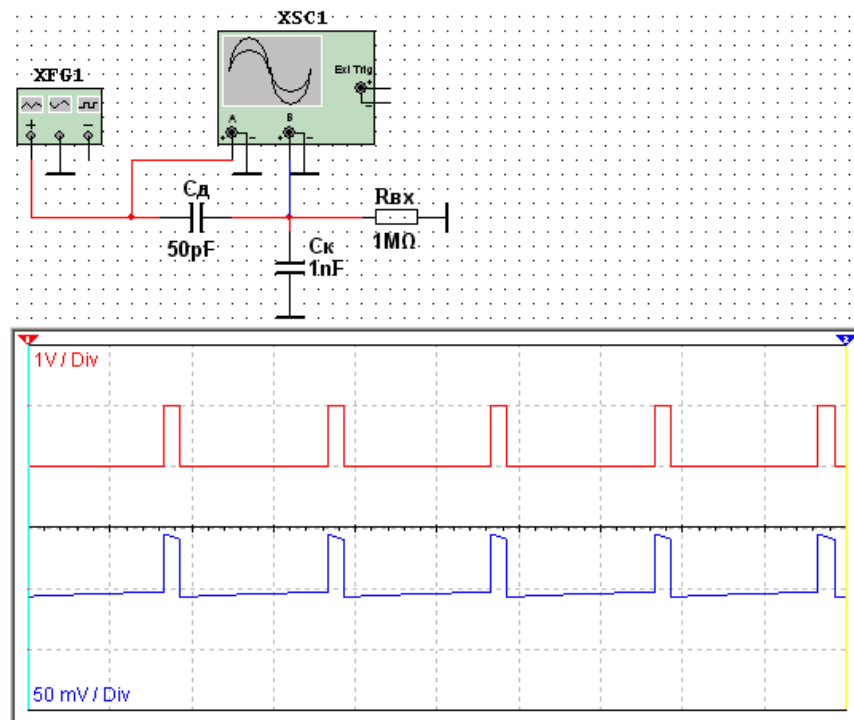


Рисунок 2.3 – Вхідний та вихідний сигнали ємнісного сенсора із використанням компенсаційної ємності.

Без урахування вхідного опору реєструючого обладнання коефіцієнт передачі ємнісного дільника визначається наступним співвідношенням: $K_p = C_d / (C_d + C_k)$. Як видно із співвідношення, що більше значення ємності C_k тим менше буде значення напруги на виході ємнісного дільника. Для ідеального ємнісного дільника без урахування вхідного опору реєструючого обладнання C_k можна взяти як завгодно мале, при цьому форма сигналу на виході дільника точно відповідатиме формі сигналу на його вході.

При врахуванні вхідного опору співвідношення визначення коефіцієнта передачі стає набагато об'ємніше, але залежність K_p від C_k залишається тією ж. Вхідний опір реєструючого обладнання напряму не впливає на K_p , воно визначає ступінь спотворення, що вноситься.

У разі збільшення вхідного опору спотворення форми вимірюваної напруги значно зменшуються. У більшості випадків вхідний опір практично всіх осцилографів використовуються для автодіагностики знаходиться в діапазоні 1 МОм. Тому при безпосередньому підключенні датчика до входу осцилографа (без спеціалізованого адаптера) $R_{вх}$ можна прийняти за константу, і обмежитися варіюванням тільки C_k . Зняття форми вторинної напруги датчиком засноване на наявності паразитного ємнісного зв'язку, що виникає між струмопровідним електричним провідником та ємнісною пластиною датчика.

Нами був виготовлений сенсор із металевої лінійки, ізолянти, монети 5 копійок, компенсаційної ємності 1 нФ та щупів від осцилографа типу «крокодил».

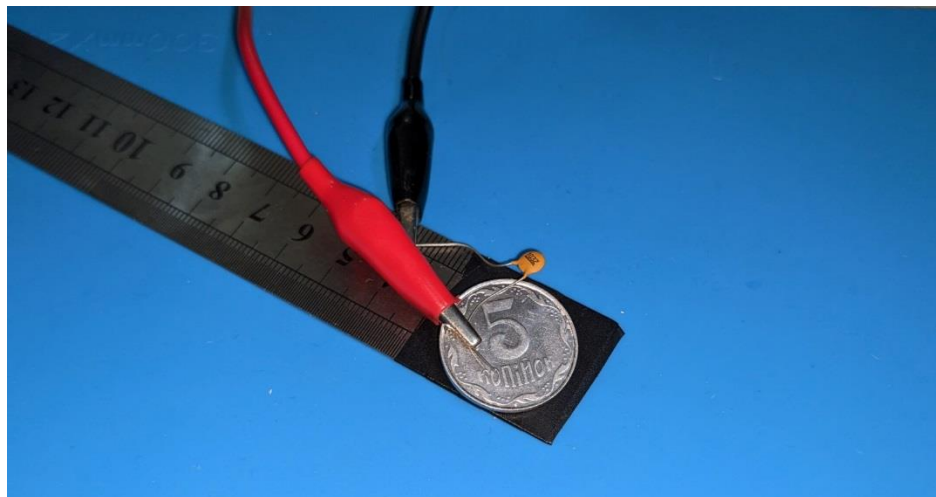


Рисунок 2.4 – Дослідний ємнісний сенсор

Слід відмітити, що виготовлення такого сенсора займає буквально 5 хв часу. Проте дослідним шляхом ми спробуємо підтвердити ефективність його використання.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Для забезпечення ефективності та надійності роботи автомобільного двигуна на високому рівні необхідно вчасно виявляти та попереджувати виникнення несправностей під час його експлуатації. Технічний стан двигуна можна визначити за допомогою зовнішнього огляду, комп'ютерної діагностики, прослуховування роботи систем управління, вимірювальних приладів і відповідного діагностичного обладнання, а також перевірки їх показників.

Під час зовнішнього огляду звертають увагу на цілісність двигуна та перевіряють наявність витоків у системах змащення, подачі палива і охолодження.

Для комп'ютерної діагностики використовуються різні пристрої, такі як Bosch KTS, WOW, Delphi, Thinkdiag. Варто враховувати, що не всі несправності в електронних системах сучасних автомобілів можна виявити виключно за допомогою комп'ютерної діагностики. Це пояснюється складністю нових систем і великою кількістю датчиків і виконавчих механізмів. Крім того, для перевірки справності системи подачі палива дизельного двигуна необхідно використовувати компресійні манометри, димові пристрої для виявлення витоків у системі подачі повітря та різноманітні випробувальні стенди. Для розширеної діагностики рекомендується використовувати цифрові осцилографи, струмові кліщі та ємнісні сенсори. Цей метод іноді може заощадити час під час діагностики несправностей і зменшити людські витрати, пов'язані зі складанням і розбиранням елементів системи подачі палива акумуляторної паливної системи.

Процес експериментальних вимірювань проводився за допомогою струмових кліщів, цифрового осцилографа, дослідного ємнісного сенсора на 4-ох циліндровому дизелі F9Q803 автомобіля Renault Megane 2.

3.1 Тест відносної компресії в циліндрах двигуна

На рис. 3.1 показано осцилограму струму стартера при запуску справного дизельного двигуна.

Як видно з отриманої осцилограми, спостерігається початкове різке збільшення величини струму (струм досягає 300 А), після чого починається прокручування двигуна стартером. В подальшому видно фактично однакові коливання струму по формі осцилограми поциліндрово. Це свідчить про те, що значення компресії у всіх циліндрах є приблизно однаковими, оскільки не видно великих розбіжностей у коливанні струму стартера по циліндрах.

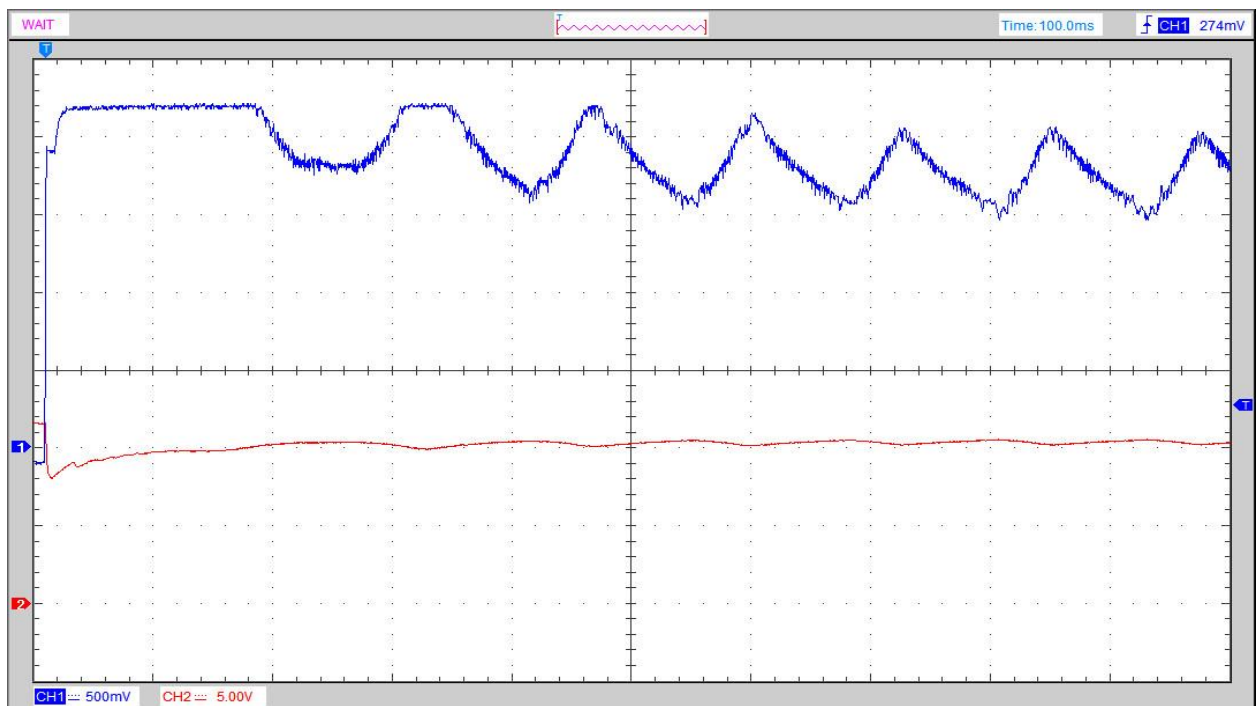


Рисунок 3.1 – Осцилограма струму стартера при прокручуванні двигуна.

Такі вимірювання є відносними, оскільки саму величину компресії ми не можемо визначити, проте при нерівномірній роботі двигуна і такому результаті тесту ми можемо стверджувати, що в даному випадку проблем із циліндро-поршневою групою не існує, а проблема полягає у функціонуванні паливоподаючої апаратури. Такий метод вимірювання суттєво дозволяє зекономити час та кошти стосовно безпосереднього вимірювання компресії.

3.2 Тестування клапану EGR

Для тестування клапану рециркуляції нами було використано розроблений нами прилад. На рис.3.2 зображено осцилограму вихідного сигналу сенсора положення клапана рециркуляції при подачі керуючого сигналу на його відкривання та закривання.

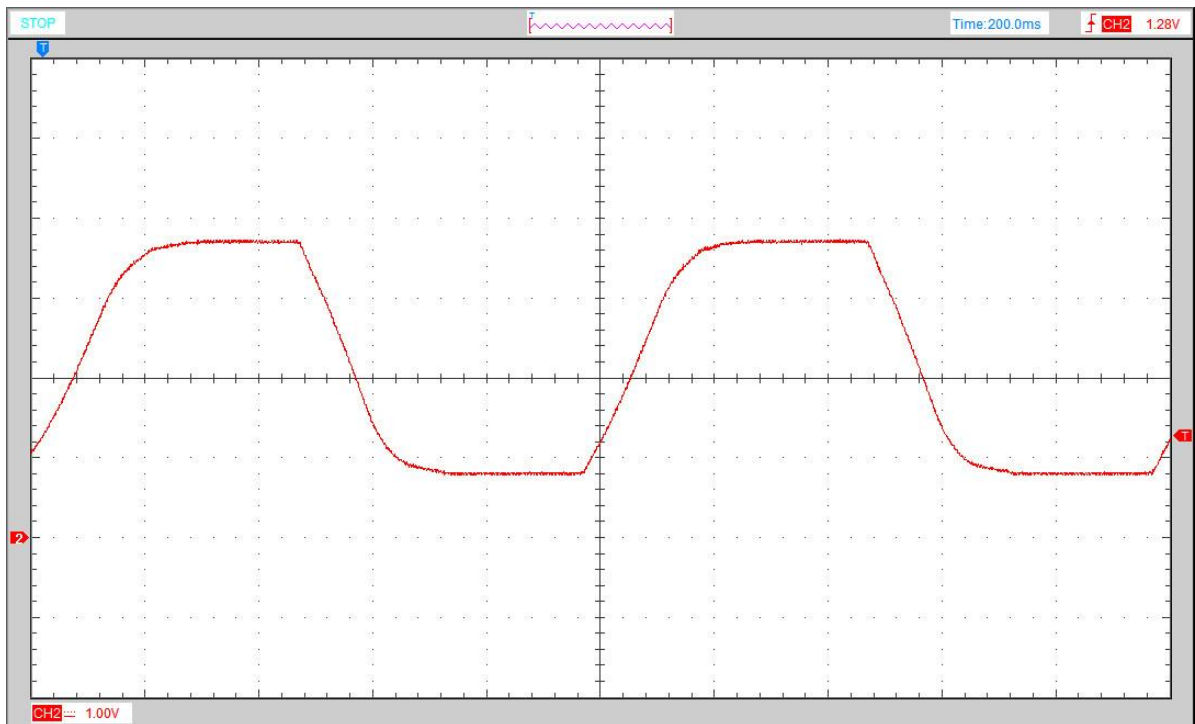


Рисунок 3.2– Осцилограма вихідного сигналу сенсора положення клапана рециркуляції.

При цьому частота керуючого сигналу становила 1 Гц, при коефіцієнті наповнення сигналу 50%. Як бачимо із осцилограми, сигнал є чітким, без розривів та провалів, що свідчить про відмінну роботу клапана EGR, без підклинювань. Напруга сенсора положення клапана становить 0,8В у закритому положенні та 4,7В при повністю відкритому клапані. Очевидно, що і даним приладом можна аналогічно протестувати електронну дросельну заслінку.

Тобто провівши таку діагностику клапана EGR можна однозначно впевнитись про його справність, при цьому не демонтуючи вузол із двигуна автомобіля.

3.3 Дослідження сигналу із паливної форсунки

На рис.3.3 зображено осцилограму, зняту за допомогою дослідного ємнісного сенсора, під час роботи двигуна в режимі холостого ходу.

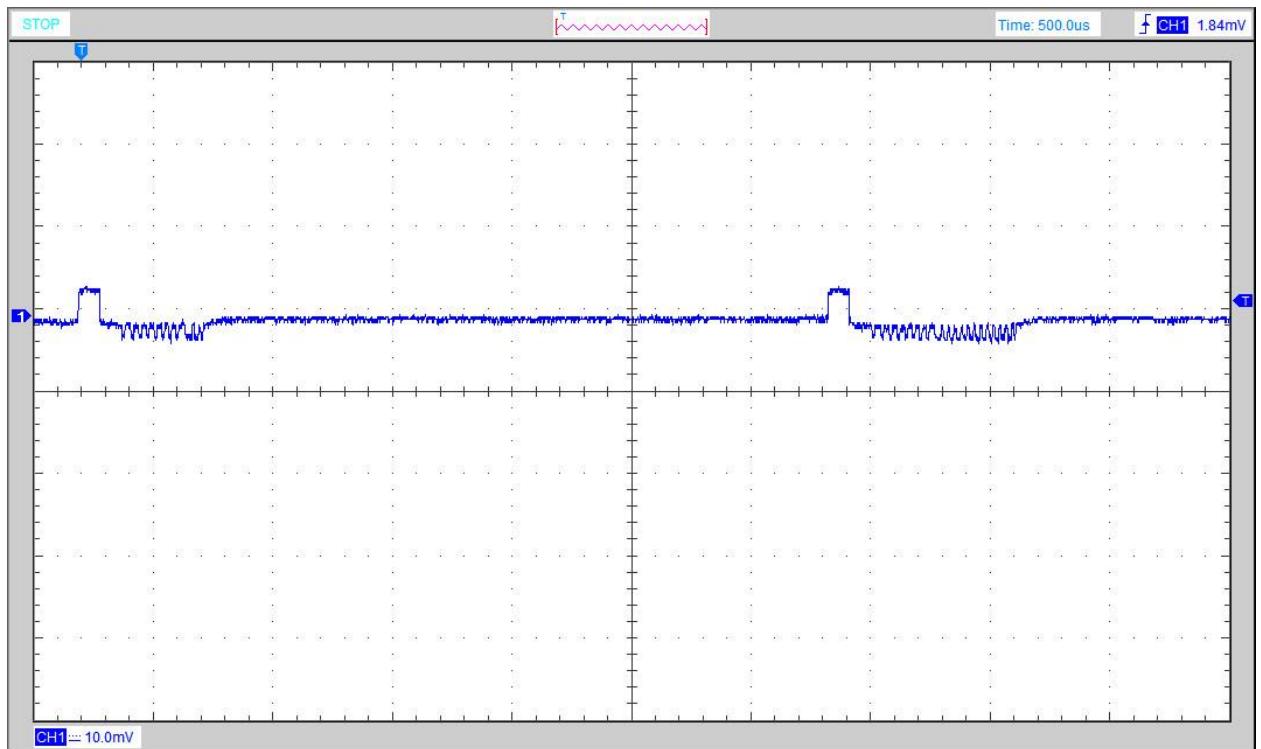


Рисунок 3.3 – Осцилограма сигналу впорскування паливної форсунки, знята за допомогою ємнісного сенсора в режимі холостого ходу

Як видно з рис.3.3, чітко можна розрізнити попереднє та основне впорскування. При цьому час величина напруги вихідного сигналу із сенсора досить таки суттєво звід розташування ємнісного сенсора відносно котушки паливної форсунки. Як було описано вище, ємнісний сенсор може лише надати інформацію про форму сигналу, але при цьому ми не отримуємо інформацію про його реальні фізичні величини. Перевагою використання ємнісного сенсора є те, що ми маємо можливість оперативно отримати інформацію про те, чи присутня напруга керування на форсунці, і чи вона є справною (тобто споживає струм), не роблячи жодних електричних під'єднань до самої форсунки, що в певних випадках є досить проблематичним.

Для порівняння на рис.3.4 зображено осцилограму протікання напруги, що подається на форсунку при таких же самих умовах.

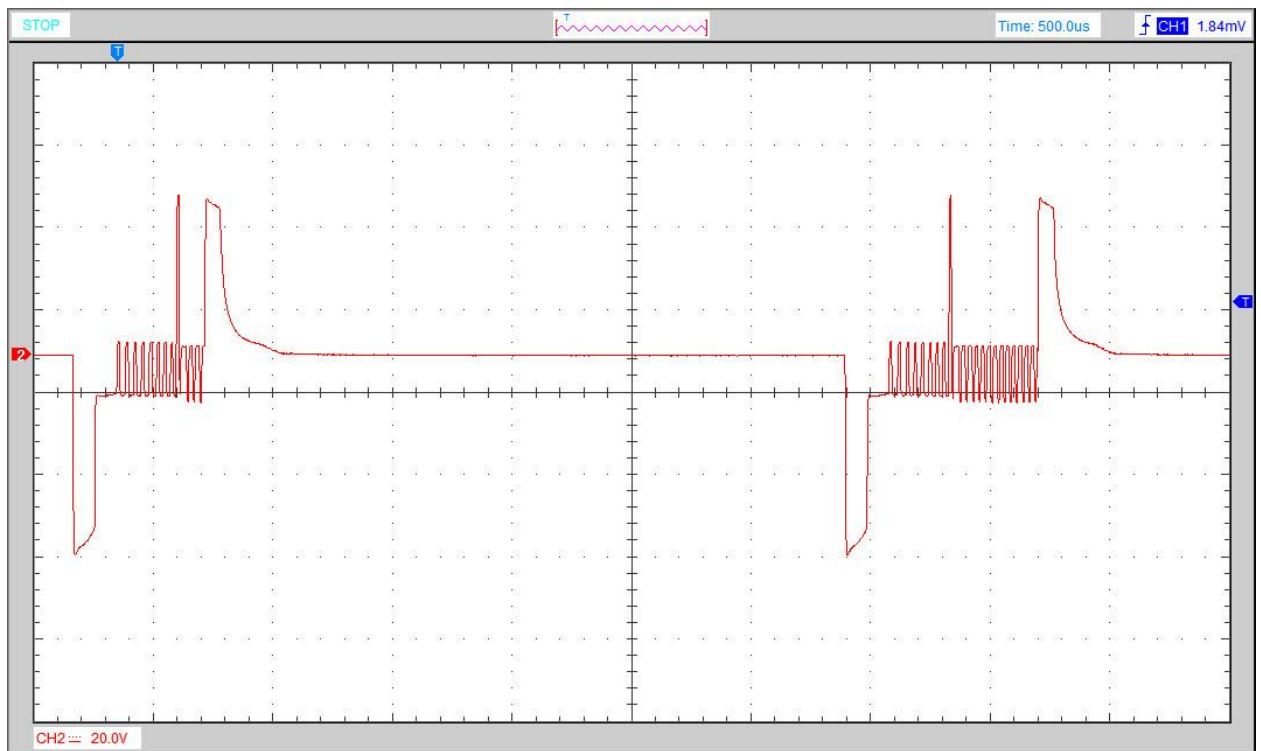


Рисунок 3.4 – Осцилограма струму при обриванні насосної секції паливного насосу.

В даному випадку осцилограму ми знімали при безпосередньому під'єднанні щупів осцилографа до роз'єму форсунки. З рис.3.4 бачимо, що максимальна напруга, що подається на форсунку становить 50В, час попереднього впорскування становить 0,5 мс, час основного впорскування становить 0,8 мс. Порівнюючи осцилограми бачимо, що форма сигналу є ідентичною.

3.4 Дослідження сигналу регулятора тиску палива

На рис.3.5 відтворено осцилограму напруги на регуляторі тиску палива, що отримана за допомогою дослідного ємнісного сенсора, а на рис.3.6 – осцилограма, отримана за допомогою використання струмових кліщів.

Порівнюючи обидві осцилограми можна стверджувати, що форма сигналу є ідентичною, частота керуючого сигналу становить 200 Гц, а коефіцієнт наповнення керуючого сигналу – 60%.

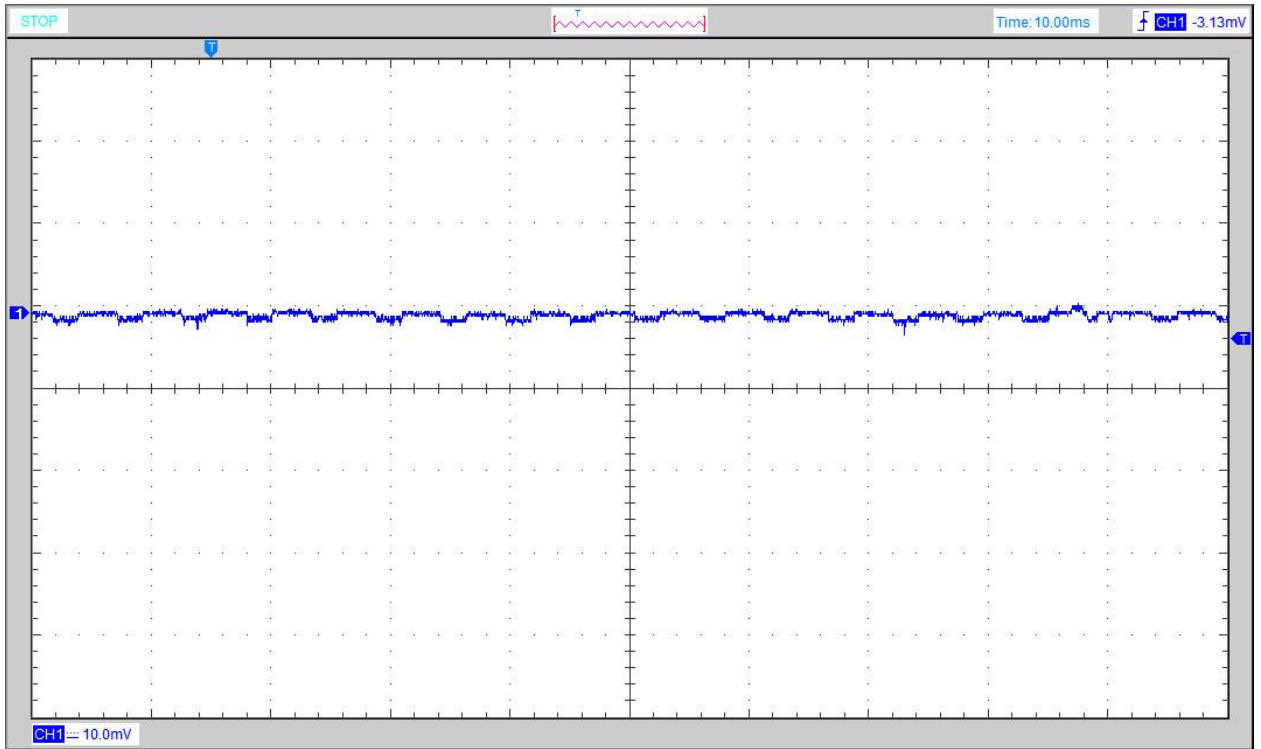


Рисунок 3.5– Осцилограма роботи регулятора тиску, отримана за допомогою ємнісного сенсора

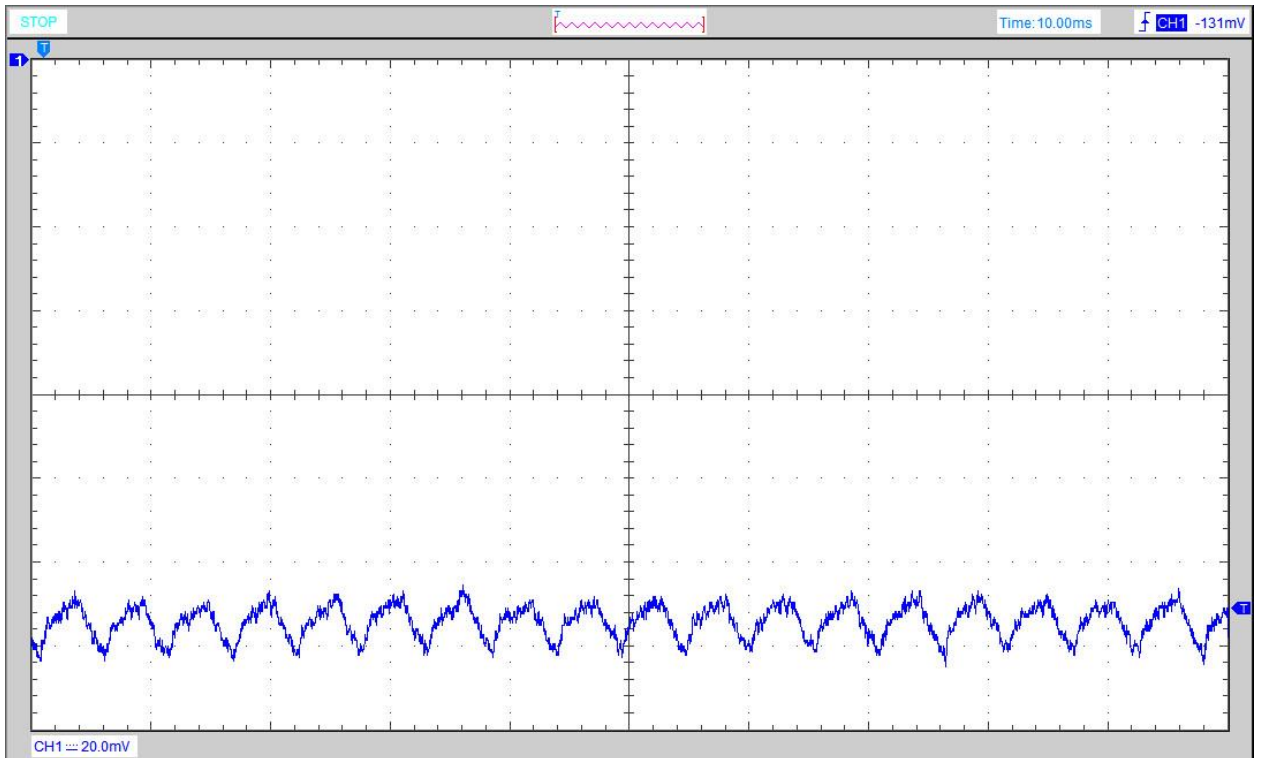


Рисунок 3.6 – Осцилограма роботи регулятора тиску, отримана за допомогою струмових кліщів

Із рис.3.6 можемо судити про індуктивну складову перебігу струму, оскільки він має пилкоподібну форму, що пов'язано із насиченням магнітного поля під час роботи регулятора тиску палива.

На рис.3.7 зображено процес проведення вимірювань під час використання дослідного ємнісного сенсора.

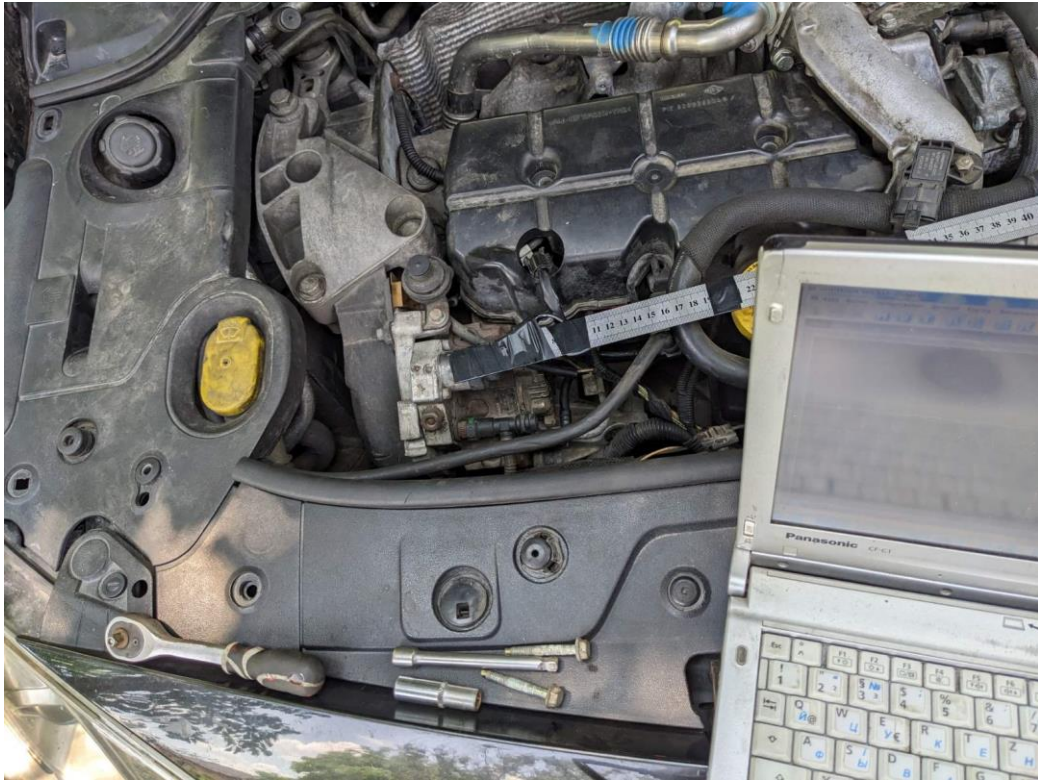


Рисунок 3.7 – Процес експериментальних досліджень із використанням ємнісного сенсора.

Застосування цифрових осцилографів, струмових кліщів та ємнісних сенсорів може покращити швидкість діагностики проблем в електричній системі паливоподачі автомобіля, дослідити форму електричного сигналу, а також значно зменшити час, необхідний для усунення несправностей.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 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. 4.1) 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 з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистичне незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні - послідовно.

Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій. Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання в галузях автомобільного господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. [22]

Таблиця 4.1
 Моделювання травмонебезпечних і аварійних ситуацій

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечній ситуації
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Монтаж-демонтаж ПНВТ двигуна	Монтаж ПНВТ на автомобіль здійснюється вручну НУ	Можливе випадкове увімкнення двигуна НД ₁ Можливе падіння ПНВТ НД ₂	Можливе падіння ПНВТ на працівника, взаємодія двигуна із органами працівника	Травма, аварія	Автомобіль повинен бути знеструмлений перед монтажем, користуватись спеціальним взуттям
<p>НУ → НД₁ → НС → Т ↑ НД₂</p> <p>Модель процесу</p>					
Виконання розбирально-складальних операцій	Неналежний технічний стан інструменту НУ	Зривання ключа з граней кріпильних елементів НД	Удар кистю руки об елементи стенду НС	Травма	Використання справного інструменту
<p>НУ → НД → НС → Т</p> <p>Модель процесу</p>					

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 травмонебезпечних 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 кожну з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків (табл. 4.1). 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 травмонебезпечних аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

4.2 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 автомобілями, що установлені на цих постах, а також між автомобілями і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування.

Установлювати автомобілі 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 автомобілів з працюючим двигуном повинні застосовуватись пристрої для відведення відпрацьованих газів.

Забороняється у виробничих приміщеннях, де знаходяться автомобілі, 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.

4.3 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. Рациональне 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.

$$P = P_u \cdot S = 10,8 \cdot 90 = 972 \text{ Вт}, \quad (4.1)$$

де P – електрична потужність ламп, Вт;

P_u – питома потужність, Вт/м²;

S – площа приміщення, м².

Маючи питому потужність ламп, можна визначити кількість ламп певної потужності. У розроблювальній зоні використовуються світлодіодні лампи потужністю 40 Вт, їх світлова віддача становить 44-70 лм Вт, термін служби таких ламп становить 10000 год.

$$n = P/P_n = 16393,6/400 = 40,98$$

Приймаємо $n=6$ шт.

Лампи використовуються разом із світильниками. Світильники призначені для перерозподілу світлового потоку з метою підвищення економічності освітлювальної установки, для захищення очей від дії джерел

світла великої яскравості, для захисту джерел світла від забруднення і механічного пошкодження, забезпечення пожежної і вибухової безпеки, для закріплення лампи. Світильники є трьох типів: прямого світла, розсіяного і відбитого. По призначенню діляться на світильники загального і місцевого освітлення. При використанні люмінесцентних ламп для освітлення виробничих приміщень з малою запиленістю і нормальною вологістю використовуються світильники типу ОД, а в приміщеннях з вмістом пилу і вологи закриті світильники ПВЛ (пилевологозахисний люмінесцентний)

Вихідні дані:

$a = 10$ м – довжина приміщення ;

$b = 9$ м –ширина приміщення;

$H = 4,2$ м –висота приміщення;

Поверхні стендів, столів знаходяться на висоті $h_p = 1,0$ м.

Мінімальна освітленість, враховуючи категорію робіт, 200 лк.

Площа приміщення $S=90$ м².

Коефіцієнт запасу освітленості $K=1,5$ при коефіцієнті нерівномірності освітлення $Z=1,2$.

Враховуючи специфіку ділянки використаємо світильник з матовим склом. З конструктивних міркувань висота підвіски світильника.

$$h_c = (0.2-0.6)H = 0,5 \cdot 4,2 = 2,1 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунок:

Висота підвішування світильника.

$$H_c = H - h_c - h_p = 4,2 - 2,1 - 1,0 = 1,3 \text{ м;}$$

$$\frac{L}{H_c} = 2.82$$

тоді

$$L = 1,3 \cdot 2,82 = 3,68 \text{ м.}$$

Кількість світильників визначаємо за формулою:

$$n = \frac{S_n}{L^2} = \frac{90}{3,68^2} = 6.02$$

Приймаємо 6 світильників. Причому розміщуємо їх в 2 ряди: в I – 3 світильники, в II – 3 світильники.

Визначаємо показник приміщення

$$i = \frac{S_n}{H_c(a + b)} = \frac{90}{1.3(10 + 9)} = 3.64$$

Визначаємо коефіцієнт використання установки: при $i = 3.64$ для вибраного типу світильника $\eta = 57\%$ – коефіцієнт використання світлового потоку ламп; $\rho_c = 70\%$ – коефіцієнт відбиття стелі; $\rho_{cm} = 50\%$ – коефіцієнт відбиття стін.

Визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F_l = \frac{E_{min} S_n z k}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 90 \cdot 0.5 \cdot 0.7}{6 \cdot 0.57} = 1842 \text{ лм}$$

Згідно ДСТУ 2039-60 вибираємо лампу потужністю 100 Вт при напрузі $U=220 \text{ В}$ з фактичним світловим потоком 3000 лм.

Фактична освітлюваність

$$E_\phi = E_{min} \frac{F_{лфакт}}{F_l} = \frac{200 \cdot 3000}{1842} = 325 \text{ лм}$$

Висновок: згідно розрахунку штучне освітлення на ділянці відповідає вимогам існуючих норм, так як $E_\phi > E_{min}$.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

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 автомобілів [24].

Розрахувати економічну ефективність нашої дипломної роботи 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.

5.1 Визначення затрат на оплату праці робітників

Основна оплата праці рахується слідуючим чином.

$$З_{\text{осн}} = T_{\text{рм}} * C_{\text{гр}} * K_{\text{днч}}, \text{ грн.}$$

де, $T_{\text{рм}}$ – загальна трудомісткість станції,

$$T_{\text{рм}} = 4900 \text{ люд.год.};$$

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

$K_{\text{днч}}$ – 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:

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

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 авто становить приблизно 4... 6 люд.-год., тоді кількість обслуговувань автомобілів на рік становитиме 690 авто/рік.

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:

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

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

$$С_{\text{м}} = 690 * 200 = 138000 \text{ грн.}$$

Уся заробітна плата працівнику сервісної станції:

$$З_{\text{зг}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}} + З_{\text{нар}} = 280280 + 33634 + 114568 = 428482 \text{ грн. ;}$$

Загальна сума прямих витрат за рік складатиме :

$$С_{\text{пв.}} = 138000 + 138000 = 276000 \text{ грн.}$$

Накладні затрати $С_{\text{н.в}} = С_{\text{з.в}} + С_{\text{з.г}} + С_{\text{п.в}}$.

де , $С_{\text{з.в}}$ – загально-виробничі витрати, грн.;

$С_{\text{з.г}}$ – загально-господарські затрати, грн.;

$С_{\text{п.в}}$ – позавиробничі затрати, грн.;

Загально-виробничі затрати визначаємо згідно формули:

$$С_{\text{зв}} = З_{\text{птп, моп}} + С_{\text{д.м}} + С_{\text{з.а}} + С_{\text{з.пр}} + С_{\text{з.уст}} + С_{\text{з.ел}} + С_{\text{з.пар}} + С_{\text{з.поб}} + С_{\text{з.оп}} + С_{\text{зох.п}} + С_{\text{зрац}} + С_{\text{п-т}} + С_{\text{рем}} ;$$

$З_{\text{птп, моп}}$ – річна оплата праці, грн.

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

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

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

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

$S_{ЗА}$ – 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.

5.2 Визначення вартості основних фондів

Розрахунок об'єму будівлі :

$$V_B = F * h = 90 * 4,2 = 378 \text{ м}^3 ,$$

де, F – площа будівлі сервісу, м^2 ;

h – висота будівлі сервісу, м.

Ціна будівлі :

для нашого випадку становитиме:

$$V_{Зб.с} = 1200 * V_B = 378 * 1200 = 453600 \text{ грн.}$$

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

$$V_{Зобл} = 0,7 * V_{Зб.с} = 0,7 * 453600 = 317520 \text{ грн.}$$

Сумарна ціна основних виробничих фондів :

$$\Phi_{Ц_{осн}} = (V_{Зобл} + V_{Зб.с}) * K_{к_{інш}} * K_{к_{інд}}$$

де , $K_{к_{інш}}$ – коефіцієнт , що враховує інші основні фонди , $K_{к_{інш}} = 1,21$,

$K_{к_{інд}} = 1,12$ – коефіцієнт, що враховує рівень індексації зростання у будівництві .

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

$S_{ЗПР}$, $S_{ЗУСТ}$ – затрати щодо утримання та проведення ремонту будівлі за рік беремо 13% від балансової вартості основних фондів :

$$S_{ЗПР} + S_{ЗУСТ} = 0,13 * 1045021 = 135852 \text{ грн.}$$

$S_{ЗЕЛ}$ – затрати по електроенергії

Амортизаційні відрахування

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

Загальногосподарські затрати :

$$C_{зг} = (0,4 \dots 0,6) \cdot Z_{зар} = 0,55 \cdot 158634,8 = 79816,4 \text{ грн.},$$

Позавиробничі затрати :

$$C_{пв} = (0,05 \dots 0,1) \cdot Z_{зар} = 0,08 \cdot 158634,8 = 13622,61 \text{ грн.}$$

Загальна сума накладних витрат в проектному періоді складе :

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

Повна собівартість всіх робіт по ремонту :

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

а) Затрати електроенергії на силові потреби

- електроенергія для технологічних потреб :

$$P_{ссил} = N_{вобл} \cdot \Phi_p \cdot K_z \cdot K_{звтр} ;$$

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

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

K_z – коефіцієнт завантаження , $K_z = 0,9$,

Φ_p – річний фонд робочого часу , $\Phi_p = 2080 \text{ год}$,

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

б) затрати електроенергії для освітлення робочого місця:

$$P_{сосв} = N_{собл} \cdot \Phi_{зр} \cdot K_{звдк}$$

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

$N_{собл}$ – зальна потужність освітлення ,

$K_{\text{ВІДК}}$ – коефіцієнт відключень , $K_{\text{ВІДК}} = 0,85$;

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

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

Повна сума споживаної електроенергії становитиме :

$$C_{\text{ЕЛ}} = (P_{\text{СИЛ}} + P_{\text{ОСВ}}) \cdot C_{\text{е}},$$

де , $C_{\text{е}}$ – ціна за 1 кВт•год = 4,50 грн.

$$C_{\text{ЕЛ}} = (5435,86 + 248) * 4,50 = 25577,37 \text{ грн.},$$

$C_{\text{ПАР}}$ – затрати на використання технологічного пару та води, стиснене повітря , становлять 1,81 грн. на ремонтну одиницю, отже при кількості $N = 690$ 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,

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

$C_{\text{ОХ.ПР}}$ – затрати на охорону праці , становлять 50 – 65 грн. на одного робітника .

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

$C_{\text{РАЦ}}$ – 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 :

$$C_{\text{ЗВ}} = (Z_{\text{ПІП, МОП}} + C_{\text{Д.М}} + C_{\text{А}} + C_{\text{ПР}} + C_{\text{УСТ}} + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{ПАР}} + C_{\text{ПОБ}} + C_{\text{ОП}} + C_{\text{ОХ.П}} + C_{\text{РАЦ}} + C_{\text{П-Т}}) * C_{\text{РЕМ}}$$

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

Собівартість одиниці ремонту по затратах становитиме:

$$S_{од.ф.} = \frac{C_{ПОВ}}{N} = \frac{847475,01}{690} = 1228,22 \text{ грн.}$$

Собівартість одиниці ремонту згідно відпускних цін :

$$S_{од.відп.} = \frac{C_{ВП}}{N} = \frac{1145687,2}{690} = 1710,13 \text{ грн.}$$

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

5.3 Визначення прибутку

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

$$ПРо = C_{ВП} - C_{ПОВ}$$

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

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

$$P = \frac{ПРо}{C_{ПОВ}} = \frac{298212,19}{847475,01} \cdot 100\% = 35,19\%$$

Коефіцієнт використання виробничих площ :

$$K_{кп} = C_{ВП} / P_{длльн} = 1185688,2/90 = 13174,51 \text{ грн/м}^2 ;$$

Коефіцієнт фондівдачі :

$$K_{ф} = C_{ВП} / K_{заг} = 1185688,2/912600 = 1,3 \text{ грн/грн}$$

Коефіцієнт загальної економічної ефективності :

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

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

Термін окупності капіталовкладень :

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

Усі основні показники вносимо в табл. 5.2.

Основні показники економічних розрахунків

№	Показники роботи	Умовне позначення	Одиниці вимірювання	Числове значення
1	Загальні вкладення капіталу	Ккзаг	грн.	1480480
2	Загальна трудоємність	Т _{прм}	люд.-год.	4900
3	Вартість продукції	СзВП	грн.	1145687,2
4	Кількість обслуговувань	N	шт./рік	690
5	Собівартість всіх виконаних ремонтних робіт	Сз _{пов}	грн.	847475,01
6	Вартість одиниці ремонту : а) фактична б) відпускна ціна	S _{зод.ф}	грн.	1228,22
		S _{зод.відп}	грн.	1710,13
7	Середня річна оплата праці працівника	Сз _{сер}	грн.	114568
8	Прибуток	ПРз	грн.	298212,19
9	Рівень рентабельності коштів	Рр	%	35,19
10	Продуктивність праці працівників	ПП	грн.	587845,6
11	Коефіцієнт використання площ	Ккп	грн./м ²	13174,51
12	Коефіцієнт фондівдачі	Ккф	грн./грн.	1,3
13	Термін окупності	Т _{заг}	роки	3,22

Отже, в даному розділі нами проведено розрахунок економічної ефективності підприємства, на якому працюють два працівники при проведенні діагностики та ремонту автомобілів.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз вимог, що стосуються систем подачі палива сучасних дизельних двигунів.
2. Описано будову та принцип функціонування системи типу Common Rail DCP. Описано основні компоненти, принцип їх функціонування та виконавчі механізми. Описано будову та принцип функціонування насосу високо тиску та форсунок системи DCP.
3. Розроблено прилад для діагностики клапана рециркуляції відпрацьованих газів. Розроблено простий ємнісний сенсор для використання під час діагностики електронних компонентів дизельних двигунів із використанням цифрового осцилографа.
4. Проведено тест відносної компресії циліндрів дизельного двигуна за допомогою струмових кліщів. Проведено аналіз осцилограм отриманих за допомогою розробленого ємнісного сенсора, в результаті чого підтверджено, що за його допомогою можна отримати візуальну форму електричного сигналу виконавчих механізмів при проведенні діагностики системи подачі палива.
5. У роботі були наведені інструкції з техніки безпеки для проведення ремонту паливної системи автомобіля. Також був виконаний структурний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій. Додатково, була описана методика розрахунку освітлення робочого місця.
6. Було здійснено розрахунок економічної вигоди при впровадженні запропонованої розширеної діагностики у будівлю для діагностики та поточного ремонту паливних систем дизельних двигунів. Термін окупності проекту становить 3,22 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Robert Bosch GmbH. Diesel-Engine Management. Automotive technology. Wiley, 2004. 489 pp.
2. Kiencke U., Nielsen L. Automotive Control Systems. 2-е вид. Springer-Verlag, 2005. 512 с.
3. Tschöke H., Mollenhauer K. Handbook of Diesel Engines. Springer, 2010. 636 pp.
4. Halderman J.D. Automotive technology. Boston: Prentice Hall, 2011. Electronic Book.
5. Reif K. Fundamentals of Automotive and Engine Technology: Standard Drives, Hybrid Drives, Brakes, Safety Systems. Springer, 2014. 277 pp.
6. Seungwoo Hong J.S.J.S. Coordinated control strategy for the common-rail pressure using a metering unit and a pressure control valve in diesel engines / Journal of automotive engineering. Чеп. 2014. Vol. 229. pp. 898-911.
7. Sean B. Modern Diesel Technology: Diesel Engines. / Delmar: Cengage Learning, 2010. 339 pp.
8. Bosch. Automotive Mechatronics. Automotive Networking, Driving Stability Systems, Electronics. Springer Vieweg, 2015. 538 pp.
9. Pal B.A.K.&.S.A. Automobile Engineering. S. Chand Publishing, 2014. 358 pp.
10. Siemens VDO. Piezo Common Rail PCR 2.3 NGD 3.0E. 2005. - 154 pp.
11. Delphi. COMMON RAIL MANUAL. PRINCIPLES OF OPERATION. Delphi France SAS, 2007. 83 pp.

12. Nikzadfar, Kamyar & Shamekhi, Amir. More than one decade with development of common-rail diesel engine management systems / Journal of Automobile Engineering, 2014. P. 229.
13. Reif, Konrad; Bosch Professional Automotive Information. Gasoline Engine Management: Systems and Components. Springer, 2014. 354 pp.
14. Robert Bosch GmbH. Automotive Electrics/Automotive Electronics (Bosch Handbooks (REP)). Wiley, 2004. 504 pp.
15. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
16. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 3rd ed. / Plochingen: Springer, 2007. 530 pp.
17. Srinivasan S. Automotive Mechanics. Tata McGraw-Hill Education, 2003. 185 pp.
18. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. / Львів: Видавництво НУЛП, 2006. 440 с.
19. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004. 168 с.
20. Fritzing Official Site [Електронний ресурс] / Fritzing: [сайт]. [2023]. URL: <https://fritzing.org/download/> (дата звернення: 2.3.2023).
21. Capacitive sensing [Electronic resource] / Wikipedia: [site]. [2023]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Capacitive_sensing (day accessed: 2.4.2023).
22. Жидецький В.Н. Д.В.С..М.О.В. Основи охорони праці. / Львів: Афіша, 2001. 349 pp.
23. Гряник Г.М. Охорона праці. / Київ: Урожай, 1994. 272 pp.
24. Бойко І.М. Економіка підприємства. / Київ: Кондор, 2016. 378 с.