

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ І ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження паливних форсунок системи
живлення бензинового двигуна»

Виконав: студент VI курсу групи Ат-62
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Тарас ВЕРГУН

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Вергун Т. А. Дослідження паливних форсунок системи живлення бензинового двигуна: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 66 с.

Табл. 1; рис. 17; бібліогр. джерел 28.

Представлено методику використання віртуального середовища "Electude" для комп'ютерної діагностики сучасного двигуна.

Розраховано тепловий баланс інжекторного двигуна за некоректної роботи паливної апаратури, що призвело до переходу електронного блоку керування в аварійний режим роботи.

Представлено обладнання та висвітлено і досліджено вплив непрацюючої паливної форсунки на роботу системи «Motronic».

Описано заходи, для забезпечення безпеки під час комп'ютерної діагностики автомобіля, за різних швидкісних характеристик двигуна.

Розраховано економічні витрати, при переході двигуна в аварійний режим, що становлять близько 22093,83 грн./ рік.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Електронне обладнання для управління бензиновим двигуном	8
1.2 Виконавчі механізми управління двигуном внутрішнього згорання	11
1.3 Центральне упорскування	15
1.4 Безперервне впорскування	16
1.5 Ефективність інжекторного двигуна	17
Висновки до розділу 1.....	22
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Розрахунок теплового балансу бензинового двигуна за непрацюючої паливної форсунки	23
2.2 Розрахунок руху повітряного заряду через впускний електромагнітний клапан	25
2.2.1 Обґрунтування основних сил, що діють на потік повітря.....	27
Висновки до розділу 2.....	30
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	31
3.1 Робота електронного блоку управління двигуном	31
3.1.1 Призначення та типи постійних пристроїв	33
3.2 Режими роботи двигуна з ЕБУ	34
3.3 Методика перевірки інжекторних форсунок без іншого демонтажу	37
3.4 Діагностика паливних форсунок у випадку їхнього демонтажу.....	40
3.5 Дослідження паливних форсунок, з використання діагностичного комп'ютерного обладнання.....	42
3.6 Результати теплового балансу інжекторного двигуна за непрацюючої паливної форсунки.....	44
Висновки до розділу 3.....	45
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	46
4.1 Можливі небезпечні ситуації під час технічної і компютерної діагностики автомобіля.....	46

4.2 Пожежна безпека.	48
4.3 Охорона праці обслуговуючого персоналу.....	51
4.4 Організаційно-технічні рекомендації	52
Висновки до розділу 4.....	56
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	57
5.1 Економічні витрати.....	57
5.2 Взаємозв'язок паливної системи із сенсором кисню, що суттєво впливає на економічність двигуна	58
5.3 Експлуатаційні витрати	59
Висновки до розділу 5.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

До сучасного автомобільного бензинового двигуна висувають наступні вимоги:

- Висока економічність;
- Виконання норм ЄВРО з токсичності;
- Низькі показники по шумності;
- Комфортність управління.

Виконання цих вимог, особливо, щодо економічності та токсичності, можливе лише при використанні електронних систем.

Якщо у карбюраторних системах паливоподачі, практично не використовувалась електроніка, то сучасні системи запалювання та впорскування палива, управляються лише електронними блоками управління [1]-[7].

В основу роботи системи впорскування палива, слід зазначити наступне: повітря, що надходить у двигун, вимірюється спеціальним давачем витрати повітря, і дані переносяться у комп'ютер (електронний блок управління), що аналізує їх із урахуванням значень різних параметрів, закладених у його пам'яті (температура повітря, температура двигуна, ступінь відкриття дросельної заслінки, частота обертання колінчастого валу і інш.) та розраховує необхідну кількість палива, для спалювання. Цю інформацію, ЕБУ перетворює у електричний імпульс необхідної тривалості на відкриття форсунки, що відповідно зумовлює процес впорскування палива у впускну магістраль. Даний процес повинен відбуватися завчасно, коректно до роботи системи газорозподілу та максимально економічно на всіх режимах роботи інжекторного двигуна.

Незважаючи на надійність роботи електронної системи управління двигуном, все ж таки виникають проблеми у роботі виконавчих електронних елементів, до переліку яких, входять електромагнітні паливні форсунки. Їхня

справна робота, є залежною від використання якісного палива, механічних ушкоджень та вчасного енергетичного забезпечення.

Тому, наші дослідження будуть стосуватися електромагнітних паливних форсунок, коли двигун внутрішнього згорання перебуває у різних експлуатаційних умовах (за різних швидкісних характеристик, змінних температурних режимів та впливу випадкових негативних факторів).

Відповідно, своєчасне використання сучасного діагностичного обладнання, дозволить зберегти експлуатаційний ресурс паливних форсунок та у цілому двигуна із точковою подачею палива.

Метою кваліфікаційної роботи, є дослідження паливних форсунок з електронним управлінням та їхня залежність від інших систем двигуна.

Для цього необхідно:

1. Провести техніко-економічне обґрунтування роботи бензинових двигунів із сучасними електронними системами живлення.
2. Розрахувати тепловий баланс інжекторного двигуна за справної і несправної паливної системи.
3. Обґрунтувати результати роботи паливної системи (електромагнітних форсунок та електричного бензонасосу) двигуна з електронним управлінням.
4. Представити охорону праці і техніку безпеки та дослідити економічні витрати за несправної паливної апаратури сучасного бензинового двигуна.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Електронне обладнання для управління бензиновим двигуном

Електронні системи управління двигуном (ЕСУ) поділяються на два типи: імпульсного та безперервного впорскування.

У системах імпульсного типу, форсунки відкриваються імпульсним електричним сигналом та кількість палива, що впорскується в циліндри, залежатиме від тривалості електричного сигналу. У системах безперервного впорскування, форсунки відкриваються під тиском палива та кількість палива, що впорскується, буде залежати від тиску палива.

Блок-схема імпульсної системи розподіленого впорскування палива представлена на рис. 1.1 [8]-[15].



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд ЕБУ сучасного бензинового двигуна

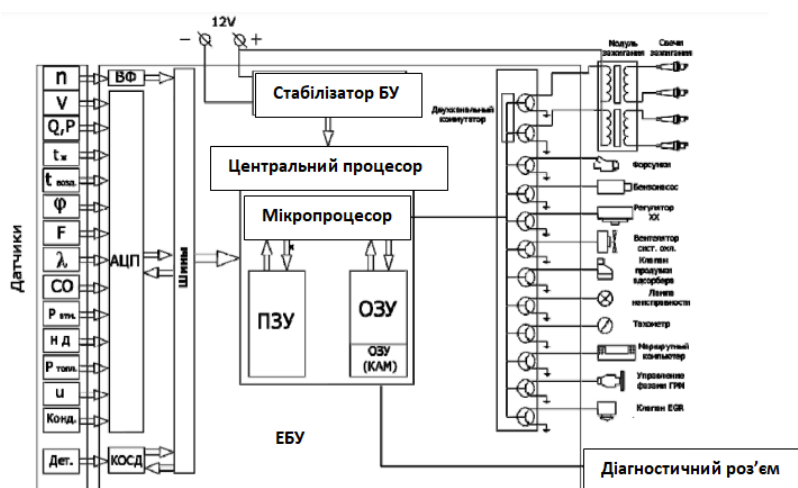
Більшість транспортних засобів, що експлуатуються на наших дорогах, піддаються комп'ютерній діагностиці. Здійснення оцінки стану основних компонентів та електронних систем управління транспортним засобом можливе за допомогою спеціального набору інструментів, які зазначені у [8].

А це відповідно:

- Сканери для зчитування кодів помилок у електронних системах.
- Осцилографи для аналізу електричних сигналів у системах автомобіля.
- Вимірювальні пристрої для перевірки напруги, струму та опору.

- Газоаналізатори для вимірювання викидів і визначення ефективності системи вихлопу.
- Датчики тиску та температури для перевірки роботи різних систем.
- Термовізійні камери для виявлення проблем з охолодженням та іншими тепловими аномаліями.
- Вакуумні вимірювачі для перевірки роботи систем вакуумного управління.
- Прилади для перевірки гальмівних систем, включаючи гальмівні стенди.
- Електронні вимірювальні пристрої для аналізу сигналів в електронних блоках управління.

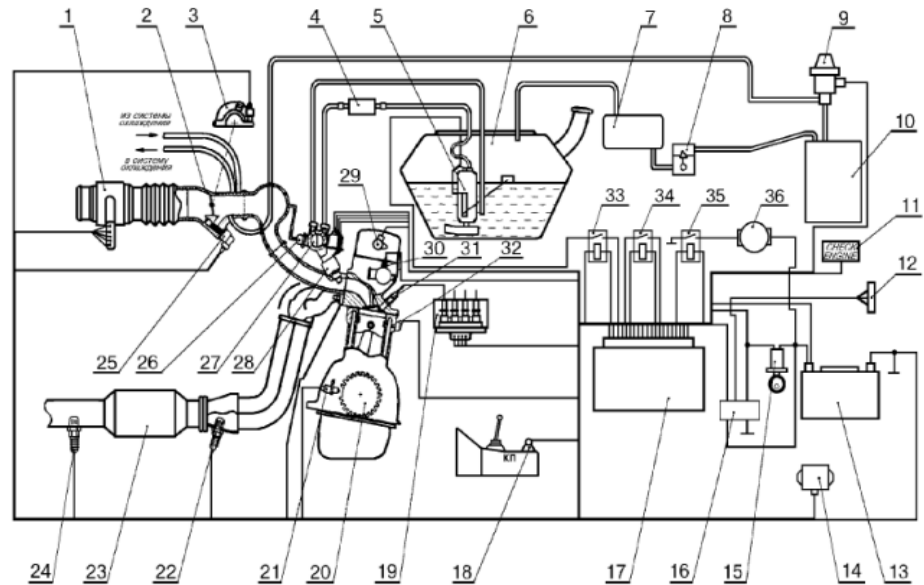
Для прикладу, блок управління, рис.1.2, не можливо проस्कнувати його роботу, без використання сучасного діагностичного обладнання.



n – давач кількості обертів колінчастого валу; V – давач швидкості руху автомобіля; Q, P – навантаження на двигун; t_p – давач температури; t_n – давач температури впускного повітря; φ – давач положення дросельної заслінки; F – давач фаз; λ – давач кількості кисню; CO – потенціометр; $P_{атм.}$ – давач атмосферного тиску; $НД$ – давач нерівності дороги; $P_{пал.}$ – давач тиску палива; u – бортова напруга; $K_{конд.}$ – сигнал кондиціонера; $Д_{ет.}$ – давач дитонації

Рисунок 1.2 – Конструктивно – технологічна схема ЕБУ запалюванням та подачею палива.

Електронна система двигуном складається із наступних датчиків (вимірювальних перетворювачів), ЕБУ та виконавчих засобів, рис.1.3 [17]-[20].



1 – датчик кількості повітря; 2 – патрубок дроселя; 3 – датчик положення дросельної заслінки; 4 – паливний фільтр; 5 – електробензонасос; 6 – паливний бак; 7 – сепаратор; 8 – гравітаційний клапан; 9 – електромагнітний клапан продування адсорбера; 10-адсорбер; 11 – лампа контролю; 12 – діагностичний роз’єм; 13 – акумулятор; 14 – датчик нерівної дороги; 15 – замок запалювання; 16 - іммобілізатор АПС-4; 17 - ЕБУ; 18 – датчик швидкості; 19 – модуль запалення; 20 – інформаційний диск; 21 - датчик положення колінчастого валу; 22 - датчик кисню; 23 – нейтралізатор; 24 – діагностичний датчик кисню; 25 – регулятор холостого ходу; 26 – регулятор тиску палива; 27 – паливна рампа; 28 – форсунки; 29 – датчик фаз; 30 – датчик температури охолоджувальної рідини; 31 – свічки запалювання; 32 – датчик детонації; 33 – реле електробензонасоса; 34 – головне реле; 35 – реле електровентилятора; 36 – електровентилятор системи охолодження двигуна

Рисунок 1.3 - Схема системи управління бензиновим двигуном.

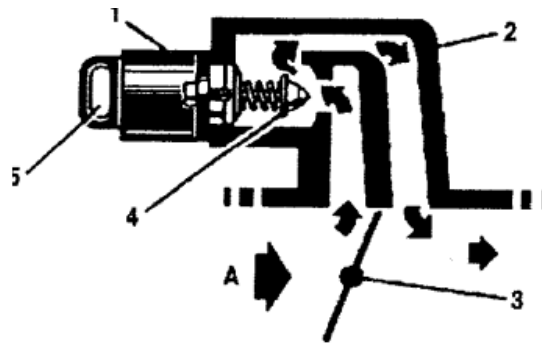
Основним показником, що визначає потужнісні характеристики двигуна, є його здатність всмоктувати велику масу повітря на тактах впуску. Чим більше паливно-повітряної суміші надійде в циліндри двигуна, тим вищий крутний момент на валу двигуна (за умови оптимального складу суміші та кута випередження запалювання). На серійних автомобілях немає можливості збільшити кількість повітря, що всмоктується. Тому у пропонованих прошивках, змінюють кут випередження запалювання і кількість палива, що впорскується (тривалість відкритого стану форсунок), домагаючись тим самим, поліпшення їздових характеристик автомобіля на певних режимах роботи.

Інформація про характеристики двигуна зберігається у ПЗУ ЕБУ у вигляді робочих таблиць. Ці таблиці виходять з тривимірних карт випередження запалювання і таких самих карт для періоду відкритого стану форсунок. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних поєднань параметрів, однак, раніше всього такими параметрами є: швидкість, тиск у впускному колекторі, температура двигуна, напруга акумуляторної батареї. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення істинно необхідного кута всі результати порівнюються. Зрештою, ЕБУ видасть команду силовому ключу системи запалення, на вмикання або вимикання індукційної котушки, відповідно до поточного стану двигуна. Таким самим способом, обчислюється період відкритого стану форсунок.

1.2 Виконавчі механізми управління двигуном внутрішнього згоряння

Крокове реле холостого ходу (РХХ), встановлюється на вузлі давача повітряної заслінки та забезпечує проходження повітря через байпасний канал (канал холостого ходу). Від перерізу байпасного каналу, залежить надходження повітря в двигун (за закритої заслінки), що залежить від

положення валу крокового двигуна (прогрів, оберти на ХХ). Завдання РХХ – це підтримка заданих оборотів колінчастого валу на холостого ходу, рис. 1.4



1 – кроковий двигун регулятора холостого ходу; 2 – дросельний патрубок; 3 – дросельна заслінка; 4 - запірна голка клапана РХХ; 5 – електричний роз'єм; А – повітря, що надходить

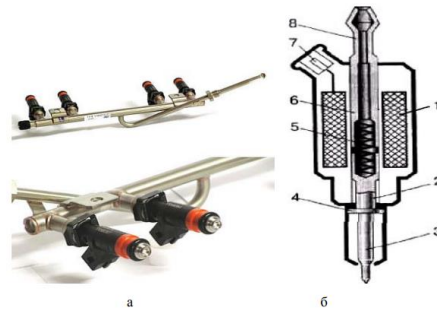
Рисунок 1.4 – Конструктивно-технологічна схема регулятора ХХ:

Регулятор холостого ходу також забезпечує:

- прогрівання холодного двигуна, підтримка підвищених оборотів і плавне скидання в міру нагріву при закритій дросельній заслінці;
- при відкритті заслінки, повітря проходить через дросельну заслінку та байпасний канал, тобто регулятор повинен бути готовий до різкого закриття ДЗ, тим самим забезпечуючи плавне скидання оборотів до заданого холостого ходу;
- компенсаційне підвищення оборотів перед вмиканням таких споживачів, як кондиціонер, вентилятор системи охолодження.

Іншим виконавчим електронним елементом, є електромагнітні форсунки, що можуть бути встановлені разом із рампою на впускному колекторі, рис. 1.5. Одна форсунка на кожний циліндр. Паливна форсунка дозує подачу палива під тиском у впускну трубу циліндра (за командою контролера). Форсунка являє собою пристрій з електромагнітним клапаном, який при отриманні електричного імпульсу управління з контролера, впорскує паливо під тиском на тарілку впускний клапан. Після завершення протікання електричного імпульсу, форсунка перекриває подачу палива.

Паливо може подаватися двома способами: синхронним, тобто при певному положенні колінчастого валу, або асинхронним, тобто, незалежно або без синхронізації з обертанням колінчастого валу. Синхронне впорскування палива – найчастіше використовується у паливних системах бензинових двигунів. Асинхронне впорскування, застосовується в основному в режимі пуску двигуна.



a – зовнішній вигляд; *б* – конструктивна схема форсунки;

1 – обмотка електромагніту; 2 – якор; 3 - запірний елемент; 4 – упор;

5 – пружина; 6 – магнітопровід; 7 – вихідні контакти;

8 – штуцер для палива

Рисунок 1.5 - Електромагнітні форсунки.

Електромагнітні форсунки вмикаються попарно або по чергово: спочатку форсунки 1-го і 4-го циліндрів, а через 180° повороту колінчастого валу – форсунки 2-го та 3-го циліндрів і т.д. (для 4-ох циліндрового двигуна). Таким чином, кожна форсунка вмикається один раз за оберт колінчастого валу, тобто, двічі за повний робочий цикл.

В процесі діагностики сучасних автомобілів, у системах управління двигуном, значне поширення набув давач First Look (ступінь забруднення форсунок). У роботі [6], пропонується можливість використання такого давача у діагностиці ступеня забруднення форсунок та способи її виготовлення, так, як виробники вітчизняного виробництва паливомастильних матеріалів, поки що залишають за собою бажати кращого.

Практика показує, що після 60 000 км пробігу автотранспортного засобу, форсунки інжекторного двигуна піддаються забрудненню, але даний негативний процес може відбутися значно раніше.

Зазвичай, ступінь забруднення паливних форсунок можливо з'ясувати, тільки після демонтажу та перевірити на стаціонарному стенді. Якщо скористатися давачем пульсацій First Look (або його аналогом) і підняти його до вакууметричного штуцера регулятора тиску палива в системі та відповідно підключити осцилограф, то можливо отримати графік переміщення мембрани регулятора тиску палива. За отриманим графіком, можливо оцінити стан паливної форсунки без її демонтажу із системи.

Давач являє собою п'єзокерамічну мембрану, що поміщена в корпус, поділяючи його дві камерні половини.

На рис. 1.6, відображена схема класифікації систем впорскування палива [12].



Рисунок 1.6 – Класифікація інжекторних систем впорскування палива.

1.3 Центральне упрскування

Загальний вигляд системи центрального упрскування (Bosch Mono-Jetronic), зображена на рис. 1.7



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд моноінжектора.

Система моноінжекторного впускному встановлюється на площадці колектора у місці попередника (карбюратора), безпосередньо над дросельною заслінкою (Throttle Body Injection), основою якої є електромагнітна форсунка. Вона є швидкодіючим електромагнітним клапаном із соплом, що забезпечує вискоефективне розпилювання палива (за відкритого стану елетромагнітного клапана). Відповідно, паливо до форсунки підводиться під тиском близько 1 Бар, через фільтр тонкої очистки електричним насосом. Розпилене форсункою паливо з потоком повітря, під дією вакууметричного тиску, подається у циліндри двигуна. Кількість палива, залежить від часу відкриття форсунки. Тривалість відкриття клапана становить близько 1 до 20 мілісекунд, що визначається електронним блоком управління, порівнює занесені до його пам'яті дані про оптимальний режим роботи двигуна. Про режим роботи двигуна, ЕБУ отримує від відповідної кількості давачів. Частота спрацьовування електромагнітного клапана форсунки, кратна частоті обертання колінчастого валу двигуна. У більш

досконалих системах, момент впорскування додатково пов'язаний із фазами газорозподілу, тобто з моментами відкриття впускних клапанів.

1.4 Безперервне впорскування

Описані вище системи є імпульсними. Впорскування палива здійснюється дискретно, за допомогою блоку керування. Існують системи, у яких форсунки працюють безперервно, змінюючи кількість палива, залежно від навантаження на двигун. Як приклад сучасного обладнання безперервного упорскування, можна віднести систему K-Jetronic, створену фірмою Bosch, застосовану на Porsche 911T. Літера K, від німецького слова *Kontinuerlich*, означає - безперервний. Робота системи K-Jetronic описується наступним чином: потік повітря, що засмоктується двигуном, відхиляє напірний диск, який у свою чергу впливає на дозуючий плунжер, який переміщаючись всередині циліндра, змінює площу радіально розташованих дозуючих отворів. У циліндр, під тиском близько 5-6 Бар, подається паливо від електричного бензонасосу. Пройшовши дозуючі отвори, паливо через магістралі надходить до форсунок (інжекторів), що розташовані над впускними клапанами. Форсунки у цій системі, представляють собою пружинні клапани з розпилювачем на кінці, що відкриваються при певному тиску. Чим вище навантаження на двигун, тим на більший кут відхиляється напірний диск, збільшуючи положення плунжера-дозатора, збільшуючи тим самим площу отворів, а значить, і подачу палива до форсунок. З моменту відкриття впускного клапана, паливо змішується із повітрям і подається у циліндр циліндр. Слід зазначити, що дана система K-Jetronic досить широко використовувалася у машинобудуванні, доказом чого є мільйони виготовлених екземплярів даної системи та її численні модифікації. Особливої уваги дані системи заслуговували у інженерів зі Штутгарта, аж до недавнього часу впорскування палива на автомобілях Mercedes системами K-та KE-Jetronic. KE-Jetronic є протипом системи K-Jetronic, але на відміну від

останньої, вона комплектована електронним блоком та іншими електронними елементами, що вплинуло на точність і гнучкість системи. Є і інші удосконалені базові системи: KE3-Jetronic та KE-Motronic, доповнені схемами керування запаленням. Використовуються в основному на автомобілях Audi під назвами CIS-E III і CIS-Motronic.

Слід зазначити, що системи Bosch безперервного упорскування, використовуються виключно на автомобілях європейських виробників - із 1989 року. Серед європейських користувачів, всі провідні фірми: Audi, BMW, Ferrari, Lotus, Mercedes, Peugeot, Porsche, Renault, Rolls-Royce, Saab, Volvo та, звичайно, Volkswagen. На 12-циліндрових двигунах Ferrari (Testarossa) та Mercedes по дві системи KE-Jetronic.

1.5 Ефективність інжекторного двигуна

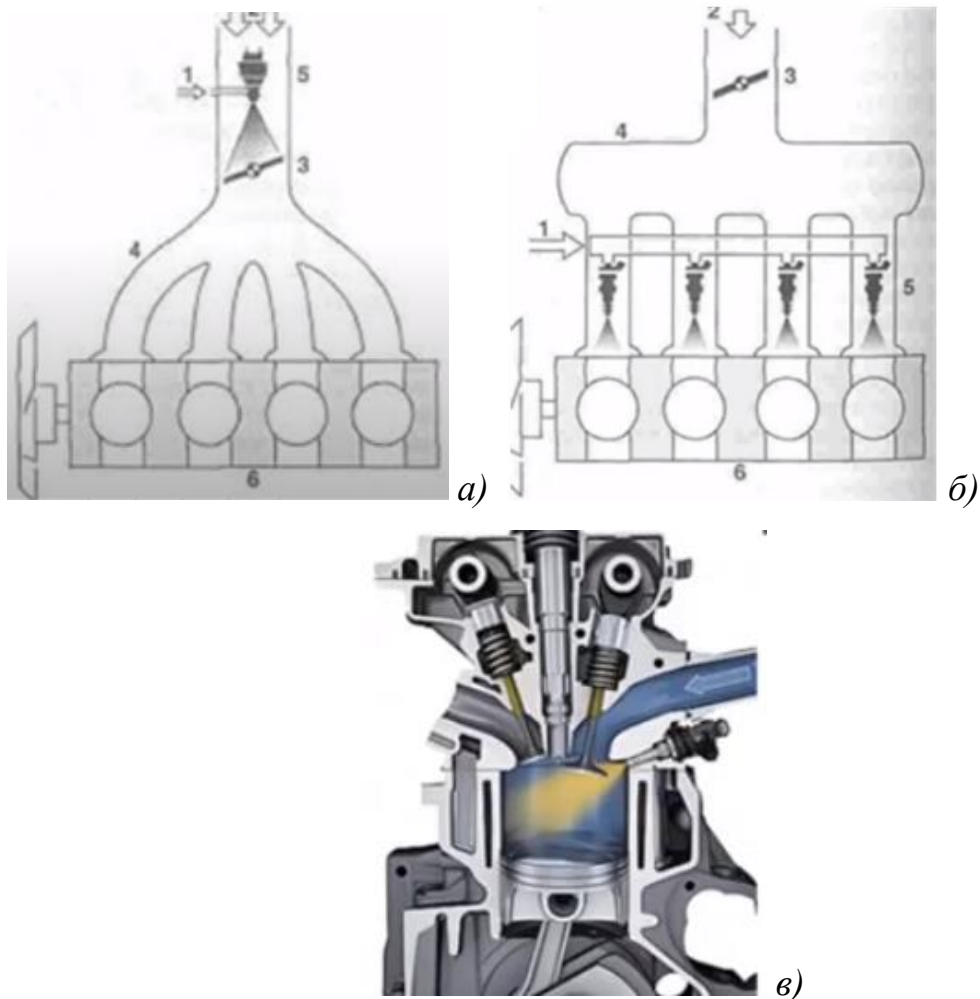
Ефективність роботи інжекторного двигуна багато в чому визначає стан форсунок. А це відповідно - керовані електромагнітні клапани, що забезпечують дозовану подачу палива у камери згоряння. Як вже вище зазначалося, існують форсунки для центрального (одноточкового) та розподіленого (багатточкового) упорскування.

Причому, велику роль у процесі сумішоутворення грають форма та напрямок так званого факела, що розпилюється (залежить від розташування розпилювальних отворів). Відмінність даних систем впорскування наступний: у моноінжекторах, форсунка має низький опір обмотки електромагніту – від 4 до 5 Ом; у системах розподіленого упорскування, на кожний циліндр працює окрема форсунка, яка розміщується у основи впускного колектора (опір обмотки електромагніту у таких паливних форсунках складає – від 12 до 16 Ом).

На нових інжекторах, паливо подається безпосередньо в камеру згоряння. Тому, такі системи дістали назву - безпосереднє упорскування. Тут

форсунки забезпечуються досить значною робочою напругою електромагніту – до 100 В.

На рис. 1.8, відображено схеми інжекторних систем подачі палива у циліндри двигуна.



а) схема моноінжектора; *б)* схема система безпосереднього впорскування; *в)* загальний вигляд системи

Рисунок 1.8 – Інжекторні системи подачі палива.

Під час певного експлуатаційного періоду інжекторного двигуна, паливні форсунки починають зазнавати певних ушкоджень. При цьому спостерігається недостатня потужність ДВЗ, підвищена токсичність відпрацьованих газів, ривки та провали при збільшенні навантаження на двигун, нестійка робота на холостому ході.

Найпоширенішою проблемою виникнення несправностей паливних форсунок, є їхня забрудненість. Причиною даного процесу, являється відкладення смоли та її коксування у місці робочої поверхні розпилювача. Дане негативне явище, легко усувається промиванням спеціальними рідинами. Найнебезпечніше, коли відмовляє електромагнітний елемент форсунки. Даний пристрій невідновлюється, а піддається заміні ціла форсунка.

Слід зазначити, що існує три основні способи промивання форсунок: промивання спеціальними присадками до палива (промивання без демонтажу форсунок) та промивання на ультразвуковому стенді з демонтажем форсунок.

Сучасні двигуни внутрішнього згоряння характеризуються високою економічністю та зниженням рівня шкідливих речовин в атмосферу. Проте вимоги до ДВЗ за останні роки постійно зростають. У більшості бензинових двигунів, паливо упорскується за допомогою форсунок з електромагнітним приводом. Від динамічних властивостей клапана, багато залежить керованість процесу дозування, і можливість оптимізації перетворення хімічної енергії на механічну.

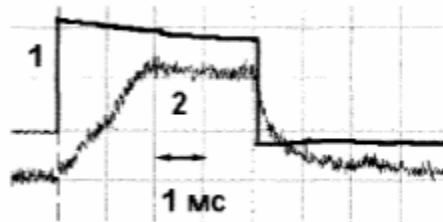
Одним із найважливіших напрямків удосконалення систем упорскування, є підвищення швидкодії форсунок в моменти їх відкриття та формування процесу закриття, при якому характерна низька якість розпилення палива. При цьому, конструкції форсунок повинні відповідати вимогам економічності.

Найчастіше на сучасних інжекторних двигунах використовуються форсунки, що містять сідло з розпилювачем, а корпус розміщений у його робочій порожнині клапана.

Для дослідження параметрів руху клапана, розташованого у важкодоступному місці, розглянуто у роботі [11], де було обрано безконтактний амплітудний оптоволоконний давач відбивного типу. Даний

давач досить простий у роботі та дозволяє перетворити переміщення клапана на електричний сигнал.

Деякі результати, наведено на рис. 1,9; 1.10; 1.11.

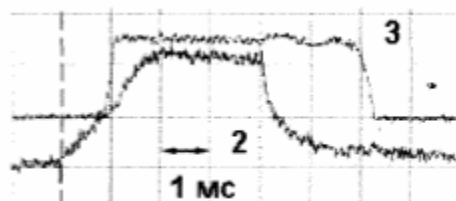


1- напруга; 2 – сила струму

Рисунок 1.9 - Поєднана осцилограма напруги та струму типової форсунки.

Із рис. 1.9 видно, що для серійної форсунки, через велику індуктивність приводу, передній та задній фронти імпульсів струму затягнуті на 2 мс проти відповідних фронтів імпульсу напруги.

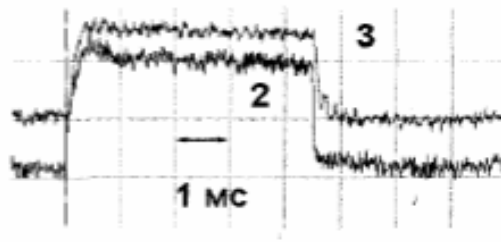
Динаміка переміщення клапана, рис. 1.10 демонструє мілісекундне запізнення відкриття клапана по відношенню до фронту імпульсу напруги та запізнення в 2 мс по відношенню до зрізу імпульсу напруги



2 - струм; 3 – переміщення клапана

Рисуно 1.10 - Поєднана осцилограма переміщення клапана та сила струму типової форсунки.

Для зразка форсунки розробленої конструкції тривалість фронту та зрізу струму не перевищує 200 мкс, а тимчасова залежність переміщення клапана без помітних затримок копіює форму імпульсу струму (рис. 1.11). З отриманих даних можна дійти невтішного висновку у тому, що швидкодія нової конструкції у кілька разів вище, ніж в відомих аналогів [12].



2 - струм; 3 – переміщення клапана

Рисунок 1.11 - Поєднана осцилограма переміщення клапана та сила струму експериментальної форсунки

Одним з найбільш перспективних шляхів підвищення швидкодії форсунок автори вважають, використання пружини для розвантаження клапана від гідравлічної сили, що підтискає його до сідла в поєднанні з використанням приводу, що управляє натягом пружини, тобто. величиною та напрямом зусилля її впливу на клапан, що контактує із сідлом. Привод керування натягом пружини, може виконувати як допоміжну функцію, забезпечуючи часткове розвантаження клапана та зниження потрібного зусилля основного приводу, так і виконувати функцію управління роботою форсунки в цілому, впливаючи на клапан через його пружину і змінюючи тим самим величину і напрямок рівнодіючої від гідравлічної сили деформування пружини. Управління величиною натягу пружини клапана може здійснюватися шляхом переміщень сідла або опори пружини щодо корпусу із застосуванням приводів електромагнітного, гідравлічного або електрогідравлічного типу. При цьому узгодження характеристик приводу, гідравлічної сили та деформування пружини клапана, дозволяє адаптувати форсунки до особливостей існуючих систем упорскування, так і створювати нові схеми управління упорскуванням. Конструкція форсунки з електромагнітним приводом переміщення опори пружини відрізняється від відомих, наявністю пружного зв'язку між якорем та клапаном. Як і фактично, вільно встановлений між пружиною клапана та своєю зворотною

пружиною, що принципово змінює характер взаємодії клапана з електромагнітним приводом.

Висновки до розділу 1

Техніко-економічне обґрунтування літературних джерел доводить, що робота електромагнітних паливних форсунок сучасних бензинових двигунів, суттєво залежить від кількості подачі повітряного заряду та від кута випередження запалювання, якого формує ЕБУ.

Доведено, що подана напруга на катушку електромагнітного клапана і хід самого клапана (спричиненого дією електромагнітним полем) відрізняється у часі на 2 мсекунди, але не з'ясовано, як впливає неякісна робота хоча б однієї паливної форсунки, на тривалість відкриття суміжних форсунок, коли ЕБУ переходить у аварійний режим роботи.

Тому, наші дослідження будуть стосуватися вище вказаної тематики.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок теплового балансу бензинового двигуна за непрацюючої паливної форсунки

За вчасної зміни робочих процесів, залежить повнота згоряння робочої суміші в камерах згоряння двигуна. Відповідно, Оптимальна кількість палива, що впорскується електромагнітними форсунками та своєчасне відкриття впускних і випускних клапанів, суттєво впливає на якісне спалювання паливо-повітряної маси.

Система управління подачею повітря в інжекторних двигунах включає різноманітні компоненти та функції, спрямовані на оптимізацію впуску повітря та забезпечення ефективного згоряння паливно-повітряної суміші. Одним із ключових виконавчих елементів подачі палива у циліндри сучасного двигуна, являються електронні паливні форсунки.

Цей елемент оптимізує роботу інжекторного двигуна, забезпечуючи його економічну і якісну експлуатацію. У випадку несправностей електронної системи живлення, спричинених нестабільною роботою хочаб однієї форсунки, ЕБУ двигуна переводить його в аварійний режим роботи.

Отже, застосовуючи методику розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна [13], з'явилась можливість визначити втрати ефективної (корисної) теплоти Q_e .

Тоді, кількість теплоти Q , після згоряння робочої суміші, визначиться

$$Q = Q_H G_{\Pi}, \text{ кДж/год} \quad (2.1)$$

де Q_H - нижня питома теплота згоряння палива, кДж/кг;

G_{Π} - годинна витрата палива, кг/год.

Годинну витрату палива визначемо, як добуток ефективної потужності N_e , і питомої витрати палива g

$$G_{\Pi} = N_e \cdot g. \quad (2.2)$$

Тоді, теплота Q_e , визначиться:

$$Q_e = 3600 N_e \quad (2.3)$$

А теплота g_e , як корисну роботу, отримаємо за

$$g_e = \frac{Q_e}{Q} \cdot 100 \% \quad (2.4)$$

Кількість теплоти Q_B , що виводиться у навколишнє середовище, отримаємо за виразом:

$$Q_B = C \cdot i \cdot D^{23} \cdot n^{0,65} \cdot \frac{1}{a} \cdot 3,6, \text{ кДж/год} \quad (2.5)$$

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$) [13];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – частота обертів колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплота g_B , що вбирається системою охолодження, визначиться за формулою:

$$g_B = \frac{Q_B}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.6)$$

Теплоту Q_r (що виводиться системою випуску), отримаємо за наступним виразом

$$Q_r = C_p \cdot (T_r - T_{o.c.}) \cdot (G_{пов.} - G_{п.}), \text{ кДж/год} \quad (2.7)$$

де C_p – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_p = 1,43$ кДж/кг град [13];

T_r і $T_{o.c.}$ – температура газу і охолоджуючої рідини, К;

$G_{пов.}$ і $G_{п.}$ – кількість робочого заряду, кг/год.

Кількість повітря $G_{пов.}$, що поступає у камери стиску бензинового двигуна, визначиться:

$$G_{пов.} = 14,5 \alpha \cdot G_{п.}, \text{ кг/год} \quad (2.8)$$

Приймаємо $G_{п.} = 5,7$ кг/год.

Частка теплоти q_r , відпрацьованих газах, визначиться за відношенням:

$$q_r = \frac{Q_r}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.9)$$

Інші витрати теплоти $Q_{ін.в.}$, отримаємо:

для будь-якого поперечного перерізу магістралі, за одиницю часу проходить однакова кількість повітря.

$$\iint_{\omega(\eta)} \vartheta(x, z) dS = \iint_{\omega_0} \vartheta_0(x, z) dS, \quad (2.12)$$

де $S(l)$ - поперечне січення магістралі на рівні, m^2 ;

S_0 - область щілини днища, m^2 ;

$\vartheta_0(x, z)$ - розподіл швидкостей в умовах S_0 , м/с;

$\vartheta(x, z)$ - швидкість повітря в області $S(l)$, м/с

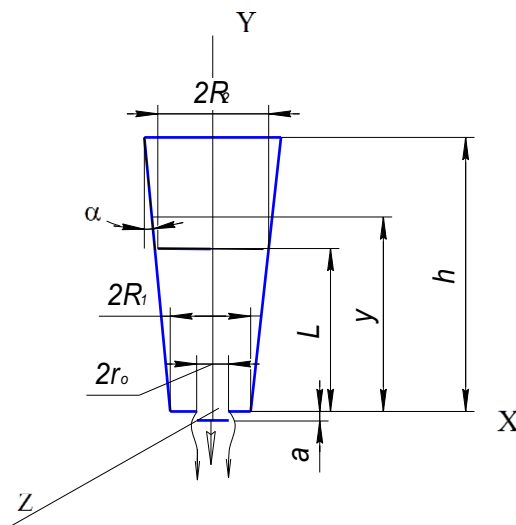


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема проходження повітряного потоку через магістраль із впускний клапан

Введемо у дослідження середні швидкості:

$$\vartheta_{1(l)} = \frac{\iint_{\omega(r)} \vartheta(x, z) dS}{S(l)}; \vartheta_{0(y)} = \frac{\iint_{\omega_0} \vartheta_0(x, z) dS}{S_0}, \quad (2.13)$$

де $S_0 = \pi \cdot r_0^2$; $S(l) = \pi(R_1 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2$

Тоді об'ємна к-сть повітря визначиться:

$$\vartheta_1(l) \cdot \pi(R_1 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 = \vartheta_0(y) \cdot \pi \cdot r_0^2 \quad (2.14)$$

Тоді, середня швидкість у довільному перерізі виразиться, як середня швидкість проходження повітряної маси через отвір:

$$\vartheta_1(l) = \vartheta_0(y) \frac{r_0^2}{(R_1 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2} \quad (2.15)$$

Розрахуємо кількість руху повітря Q та спроектуємо його на вісь Oy (в довільний момент часу)

$$Q_y = -\iiint_{V_0} \rho \cdot \vartheta(x, z) dl \cdot dS = -\rho \int_0^y dl \iint_{\omega(l)} \vartheta(x, z) dS \quad (2.16)$$

Тоді, отримаємо:

$$Q_y = -\rho \int_0^y dl \cdot \vartheta_1(l) \cdot \pi (R_1 + l \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2 = -\pi \cdot r_0^2 \cdot \rho \cdot \vartheta_0(y) \int_0^y dl,$$

отже:

$$Q_y = -\pi \cdot r_0^2 \cdot \rho \cdot \vartheta_0(y) y, \quad (2.17)$$

де ρ - густина повітря, кг/м^3

2.2.1 Обґрунтування основних сил, що діють на потік повітря

На певну об'ємну кількість повітря діє атмосферний тиск, вакууметричний тиск зі сторони циліндра, а в області отвору, враховується власна вага паливоповітряної маси, та нормальні реакції, що діють зі сторони посадочного днища та стінок магістралі. Більшість цього навантаження взаємно компенсують одне одного. Неврегульованим залишається, лише об'ємна маса паливоповітряної маси, над самим отвором:

$$F_y = -\rho \cdot g \cdot \pi \cdot r_0^2 y \quad (2.18)$$

За теоремою зміни кількості руху механічної системи у диференціальній формі:

$$\frac{dQ_y}{dt} = F_y, \quad (2.19)$$

Дальше, отримаємо

$$-\pi \cdot r_0^2 \rho \frac{d(y \vartheta_0)}{dt} = -\rho \cdot g \cdot \pi \cdot r_0^2 y \quad (2.20)$$

Враховавши, що $\frac{d}{dt} = \frac{dy}{dt} \cdot \frac{d}{dy}$, рівність (2.20) можна подати

$$\frac{d(y \vartheta_0)}{dy} \cdot \frac{dy}{dt} = gy \quad (2.21)$$

Тоді похідна $\frac{dy}{dt}$ буде мати вигляд:

$$\frac{dy}{dt} = \mu^2 \cdot \vartheta_1(y) = \mu^2 \cdot \vartheta_0(y) \frac{r_0^2}{(R_1 + y \cdot tg\alpha)^2}, \quad (2.22)$$

де μ^2 - коефіцієнт, що враховує нерівномірність швидкості у перерізі магістралі.

Підставивши (2.22) в (2.21), отримаємо

$$\vartheta_0(y) = \frac{d(y \cdot S_0(y))}{dy} = \frac{g(R_1 + y \cdot tg\alpha)^2}{\mu^2 r_0^2} y \quad (2.23)$$

Домноживши диференційне рівняння на y , отримаємо:

$$\frac{1}{2} \frac{d(y \cdot \vartheta_0)^2}{dy} = \frac{g}{\mu^2 r_0^2} y^2 (R_1 + y \cdot tg\alpha)^2 \quad (2.24)$$

Цю рівність проінтегруємо і отримаємо:

$$\int_0^y d(y \cdot \vartheta_0)^2 = \frac{2g}{\mu^2 r_0^2} \int_0^y y^2 (R_1 + y \cdot tg\alpha)^2 dy \quad (2.25)$$

Тоді отримаємо два вирази:

$$\vartheta_0(y) = \sqrt{\frac{2g}{\mu^2 r_0^2}} \cdot \sqrt{y \left(\frac{1}{3} R_1^2 + \frac{1}{2} R_1 \cdot tg\alpha \cdot y + \frac{1}{5} tg^2 \alpha \cdot y^2 \right)},$$

або

$$\vartheta_0(y) = \sqrt{\frac{g}{15 \mu^2 r_0^2}} \cdot \sqrt{y(10 R_1^2 + 15 R_1 tg\alpha \cdot y + 6 tg^2 \alpha \cdot y^2)} \quad (2.26)$$

Тоді

$$\vartheta_0(y) = \frac{(R_1 + y \cdot tg\alpha)^2}{r_0^2}; \vartheta_1(y) = \frac{(R_1 + y \cdot tg\alpha)^2}{\mu^2 r_0^2} \frac{dy}{dt} \quad (2.27)$$

Підставивши вираз $\vartheta_0(y)$ в рівність (2.26), отримаємо рівняння

$$\frac{(R_1 + y \cdot tg\alpha)^2}{\mu^2 r_0^2} \frac{dy}{dt} = \sqrt{\frac{g}{15 \mu^2 r_0^2}} \cdot \sqrt{y(10 R_1^2 + 15 R_1 tg\alpha \cdot y + 6 tg^2 \alpha y^2)} \quad (2.28)$$

Після розгляду змінних величин, проводимо інтегрування і знаходимо час проходження відповідної об'ємної частки паливоповітряної маси, через впускний канал клапана:

$$t = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{15}{gr_0^2}} \int_0^h \frac{(R_1 + y \operatorname{tg} \alpha)^2 dy}{\sqrt{y(10R_1^2 + 15R_1 y \operatorname{tg} \alpha + 6y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha)}} \quad (2.29)$$

Для зручності проведемо заміну змінної $y = R_1 z^2$; $dy = 2R_1 z dz$, при $y = 0$; $z = 0$, при $y = h$; $z = \sqrt{\frac{h}{R_1}}$

Під час обчислення інтегралу (за заданими значеннями $h, \operatorname{tg} \alpha, R_1$), та використання програмного продукту Matlab, досліджуємо тривалість проходження паливо-повітряної маси за одиницю часу.

На рис. 2.3, графічно відображено залежність часу проходження паливо-повітряної маси через кільцеподібний отвір, між робочою поверхнею впускного клапана та робочою поверхнею посадочного днища від довжини впускної магістралі в якій формується об'ємна кількість впускного повітря.

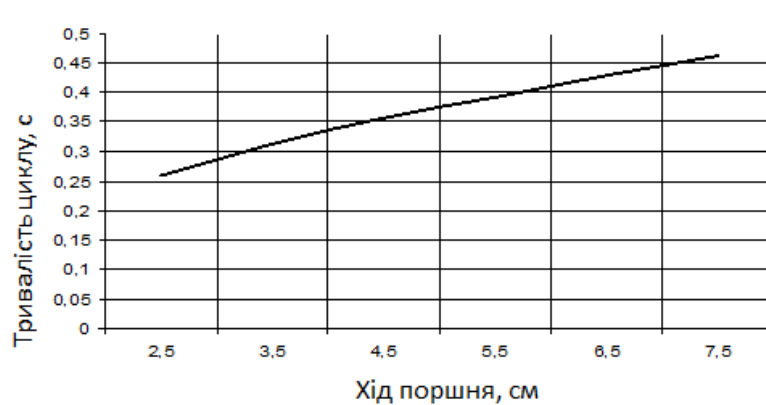


Рисунок 2.3 - Графік залежності часу проходження паливо-повітряної маси через отвір від ходу поршня

Після обчислення інтеграла (2.29), визначаєм коефіцієнт μ , що враховує проходження потоку паливо-повітряної суміші через впускний клапан.

$$\mu = \frac{t_o}{t}, \quad (2.30)$$

де t_0 – потоку паливо-повітряної суміші через отвір (за максимального ходу поршня, 7,5 см); t - час потоку паливо-повітряної суміші через впускний клапан препускним клапаном визначається експериментальним шляхом (приймаємо $t = 0,314$ с., за частоти обертів колінчастого валу $n = 900$ об/хв).

Висновки до розділу 2

Представлена методика розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, за неякісно працюючої паливної форсунки з електронним управлінням.

З'явилась можливість здійснити порівняльний аналіз обсягу вивільненої ефективної теплоти Q_e , за працюючої і некоректно працюючої паливної форсунки, що може призвести до переходу двигуна в аварійний режим роботи.

Подано методику розрахунку тривалості проходження паливо-повітряної суміші, через впускний клапан за один хід поршня (під час такту впуску, у режимі холостого ходу двигуна).

Тривалість проходження паливо-повітряного потоку через впускний клапан, складає близько 0,45 сек. (за один хід поршня у режимі ХХ).

3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Робота електронного блоку управління двигуном

Електронна система управління двигуном працює наступним чином. Від давачів, що встановлені у відповідних місцях двигуна, знімається інформація, про режим його роботи: частота обертання колінчастого валу, положення колінчастого валу, витрата повітря або абсолютний тиск у впускній магістралі, положення дросельної заслінки, температура охолоджуваної рідини, і впускного повітря. Ці сигнали надходять у ЕБУ. Електронний архів переробляє отриману інформацію та керує виконавчими механізмами: форсунками, модулем запалювання, регулятором холостого ходу, електробензонасосом, вентилятором охолоджувальної рідини, клапаном продувки адсорбера, клапаном рециркуляції впускних газів.

Імпульсні сигнали від датчика частоти обертання та положення колінчастого валу, надходять у вхідний формувач, який перетворює їх на імпульси прямокутної форми.

Навантаження на двигун, визначаються за допомогою давача абсолютного тиску у всмоктувальному колекторі або давачом масової витрати повітря.

За давачем детонації електронний блок, керуючи котушками запалювання, коригує кут випередження запалення. Згідно давача кисню, ЕБК коригує кількість палива, що впорскується та змінюється склад паливної суміші.

Аналогові сигнали від давачів, перетворюються в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) цифрові коди, які надходять у мікропроцесор. Наприклад, від давача витрати повітря, передається сигнал (не безпосередньо витрата повітря), як електричний аналог – величина напруги, яка залежить від витрати повітря.

Для обробки інформації, мікропроцесор використовує лише дві цифри: 0 і 1. У 8-розрядному мікропроцесорі, інформація надається у вигляді набору із восьми біт. Такий набір дозволяє відобразити числа від 0 до 256 (число два у восьмому ступені дорівнює 256). Напруга на давачах змінюється від 0 до 5, тому напругу можна виміряти з точністю 0,02 ($5/256 = 0,02$).

В основу принципу дії АЦП покладено електронний ключ рис. 3.1, який з великою частотою, що набагато перевищує частоту зміни аналогового сигналу, розмикає та замикає електричне коло. Ця частота, називається частотою дискреції, і від її величини залежить кількість точок вимірювання напруг аналогового сигналу. Отже, чим більша частота дискреції ключа, то більше вимірів виробляється АЦП, і точність оцифровки сигналу збільшується. Кожному конкретному виміру, присвоюється свій індивідуальний 8-бітний код, відповідний значенню коду АЦП в діапазоні від 0 до 255. У момент замикання електричного кола, через ключ проходить напруга та відбувається вимір поточного значення аналогової величини. Це значення аналогової величини запам'ятовує конденсатор. Заряд конденсатора буде відповідати напрузі в конкретний момент часу. Блок управління присвоює йому цифрове ім'я (для прикладу код 10101010), розряджуючи конденсатор. Далі процес повторюється.

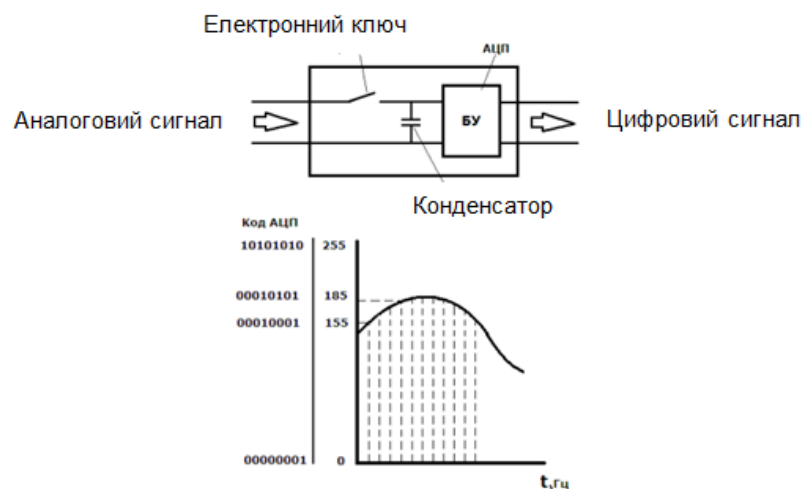


Рисунок 3.1 – Коструктивно-технологічна схема АЦП.

3.1.1 Призначення та типи постійних пристроїв

У постійно запам'ятовуючому пристрої (ПЗУ) зберігається програма роботи мікропроцесора, так звана «прошивка», що містить дві частини:

- керуюча програма обробки даних "софт", яка здійснює необхідні розрахунки на основі закладених формул;

- калібрування, які є дво- або трьох вимірними таблицями різних параметрів роботи системи упорскування та запалювання.

Необхідні параметри для управління виконавчими пристроями обчислюються відповідно до даних і набору, що надходять (коефіцієнтів корекції, записаних у калібрування ПЗУ). Змінюючи дані ПЗУ, ми маємо можливість впливати на роботу практично будь-якого виконавчого пристрою якими управляє ЕБУ. Наприклад, для отримання інших характеристик, можна змінювати положення кута випередження запалювання, тривалість впорскування, вимкнути чи змінити режим роботи систем, що контролюють токсичність відпрацьованих газів. Крім цього, можна змінити частоту обертів холостого ходу, максимально дозволени обороти колінчастого валу двигуна та максимально допустиму швидкість автомобіля (за її електронного обмеження).

Програма в основному залежить від типу блоку управління, конструкції двигуна (8 або 16-клапанний) і норм токсичності. Вміст ПЗП не змінюється при знятті живлення акумуляторної батареї і не змінюється під час роботи програми. ПЗП у спрощеному випадку, є осередками, виконаними у вигляді конденсаторів. Конденсатор має два стани: заряджений чи розряджений, Тобто, зберігає 0 або 1.

Під дією ультрафіолетової лампи, між обкладками конденсатора створюється провідне середовище, яке сприяє розряду конденсатора. Ультрафіолетове випромінювання збільшує енергію електронів та сприяє їхньому пересуванню.

ПЗП бувають двох типів:

- CMOS-UV-EEPROM - дані в ПЗП стираються ультрафіолетом, зазвичай встановлені на панельку. Такі ПЗП встановлюються, наприклад, в ЕБУ BOSCHM1.5.4.

- FLASH - більш сучасна Флеш-ПЗП, яка допускає необмежену кількість циклів перезапису, причому без вилучення мікросхеми з ЕБУ. Такі ПЗП встановлюються у сучасних ЕБУ, наприклад, Січень - 5.1 чи Bosch MP7.0 чи Мікас 7.1. FLASH-пам'ять - це пам'ять ПЗП з програматором, що вшивається в неї. Отримавши сигнал, програматор записує інформацію в комірки пам'яті.

Оперативний пристрій (ОЗП) або пам'ять довільного доступу - RAM (Random Access Memory). Призначена для зберігання результатів проміжних обчислень, величини сигналів, що надходять із датчиків та програмних змінних. Вміст ОЗП втрачається при відмиканні живлення АКБ. Мікропроцесор (8 або 16-розрядний), виконує в ЕБУ всі обчислення (розподіл, множення, віднімання, додавання), а також логічні операції. Окремі блоки ЕБУ пов'язані між собою плоскими кабелями, відомими під назвою шини. По шинах передаються дані (шина даних), адреси пам'яті (адресна шина), а також сигнали керування (Керуюча шина).

3.2 Режими роботи двигуна з ЕБУ

Початковий процес упорскування палива відбувається щоразу при запуску.

Тривалість імпульсу впорскування залежить від температури. На холодному двигуні, імпульс упорскування збільшується для збільшення кількості палива, але в прогрітому тривалість імпульсу зменшується. Після початкового упорскування ЕБУ перемикається на відповідний режим керування форсунками.

Режим запуску двигуна. За увімкненого запалення, ЕБУ включає реле електробензонасоса, який створює тиск у магістралі подачі палива до

паливної рампи. ЕБУ перевіряє сигнал від датчика температури охолоджуючої рідини та визначає правильне співвідношення повітря та палива для пуску. На початковому етапі обертання колінчастого валу, ЕБУ працює у пусковому режимі, поки оберти не перевищать 400 об/хв або не настане режим продування «залитого» двигуна.

Режим продування двигуна «Залитий паливом двигун» (тобто, паливо замочило свічки запалювання), може проводитись, шляхом повного відкриття дросельної заслінки при одночасному провертанні колінчастого валу. При цьому ЕБУ не подає імпульси впорскування на форсунки, і двигун має «очиститися». ЕБУ підтримує цей режим до тих пір, поки оберти колінчастого валу двигуна нижче 400 об/хв, і датчик положення дросельної заслінки показує, що вона майже повністю відкрита (більше 75%).

Робочий режим управління паливоподачею. Після пуску двигуна (коли оберти понад 400 об/хв), ЕБУ управляє системою подачі палива у робочому режимі. У цьому режимі ЕБУ розраховує тривалість імпульсу на форсунки по сигналах від датчика положення колінчастого валу, датчика масової витрати повітря, датчика температури охолоджуючої рідини та датчика положення дросельної заслінки.

Розрахована тривалість імпульсу впорскування може давати співвідношення повітря та палива, що відрізняється від 14,7:1. Прикладом може бути непрогрітий стан двигуна, оскільки при цьому для забезпечення хороших їздових якостей, необхідна збагачена суміш.

Робочий режим, для системи упорскування із зворотним зв'язком. В цій системі ЕБУ спочатку розраховує тривалість імпульсу на форсунки на основі сигналів від тих же датчиків, що і в системі упорскування без зворотного зв'язку. Відмінність полягає в тому, що система із зворотним зв'язком, використовує сигнал від датчика кисню для коригування та тонкого регулювання розрахункового імпульсу, щоб точно підтримувати співвідношення повітря та палива на рівні (14,6...14,7):1. Це дозволяє каталітичному нейтралізатору працювати з максимальною ефективністю.

Робота системи з послідовним (фазованим) упорскуванням палива. ЕБУ вмикає форсунки послідовно, у порядку запалення по циліндрах (1-3-4-2). Давач фаз дає ЕБУ сигнал про те, коли 1-й циліндр знаходиться у ВМТ наприкінці такту стиску. На підставі цього сигналу ЕБУ розраховує момент вмикання кожної форсунки, причому кожна форсунка впорскує паливо один раз за два обороти колінчастого валу двигуна, тобто за повний робочий цикл. Відповідно, дозволяє більш точно дозувати паливо по циліндрах і знизити рівень токсичності відпрацьованих газів.

Режим збагачення під час прискорення. ЕБУ стежить за різкими змінами положення дросельної заслінки (по давачу положення дросельної заслінки) і за сигналом давача масової витрати повітря, здійснює подачу додаткової кількості палива за рахунок збільшення тривалості імпульсу упорскування. Режим збагачення при прискоренні застосовується тільки для управління паливоподачею в перехідних умовах.

Режим повного навантаження. ЕБУ стежить за сигналом давача положення дросельної заслінки та частотою обертання колінчастого валу для визначення моментів, за яких необхідна максимальна потужність двигуна. Для досягнення максимальної потужності, необхідна збагачена горюча суміш, та ЕБУ змінює співвідношення повітря та палива приблизно до 12:1. У системі упорскування зі зворотним зв'язком у такому режимі, сигнал давача концентрації кисню ігнорується, оскільки він буде вказувати на збагаченість суміші.

Режим збіднення під час гальмування. При гальмуванні автомобіля із закритою дросельною заслінкою, можуть збільшитись викиди токсичних компонентів. Щоб не допустити цього, ЕБУ слідкує за зменшенням кута відкриття дросельної заслінки та за сигналом давача масової витрати повітря і своєчасно зменшує кількість палива, що подається шляхом скорочення імпульсу впорскування.

Режим вимкнення подачі палива при гальмуванні двигуном. При гальмуванні двигуном із увімкненою передачею та зчепленням, ЕБУ може на

короткі періоди часу повністю вимкнути імпульси упорскування палива. Відключення та включення подачі палива у цьому режимі, відбувається при виконанні певних умов температури охолоджуючої рідини, частоті обертання колінчастого валу, швидкості автомобіля та кутку відкриття дросельної заслінки.

Компенсація напруги живлення. При падінні напруги живлення, система запалювання може давати слабку іскру, а механічний рух відкриття форсунок може займати більше часу. ЕБУ компенсує це шляхом збільшення часу накопичення енергії в котушках запалення та тривалості імпульсу впорскування.

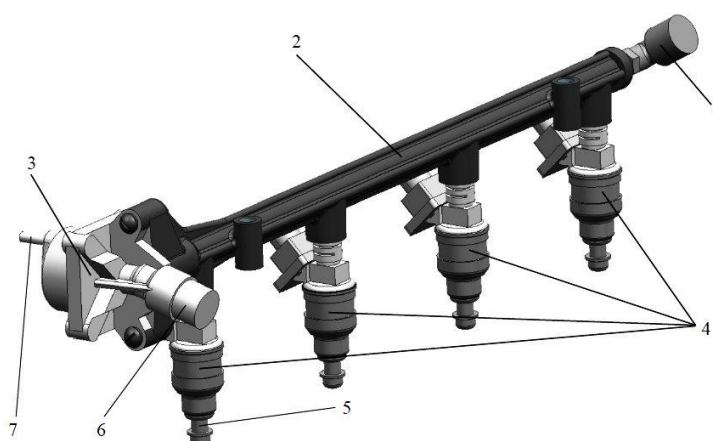
Відповідно, при зростанні напруги акумуляторної батареї (або напруги в бортовій мережі автомобіля) ЕБУ зменшує час накопичення енергії в котушках запалення та тривалість упорскування.

Режим вимкнення подачі палива. При вимкненому запалюванні, паливо форсункою не подається, і вимикається самозаймання суміші при перегрітому двигуні. Крім того, імпульси впорскування палива не подаються, якщо ЕБУ не отримує опорні імпульси від датчика положення колінчастого валу, тобто. це означає, що двигун не працює. Вимкнення подачі палива також відбувається, при перевищенні гранично допустимої частоти обертання колінчастого валу двигуна (для захисту двигуна).

3.3 Методика перевірки інжекторних форсунок без його демонтажу

Несправності інжектора (форсунок) зустрічаються як на дизельних, так і бензинових двигунах. У схемі пристрою системи живлення інжекторного двигуна форсунка є елементом, який відповідає за впорскування розпиленої порції палива у камеру згоряння під певним тиском, рис. 3.2.

Точне дозування, герметичність та своєчасне її спрацювання забезпечують стійку та справну роботу двигуна на всіх режимах його роботи. Якщо форсунка «лліє» (пропускає зайве паливо), знижується ефективність розпилу палива (порушується форма факелу) і виникають інші несправності інжектора, тоді двигун починає диміти сірим або чорним димом, втрачає потужність, витрачає багато палива та інш..



1 – штуцер для підводу палива; 2 – паливна магістраль; 3 – регулятор тиску; 4 – форсунки; 5 - ущільнювальне кільце; 6 – штуцер відводу палива;
7 – штуцер для підводу вакууметричного тиску

Рисунок 3.2 – Форсунки із акумулюючою паливною рампою.

Слід зазначити, що нестабільність роботи двигуна може залежати від багатьох факторів, починаючи від забиття паливного фільтра, відмови бензонасоса, не якісна робота свічки запалювання, несправність котушки запалювання, втрати компресії чи проблеми ГРМ і багато інш.. Одночасно, головними ознаками несправності форсунок, є утруднений пуск двигуна, особливо «на холодно», що суттєво спричиняє значні витрати палива.

Під час експлуатації автомобіля, спостерігаються деякі негативні симптоми: наявність ривків, значно уповільнені реакції при натисканні на педаль газу; явні провали та втрата динаміки під час різкого прискорення; прояви самовільного нерівномірного руху автомобіля (смикатися на ходу) при скиданні швидкості чи після зміни режиму навантаження на двигун.

Необхідно зазначити, що дану несправність необхідно усувати невідкладно, оскільки проблеми з інжектором негативно позначаються, як на ресурсі двигуна і трансмісії та і у загальній безпеці руху автомобіля.

Автомобільні паливні форсунки, поділяються на кілька типів, з яких найбільш використовуються два види - механічні і електромагнітні інжектори.

Електромагнітні форсунки комплектуються спеціальним клапаном, який здійснює відкриття і закриття форсунки, що необхідно для подачі палива під впливом ЕБУ двигуном. Механічні форсунки відкриваються внаслідок зростання тиску палива у форсунці. Слід зазначити, що на сучасних автомобілях (для оптимізації процесу), використовуються в основному, електромагнітні пристрої.

Найбільш простий і доступний спосіб, що дозволяє швидко перевірити інжекторні форсунки (не знімаючи їх із автомобіля), є аналіз шумів, що видаються двигуном у процесі роботи.

Для визначення несправності форсунки на слух по звуку, можливо у тому випадку, якщо з блоку циліндрів доноситься приглушений високочастотний шум.

На рис. 3.3, відображена перевірка силюноїда форсунки.

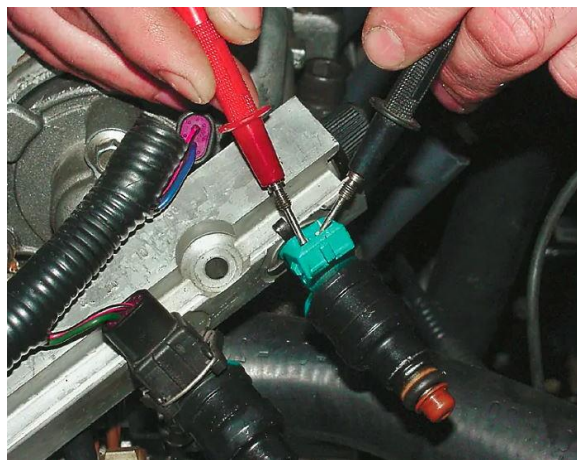


Рисунок 3.3 – Перевірка електромагнітного клапана форсунки.

Зазначену перевірку проводять у тому випадку, якщо форсунки справні, але будь-який інжектор не працює при увімкненому запалюванні. Тому, для проведення діагностики електромагнітної котушки, необхідно:

- від інжектора відімкнути колодку, після чого, до АКБ під'єднати два електропровідники, а інші кінцевики з'єднати із контактами форсунки;
- увімкнути запалювання та зафіксувати прояв присутності стуків клапана (спраний) і навпаки ;

Інший спосіб перевірки інжектора – це використання мільтиметра (вимірювання опору обмотки електромагнітного клапану). Опір між крайнім та центральним контактом форсунки з високим імпедансом має бути в межах від 11-12 до 15-17 Ом., рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Визначення опору обмотки електромагнітного клапана.

Якщо на автомобілі застосовуються форсунки з низьким опором, показник знаходиться у межах від 2 до 5 Ом.

3.4 Діагностика паливних форсунок у випадку їхнього демонтажу

Якщо відмічені явні відхилення від допустимих норм, тоді форсунку необхідно демонтувати з двигуна для детальної діагностики. Також можлива заміна форсунки на нову, після чого оцінюється робота двигуна. Для даної перевірки, паливну рейку необхідно зняти, разом із закріпленими на ній

форсунками. Після цього, необхідно з'єднати всі електричні контакти до рампи і форсунок у випадку їх від'єднання та увімкнути мінусову клему АКБ, рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Перевірка електромагнітних форсунок, встановлених на рампу.

Рампу необхідно розмістити в підкапотному відділенні так, щоб під кожною із форсунок знаходилася мірна ємність з нанесеною шкалою.

Завершальним етапом стане вимкнення запалення та перевірка рівня палива у ємностях. Зазначений рівень має бути рівнозначним у кожній ємності.

Більша чи менша кількість пального в мірних ємностях вкаже на несправність форсунки або необхідність очищення одного або кількох інжекторів. Якщо форсунка демонструє недолив, тоді елемент необхідно очистити чи піддавати заміні. Підтікання палива після відключення запалення вкаже на втрату герметичності.

В умовах СТО, цю операцію проводять на спеціальному перевірочному стенді, що дозволяє точно визначити, як ефективність подачі палива так і форму факела під час його розпилу.

У процесі діагностики, найчастішою причиною нестійкої роботи двигуна, є забиття інжекторів. Існує кілька способів очищення форсунок, серед яких може використовуватися механічне, ультразвукове або очищення за допомогою спеціальних хімічних рідин.

У ряді випадків заливку в паливний бак спеціальної присадки-очисника інжектора, достатньо для нормалізації роботи всієї системи. Також

необхідно, з певною періодичністю проводити перегазовку двигуна до високих оборотів чи розганяти автомобіль до 110-130 км/год (у режимі пробігу близько 10 - 20 км). Тривала робота форсунок під навантаженням, дозволить здійснити процес самоочищення електромагнітних форсунок. Відповідно, щодо промивання форсунок, рекомендується промивати інжектор кожні 30 - 40 тис. пройдених кілометрів. Тобто, очищення інжектора слід робити для профілактики, а не після появи ознак несправності (якщо автомобіль експлуатується в умовах міста та на паливі сумнівної якості, тоді інтервал профілактичних заходів слід проводити частіше).

3.5 Дослідження паливних форсунок, з використання діагностичного комп'ютерного обладнання

Для дослідження паливної системи двигуна із електронним блоком керування, використали вітуальний продукт «Electude», що дозволяє значно зменшити видатки під час проведення експериментальних робіт.

За використання віртуального сканера та осцилографу, нами досліджено тривалість відкриття паливних форсунок у випадку, коли до однієї із них не подається електричне живлення (від АКБ), рис 3.6.



Рисунок 3.6 – Результати досліджень паливних форсунок системи Motronic.

Із поточних діагностичних значень сканера, отримали підвищену тривалість відкриття елетроклапанів, що становить 0,0035 сек.

Відповідно, за справної роботи паливної системи, ширина імпульсів інжектора досягає оптимального значення – 0,0025 сек., що на 0,0010 сек. зменшена тривалість. А це - підвищена економічність двигуна та зменшені викиди отруйних речовин, рис. 3.7

Опис	Значення	мінімум	максимум	одиниця виміру
Температура охолоджуючої рідини двигуна	92.6	-40	130	°C
Частота обертання колінчастого валу (об/хв)	770	0	7250	RPM
Випередження запалювання	11	-64	63.5	°
Вихідна напруга датчика кисню	0.2	0	1.275	V
Ширина імпульсу інжектора	2.5	0	10	ms

Рисунок 3.7 – Ширина імпульсу інжектора, за справної роботи паливної системи двигуна.

Бувають випадки, коли спостерігається відсутній «-», зі сторони електронного блоку керування інжекторним двигуном. Форма електричних імпульсів встановлюється наступна, рис.3.8.

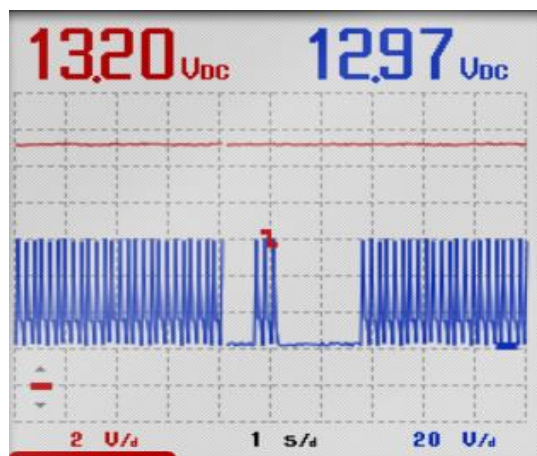


Рисунок 3.8 – Осцилограми електричних імпульсів зі сторони АКБ і ЕБК (за відсутності «-»).

Провівши аналіз вище вказаних осцилограм, можна стверджувати, що за відсутності «-» зі сторони ЕБК на одну із паливних форсунок, двигун переходить у аварійний режим роботи зі значним використанням палива.

Необхідно зазначити, що за стан роботи інжекторів, у значній мірі відповідає запобіжник – 15А (у більшості випадках), рис. 3.9.

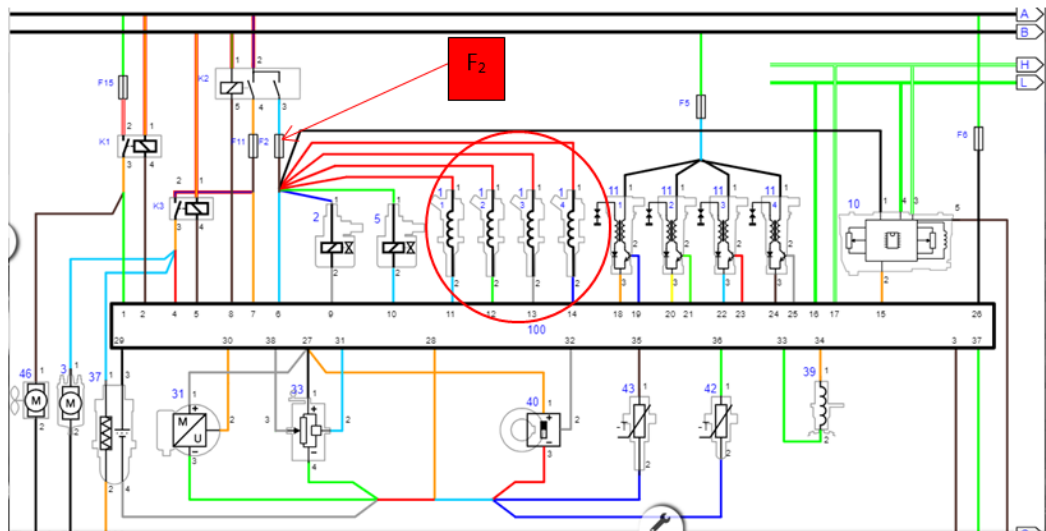


Рисунок 3.9 – Електрична схема живлення електромагнітних форсунок.

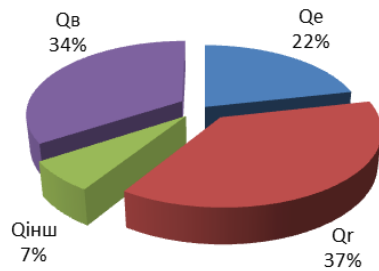
Електрична схема показує, що за перегорання запобіжника F_2 , вимикаються всі інжектори, що не дозволить запуску двигуна з електронним управлінням.

3.6 Результати теплового балансу інжекторного двигуна за непрацюючої паливної форсунки

Відповідно до методики теплового балансу для двигуна із іскровим запалюванням, нами був проведений розрахунок за умови неякісної роботи паливної форсунки, коли електронний блок керування переходить у аварійний режим роботи.

Отримані результати відображені на діаграмах, зображених на рис. 3.10.

За некоректно працюючої паливної форсунки



За працюючої паливної форсунки

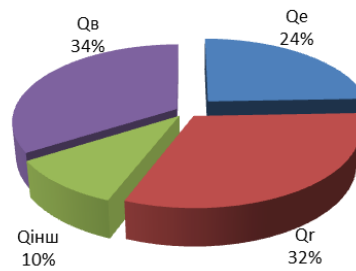


Рисунок 3.10 – Порівняльний тепловий баланс інжекторного бензинового двигуна.

Аналіз діаграм теплового балансу двигуна з розподіленою подачею палива (за несправної паливної форсунки) показує, що ефективна теплота Q_e зменшилась, відносно роботи двигуна за спраної на 2%. А це відповідно, впливає на економічність та збільшені норми викидів отруйних речовин у атмосферу.

Висновки до розділу 3

Відповідно до розрахованого теплового балансу, 2,0% втрати теплоти (Q_e) виникли внаслідок роботи інжекторного двигуна за використання некоректних електричних імпульсів, які сприймалися електромагнітною паливною форсункою. Тому, електронний блок управління, керуючись збільшеною кількістю кисню у відпрацьованих газах, переводить двигун у аварійний режим роботи.

Використовуючи віртуальне середовище "Electude", було досліджено, наскільки збільшилась ширина імпульсів інших інжекторів сучасного двигуна, за причини, коли неякісно працює хоча б одна паливна форсунка.

Результати показали, що в режимі холостих обертів і температурного режиму 92,6°C, тривалість відкриття форсунок підвищується до 0,0035 сек., відносно 0,0025сек.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Можливі небезпечні ситуації під час технічної і компютерної діагностики автомобіля

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [1]-[2]:

- не допускати відключення акумулятора від бортової електромережі автомобіля за працюючого двигуна.
- під час дозарядки (від зовнішнього джерела) акумулятора, слід вимкнути бортову електромережу.
- перед демонтажем будь-яких елементів ЕСУД, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.
- не допускається підключення або відключення елементів (давачів та виконавчих пристроїв функціональних систем) ЕСУ під час увімкненого запалювання.
- перед проведенням електрозварювальних робіт, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї та елементи ЕСУ.
- не допускається піддавати ЕБУ, впливу температури вище 80 °С.
- для виключення корозії з'єднувальних електричних пинів (під час очистки), забороняється спрямовувати струмінь пари на елементи ЕСУД.
- щоб уникнути пошкодження справних вузлів, не допускається застосування контрольно-вимірювального обладнання, не зазначеного в діагностичних картах.
- вимірювання напруги, слід виконувати вольтметром з номінальним внутрішнім опором 10 МОм.
- для запобігання пошкодження електронного обладнання електростатичним зарядом, забороняється торкатися контактних пинів (з'єднувачів або елементів) друкованої плати ЕБУ.

Відповідно, з впровадженням стандартів OBD-II та EOBD, процес діагностики ЕБУ автомобіля уніфікується. На вимогу цих стандартів, одне діагностичне обладнання можна використовувати для тестування автомобілів різних марок. Основною відмінністю стандарту EOBD від OBD-II, є закріплення в наборі його протоколів обміну даними протоколу CAN, впровадженого фірмою BOSCH.

Небезпечні умови відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);

- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

Нами розроблена схема травмонебезпечних ситуацій, під час проведення комп'ютерної діагностики електронного блоку керування сучасним двигуном, рис, 4.1.

У подальшому, розрахунок проводять за наступною методикою. Приймається довільна висота блискавковідводу h , м (приблизно $2h_x$) і визначаються контури захисних зон, що утворюються. Якщо у випадку споруда знаходиться в її межах, розрахунки припиняються або висота блискавковідводу і зводиться до оптимальних розмірів, що є економічно вигідно.

Радіус захисту r_x подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 5.1) визначиться за відношенням [2]:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (4.1)$$

де h – висота блискавковідводу, м;

h_x – висота будівлі, м.

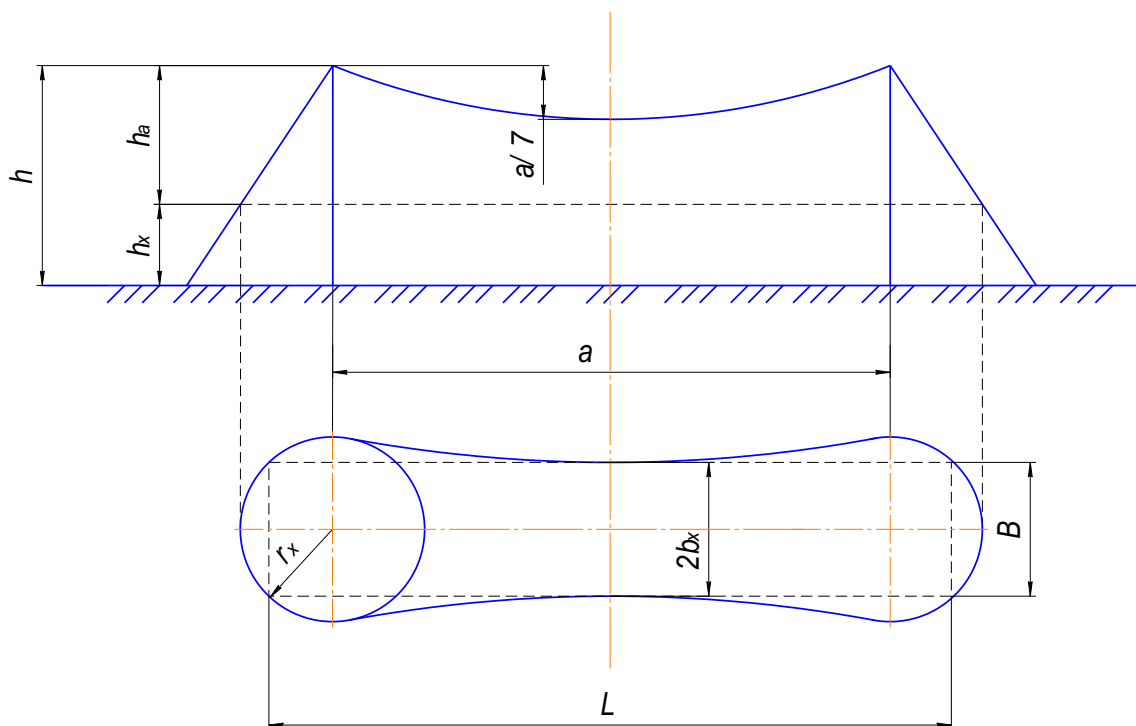


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

Приймаємо висоту блискавковідводу $h = 20$ м.

Тоді,

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{20-8}{20+8} = 13,7 \text{ м}$$

Захисна дія блискавкозахисту характеризується коефіцієнтом захисту

k_x :

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}. \quad (4.2)$$

Тоді,

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{8}{20}} = 1,14$$

Граничний коефіцієнт k_x за висоти блискавковідводу менше 30м становить 1,14.

Ширина внутрішньої захисної зони $2b_x$ на висоті h_x визначиться за формулою:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x \quad (4.3)$$

де h_a – активна висота блискавковідводу, м;

a – віддаль між блискавковідводами, м.

$$h_a = h - h_x, \quad (4.4)$$

тоді,

$$20 - 8 = 12 \text{ м}$$

Для прямокутних будівель

$$a = L - B. \quad (4.5)$$

Відповідно,

$$a = 50 - 20 = 30 \text{ м}$$

Тоді, розрахункова ширина внутрішньої захисної зони буде рівна:

$$2b_x = \frac{7 \cdot 12 - 30}{14 \cdot 12 - 30} \cdot 4 \cdot 13,7 = 27,43 \text{ м}$$

Отже, навівши контури захисної зони на контури будівлі СТО, отримали захисну зону від ударів блискавки.

4.3 Охорона праці обслуговуючого персоналу

Охорона праці під час комп'ютерної діагностики транспортного засобу, є важливою для забезпечення безпеки працівників і попередження можливих ризиків. Ось деякі аспекти, які слід враховувати:

Вентиляція приміщення. Слід переконатися, що приміщення, де проводиться діагностика, добре провітрюється. Це особливо важливо при використанні хімічних речовин або якщо виникає необхідність у скиданні вихлопних газів.

Заземлення обладнання. Правильне заземлення комп'ютерного обладнання та автомобіля, є ключовим для уникнення електростатичного розряду, що може пошкодити електроніку.

Особистий захист. Слід забезпечити працівників відповідним особистим захистом, таким як: рукавиці, окуляри та захисний одяг, особливо при взаємодії з хімічними речовинами чи мастилами.

Вимкнення автомобіля. Необхідно забезпечити, щоб автомобіль був вимкнений та ключ вийнятий перед тим, як розпочати будь-які діагностичні роботи.

Безпека електроживлення. Необхідно уникати взаємодії з електричними системами автомобіля, особливо з високовольтними системами (якщо такі є), не маючи відповідної кваліфікації та заходів безпеки.

Навчання персоналу. Необхідно переконатися, що персонал має відповідну підготовку та розуміє правила безпеки під час роботи з комп'ютерною діагностикою автомобіля.

Ці заходи допоможуть забезпечити ефективну та безпечну процедуру комп'ютерної діагностики автомобіля, зменшуючи ризик та захищаючи здоров'я працівників.

4.4 Організаційно-технічні рекомендації

Охорона довкілля - це система заходів, направлених на підтримання раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнім середовищем: зберігання і відновлення природних багатств та розумне їх використання. Все це робиться в інтересах сьогоденних і майбутніх поколінь людей. Ці заходи повинні науково обґрунтовуватись і можуть здійснюватись на різних рівнях; міжнародному, державному, відомчому, виробничому, суспільному та індивідуальному.

Вплив автомобільного транспорту в забрудненні навколишнього середовища і негативному впливі на населення (очевидно) ще більш істотний, ніж прийнято вважати, саме:

1. Основна кількість автомобільного транспорту зосереджена в місцях з високою щільністю населення - містах, промислових центрах;

2. Шкідливі викиди від автомобілів виробляються в самих нижніх, приземних шарах атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їхнього розсіювання є найгіршими;

3. Відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять висококонцентровані токсичні компоненти, що є основними забруднювачами атмосфери. Час, протягом якого шкідливі речовини природним способом зберігаються в атмосфері, оцінюється від десяти діб до півроку. Слід зазначити, що у відпрацьованих газах автомобільних двигунів міститься більш 200 токсичних хімічних сполук, велика частина яких представляє різні вуглеводні. Крім прямого негативного впливу на людину, викиди від автотранспорту наносять і непрямої шкоди. Так, підвищення концентрації кінцевого продукту горіння автотранспортного палива - діоксид вуглецю, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери (так званий парниковий ефект). На думку багатьох експертів, наслідком цього, є такі природні катаклізми, як масштабні пожежі в Південно-Східній Азії, Америці, Сибіру, повені в Європі й Азії.

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів. Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водяним екосистемам, ведуть до знищення фауни, викликають підвищену корозію металів і руйнування будівельних конструкцій. Крім того, оксиди азоту сприяють фарбуванню повітря в коричневий колір, а в сполученні з різними аерозолями викликають грязьовий туман (смог), погіршуючи видимість.

Реальні кількісні оцінки шкідливих викидів від автомобільного транспорту вкрай важкі. Це зв'язано з тим, що автомобіль є мобільним джерелом з несталим процесом виділення шкідливих речовин.. Головними причинами підвищеного забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом є: незадовільна якість автотранспортного палива; низькі техніко-експлуатаційні показники парку автотранспортних засобів. Обидва ці фактори впливають на забруднення атмосфери як безпосередньо (наприклад, через неефективне спалювання палива), так і побічно (через невиправдано високу витрату палива).

Основними проблемами, зв'язаними з якістю автотранспортних палив, є :

- низьке октанове число в більшій частині реалізованих бензинів;
- незначні обсяги виробництва зимових сортів дизельного палива.

І тому, такий стан речей не дає гарантій ефективного використання нафтопродуктів, призводить до необхідності підвищеного споживання автотранспортних палив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина так званих етилованих (тобто утримуючих свинець, бензину). Формулювання " значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафторосподільному секторі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

Використання високо потужних, енергетичних засобів, з надмірними габаритами, під час руху по ґрунтових дорогах призводить до надмірного ущільнення поверхневого шару ґрунту, що спричиняє руйнування структури гумусу та відповідно, затрудненому проростанню рослин.

Ґрунт - найважливіший ресурс людства. Багатовікове використання землі з ураженням ерозійними процесами призвели до значного зливу і видування ґрунтів, утворення ярів, наносів пісків, замулення ставків, водойм, річок.

Практика виробничо-дослідного господарства переконливо показує, що проблема боротьби з ерозією ґрунтів має розвиватись на основі планового проведення комплексу протиерозійних заходів. Найбільш поширеними заходами є організаційно-господарські, протиерозійні, агротехнічні, агролісомеліораційні та гідротехнічні. Вони передбачають безпечне в ерозійному відношенні сільськогосподарське використання земель і найбільш ефективно використання різних способів і методів боротьби з ерозією. Боротьба з водною ерозією ведеться різними способами, а саме проводиться ґрунтозахисна сівозміна. А боротьба з вітровою ерозією передбачає захист полів від вітру, збереження в ґрунті вологи.

Дуже часто на автомобільних підприємствах, технічне обслуговування автомобілів проводиться не на належному рівні: а) відпрацьовані оливи зливаються на землю; б) зношені шини спалюються безпосередньо на землі. Злив відпрацьованих олив приводить до забруднення ґрунту, а спалювання шин, приводить до вигорання родючого шару ґрунту і забруднення атмосфери продуктами згоряння. Щоб уникнути таких негативних явищ, слід відпрацьовані оливи збирати в ємність для подальшої переробки, а зношені шини відправляти на утилізацію у відповідні спеціалізовані підприємства.

Пасивне відношення до паливо - мастильних матеріалів, також призводить до знищення довкілля.

Спалюючи велику кількість палива, автомобільна техніка викидає у повітря значну кількість шкідливих речовин, що спричиняють значне

забруднення атмосфери. Тому, правильне зберігання і використання нафтопродуктів - один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Для запобігання підтікання паливо - мастильних матеріалів з автомобільних засобів, на у автомобільних підприємствах проводиться контроль стосовно періодичних технічних обслуговувань або усунення несправностей окремих вузлів.

Слід зазначити, що під час експлуатації автомобілів, слід вибирати такі швидкісні режими, які б відповідали екологічним показникам технічних умов. Під час зберігання нафтопродуктів, слід використовувати стаціонарні резервуари, дрібну нафтотару. Резервуари для нафтопродуктів, що не є легкими, обладнують вентиляційними пристроями.

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з атмосферою недопустиме, оскільки це призводить до його значних втрат. Тому всі отвори резервуарів з нафтопродуктами, що легко випаровуються, повинні бути щільно закриті.

Одним з найбільш використовуваних ресурсів у побуті - вода. Найбільшим її споживачем є сільське господарство.

Основним завданням охорони довкілля є дбайливе ставлення до неї, збереження та створення сприятливих умов для життя суспільства.

Біля території СТО знаходиться незначна кількість невеликих потічків та відкритих водойм. Тому, від робочого персоналу по обслуговуванню автомобілів вимагається належне ставлення до відпрацьованих рідин (зливати у відповідні ємкості для подальшої утилізації у відповідних передбачених законом місцях) [2]. Хімічні рідини, що призначені для миття агрегатів чи кузова автомобіля, необхідно зберігати в типових складських приміщеннях.

Також, пост зовнішнього миття автомобілів та вантажної техніки, необхідно обладнати устаткуванням для повторного використання води, а стічні води від інших приміщень (загального користування), направляти у

відстійники та після певного часу зберігання, вивозити спеціальним транспортом.

Висновки до розділу 4

Під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобіля, були розроблені наступні заходи з охорони та безпеки праці працівників:

1. Необхідність перевірки системи вентиляції та наявність шкідливих речовин, під час діагностики автомобіля.

2. Представлена методика навчання персоналу з правил безпеки під час проведення діагностичних робіт.

3. Розроблено методи перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики технічного засобу, для уникнення небажаних травмонебезпечних ситуацій.

Також були змодельовані можливі події, які можуть впливати на безпеку проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Отримали розрахунок пожежної безпеки будівлі, де відбуваються діагностичні та відновлювальні роботи автомобілів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Економічні витрати

Економічні витрати автомобіля з електронним керуванням під час аварійного режиму роботи, можуть бути значними і включати різні аспекти.

Ось деякі із можливих:

Ремонт електроніки. В аварійних ситуаціях, може виникнути необхідність у серйозному ремонті або заміні електронних компонентів і систем. Вартість зазначених вище робіт може бути значною, через високу складність сучасних електронних систем [7].

Вартість заміни частин. Якщо аварійний режим призвів до пошкодження виконавчих елементів автомобіля (датчики, блоки управління і інш.), то вартість їх заміни або відновлення можуть бути досить значні.

Втрати від зупинки. Якщо автомобіль перебуває в аварійному режимі, це може призвести до зупинки або обмеження його функцій. А також спричинити втрати для власників, пов'язані з невикористанням транспортного засобу.

Страхові витрати. У випадку аварії, пов'язаної з електронікою, можуть збільшитися страхові витрати, особливо якщо необхідно відновлювати чи здійснювати заміну дорогих електронних елементів.

Вартість діагностики та трудовитрат. Визначення та усунення проблем у системах електронного керування, може вимагати великих трудовитрат та витрат на діагностику.

У загальному, слід зазначити, що економічні витрати в аварійному режимі для автомобіля з електронним керуванням, можуть бути значними через високотехнологічні компоненти, складність діагностики та ремонту.

5.2 Взаємозв'язок паливної системи із сенсором кисню, що суттєво впливає на економічність двигуна

Давач кисню, також відомий, як лямбда-зонд, важливий для регулювання суміші повітря та палива в бензинових двигунах. Його вплив на економічні показники може бути дуже значним.

Ось деякі аспекти, які пам'ятати:

- Ефективність споживання палива (паливна ефективність). Давач кисню на автомобільному двигуні, оптимізує вміст повітря та палива у робочій суміші, що забезпечує ефективне їхнє згоряння. А це відповідно, позитивно впливає на споживання палива та зменшує викиди.

- Зменшення шкідливих викидів. Сенсор кисню дозволяє уникнути збільшення витрати палива, для його згоряння. Це дозволяє двигуну працювати оптимально і зменшує кількість шкідливих викидів у атмосферу.

- Збереження каталізатора. Давач кисню, дуже важливий для роботи каталізатора, який відповідає за зниження рівня шкідливих викидів. Правильна робота сенсора, дозволяє підтримувати ефективність каталізатора і зменшує його зношення.

- Максимальна потужність. Зазначений сенсор, також може впливати на максимальну потужність двигуна, підтримуючи його функціонування на оптимальному рівні.

- Тривалість експлуатаційного періоду двигуна. Правильна робота сенсора кисню, може сприяти збереженню двигуна, зменшуючи його знос та забезпечуючи оптимальні умови роботи.

Узагальнюючи, сенсор кисню відіграє ключову роль в оптимізації роботи бензинового двигуна, що може призвести до покращення його економічних показників, таких, як споживання палива та екологічних показників.

5.3 Експлуатаційні витрати

Використання комп'ютерного діагностичного обладнання для аналізу електронного блоку керування автомобілем, дозволяє вчасно виявляти проблеми у роботі виконавчих електронних компонентів, які формують або коригують електричні сигнали від робочих механізмів, що контролюються блоком управління. Для розрахунку економічних втрат, коли досліджуваний автомобіль потрапляє в аварійний режим роботи (за неякісної роботи паливної форсунки), використовується методика, яка детально описана у джерелі [7].

Отже, витрати на експлуатацію автомобіля будуть визначатися за наступною формулою:

$$Z = Z_n + Z_{zm} + Z_{TO} + Z_{av} + Z_{ш} + Z_{zn} \quad (6.1)$$

де Z_n – витрати на пальне;

Z_{zm} – витрати на змащувальні матеріали, $Z_{zm} = 1,8$ грн./км;

Z_{TO} – витрати на технічне обслуговування;

Z_{av} – витрати на амортизаційні відрахування;

$Z_{ш}$ – витрати на шини, $Z_{ш} = 0,19$ грн./км;

Z_{zn} – витрати на заробітну плату водія, $Z_{zn} = 10,00$ грн.

Грошові витрати на придбання палива (з справною і несправною системою) визначаємо за відомою формулою:

$$Z_n^{\bar{}} = \frac{C_n^{\bar{}} \cdot g}{100} \quad 6.2$$

де, $C_n^{\bar{}}$ – вартість палива, $C_n^{\bar{}} = 53,00$ грн./л;

g – витрата палива (з несправною системою), $g = 10,0$ л/100 км.

Тоді:

$$Z_n^{\bar{}} = \frac{53,00 \cdot 10,00}{100} = 5,30 \text{ грн/км}$$

Тоді, з справною системою:

$$Z_n^e = \frac{C_n^e \cdot g_n}{100}, \quad 6.3$$

де, $g_{п.п}$ – витрата палива з модернізованою системою, $g_{п.п} = 7,0$ л/100 км.

Отже:

$$Z_{п}^в = \frac{53,00 \cdot 7,0}{100} = 3,71 \text{ грн./км}$$

Розрахунки показують, що витрати на придбання палива для автомобіля з справною системою є нижчими, відносно несправної.

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

$$Z_{то} = N_{тр} \cdot l_{тр} \cdot 10^{-3} \text{ грн./км} \quad 6.4$$

де, $N_{тр}$ – витрати на автомобіль з модернізованою системою і базовою, $N_{тр} = 82,2$ грн./1000 км.

$$Z_{то} = 72,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0822 \text{ грн./км}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_{амор.} = \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_в}{10^5} + \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_{кап.р.}}{10^5}, \text{ грн} \quad 6.5$$

де, $Ц$ – балансова вартість автомобіля, $Ц = 150600,00$ грн.;

$A_в$ – нормативні амортизаційні відрахування, $A_в = 0,22$;

l_p – річний пробіг, приймаємо $l_p = 15500$ км;

$A_{кап.р.}$ – нормативні відрахування на капітальний ремонт, $A_{кап.р.} = 0,14$

$$Z_{амор.} = \frac{150600 \cdot 15500 \cdot 0,22}{10^5} + \frac{150600 \cdot 15500 \cdot 0,14}{10^5} = 5135,50 + 3268,02 = 8403,52 \text{ грн.}$$

Згідно виразу (6.1), отримаємо:

- для несправної системи

$$Z = 5,30 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 17,55 \text{ грн./км};$$

- за справної

$$Z = 3,71 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 16,06 \text{ грн./км.}$$

А за річний пробіг витрати будуть становити ($\delta = 0,01$ - коеф., що враховує простій автомобіля, тобто пробіг рівний близько 14850 км/рік):

- з справною

$$Z_{д} = 16,06 \cdot 14850 = 238523,67 \text{ грн./рік};$$

- за несправної

$$Z_{д} = 17,55 \cdot 14850 = 260617,50 \text{ грн./рік.}$$

Отже, річні економічні витрати від некоректної роботи ЕБК, склали:

$$E = 260617,50 - 238523,67 = 22093,83 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу 5

За несправності хоча б однієї паливної форсунки інжекторного двигуна, що керується електронним блоком управління, може перейти в аварійний режим, і призвести до економічних витрат, збільшених норм споживання палива та підвищених викидів токсичних газів у атмосферу. Цей негативний процес, призвів до річних економічних втрат приблизно у розмірі 22093,83 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Техніко-економічне обґрунтування літературних джерел доводить, що робота електромагнітних паливних форсунок сучасних бензинових двигунів, суттєво залежить від кількості подачі повітряного заряду та від кута випередження запалювання, якого формує ЕБУ.

Доведено, що подана напруга на катушку електромагнітного клапана і хід самого клапана (спричиненого дією електромагнітним полем) відрізняється у часі на 2 мсекунди, але не з'ясовано, як впливає неякісна робота хочаб однієї паливної форсунки, на тривалість відкриття суміжних форсунок, коли ЕБУ переходить у аварійний режим роботи.

Представлена методика розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, за неякісно працюючої паливної форсунки з електронним управлінням.

Подано методику розрахунку тривалості проходження паливо-повітряної суміші, через впускний клапан за один хід поршня (під час такту впуску, у режимі холостого ходу).

Тривалість проходження паливо-повітряного потоку через впускний клапан, складає близько 0,45 сек. (за один хід поршня у режимі ХХ).

Відповідно до розрахованого теплового балансу, 2,0% втрати теплоти (Q_e) виникли внаслідок роботи інжекторного двигуна за використання некоректних електричних імпульсів, які сприймалися електромагнітною паливною форсункою. Тому, електронний блок управління, керуючись збільшеною кількістю кисню у відпрацьованих газах, переводить двигун у аварійний режим роботи.

Використовуючи віртуальне середовище "Electude", було досліджено, наскільки збільшилась ширина імпульсів інших інжекторів сучасного двигуна, за причини, коли неякісно працює хочаб одна паливна форсунка.

Результати показали, що в режимі холостих обертів і температурного режиму 92,6°C, тривалість відкриття форсунок підвищується до 0,0035 сек., відносно 0,0025сек.

Під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобіля, були розроблені наступні заходи з охорони та безпеки праці:

1. Необхідність перевірки системи вентиляції та наявність шкідливих речовин, під час діагностики автомобіля.

2. Представлена методика навчання персоналу з правил безпеки під час проведення діагностичних робіт.

3. Розроблено методи перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики технічного засобу, за необхідності уникнення небажаних травмонебезпечних ситуацій.

За несправності хоча б однієї паливної форсунки інжекторного двигуна (який керується електронним блоком управління), може перейти в аварійний режим роботи, і призвести до економічних витрат, збільшених норм споживання палива та підвищених викидів токсичних газів у атмосферу. Цей негативний процес, призвів до збільшення споживання палива та відповідно, до річних економічних втрат близько 22093,83 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей. 2006, 292 с.
2. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994, 187 с.
3. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.
4. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь.К.: 2018, 400 с.
5. Мазепа С. С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. Львів: Видавництво НУЛП, 2004, 168 с.
6. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003, 511 с.
7. Розрахунок економічної ефективності механізму. Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.
8. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання. Навчальний посібник .Вища школа, 2001. 180с.
9. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016, 236 с.
10. Грицук І.В., Вербовський В.С., Володарець М.В., Краснокутська З.І., Погорлецький Д.С., Бородін С.І. Особливості розробки циклу теплової підготовки транспортного двигуна за допомогою теплового акумулятора. Матеріали V міжнародної науково-технічної інтернет 33 конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології», 20-21 листопада 2017 р ХНАДУ, Харків, 2017, С. 25 – 27.
11. Двигуни внутрішнього згоряння : [підручник]: у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф.

Шеховцова].:Т.2: Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. Харків : Видавн. центр НТУ «ХП», 2004, 367 с.

12. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. К.: Каравела, 2009, 400с.

13. Дяченко В.Г., Саловський В.С., Кропівний В.М. Розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник; За ред. к.т.н. В.Г. Дяченка, к.т.н. В.С. Саловського. Кіровоград: КДТУ, 2003. 266 с.

14. Навчальне середовище «Electude»/ Електронний ресурс, режим доступу: <https://lnau.electude.eu>.

15. Войтов В. А., Чепурний Ю.В. Метод віброакустичного дослідження клапанного механізму двигуна внутрішнього згорання. Збірник наукових праць. 2020. N 2. P.72. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.20>.

16. Яценко К.Г., Блещенко М.О., Коростильов Г.Л., Чепурний Ю.В. Експериментальне дослідження віброакустичним методом клапанного механізму двигуна внутрішнього згорання. Системи озброєння і військова техніка. 2020. N 1(61). С. 177-182. <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.61.21>.

17. Бороденко Ю.М., Гнатов А. В., Щ.В. Аргун Щ. В. Б83 Мехатронні системи автомобіля. Частина 1. Силовий привід: підручник. Харків : ХНАДУ, 2023. 300 с.

18. Яким Р. С. Приводи транспортних машин: навчальний посібник. Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2020, 240 с.

19. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами: навч. посіб. для студентів ВУЗів. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013, 132 с.

20. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. 6-те вид. К.: Либідь, 2006, 400 с.

21. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Навчальний посібник К.: Арістей, 2007, 288 с.

22. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля. Наука і техніка, 2012, 392с.
23. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інші. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570): метод. посіб. за ред. О.Ф. Дащенко: Наука і техніка, 2012, 186с.
24. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інші. Засоби та методи діагностування систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування (базовий прилад - комплекс FSA-740) : метод. посіб., за ред. М.Б. Копитчука: Наука і техніка, 2012, 188с.
25. Максимов В.Г., Ніцевич О.Д., Дрома І. А. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем. Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип.3(42), с. 60-65.
26. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003, 250 с.
27. Біліченко В.В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. – 118 с.
28. Перевірка паливних форсунок / Електронний ресурс, режим доступу: <https://addinol.kiev.ua/blog/kak-proverit-inzhektornye-forsunki- s motora>.