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

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

Магістерського рівня освіти

на тему: «**Дослідження параметрів роботи індукційної котушки системи «Motronic» 4.1 автомобіля «Opel»»**

Виконав: студент VI курсу групи Ат-62
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва)
Дмитро МЕЛЬНИЧУК
(ім'я та прізвище)

Керівник: *Мирон МАГАЦ*
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Мельничук Д. І. «Дослідження параметрів роботи індукційної котушки системи «Motronic» 4.1 автомобіля «Opel»»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 55 с.

Табл.0; рис. 14; бібліогр. джерел 27.

Проаналізовано літературні джерела, що стосуються роботи системи запалювання сучасних двигунів з електронним управлінням та виявлено їхні проблемні особливості.

Розраховано тепловий баланс інжекторного двигуна у випадку неякісної роботи індукційної котушки запалювання.

Розроблено методику та представлено ефективні діагностично-експериментальні спостереження за двигуном із некоректною роботою модуля запалювання та його вплив на формування електричного розряду у свічках запалювання.

Описано заходи з охорони праці, спрямовані на забезпечення безпеки під час проведення діагностично-експериментальних досліджень.

Проаналізовано щорічні економічні втрати, які системи забезпечують через некоректну роботу модуля запалювання.

ЗМІСТ

ВСТУП……..6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ……..8
1.1 Використання електронних систем в автотранспортних засобах ……...8
1.2 Види електронних систем запалювання ……..….10
1.3 Вплив сенсора кисню на систему запалювання ……..12
1.4 Особливості роботи систем запалювання…….……14
Висновки до розділу 1……..……..……..……....20
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА…….……..…21
2.1 Тепловий баланс інжекторного двигуна, за неякісної роботи модуля запалювання……..…..……21
2.2 Розрахунок індукційної котушки……..……23
2.2.1 Розразунок індуктивності по кількості витків і розмірах котушки……24
Висновки до розділу 2……..……...….26
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ……28
3.1 Ознаки несправності котушки запалювання ……...……..…28
3.2 Різновиди котушок запалювання ……...…….……..29
3.3 Методика перевірки технічного стану котушок запалювання ……..…30
3.4 Обладнання для досліджень ……..…...……31
3.5 Методика комп’ютерної діагностики системи запалювання сучасного двигуна …….….32
3.6 Результати теплового балансу за некоректної роботи котушки запалювання……..…35
Висновки до розділу 3……..……..…36
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ……...…….……...37
4.1 Небезпечні ситуації …….……..……...37

4.2 Пожежна безпека. ……..…….39

4.3 Охорона праці …..……...…42

4.4 Організаційно-технічні рекомендації …… ……..43

Висновки до розділу 4…….…….47

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА…….…….48

5.1 Дослідження експлуатаційних витрат ……..……48

Висновки до розділу 5……..……..…...50

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ…….51

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ …..……..……...53

ВСТУП

Сучасні електронні системи автоматичного управління автомобілями, бортовими пристроями, у більшості випадків, мають однакову конструктивну схему. Різні електронні датчики, перетворюють дані про контрольовані неелектричні параметри на електричні сигнали. Ці сигнали конвертуються в цифровий код і передаються до електронного блоку управління. На основі отриманих сигналів та відповідно до запрограмованого програмного забезпечення, мікроконтролер аналізує дані, та керує виконавчими механізмами, такими як реле, соленоїди, електродвигуни.

Удосконалення автомобільних електронних систем, значною мірою залежить від використання надійних, точних і доступних за ціною датчиків. З 1990-х років, більшість автовиробників активно працюють над зниженням рівня токсичних викидів. Це призвело до впровадження додаткових датчиків для контролю роботи силового агрегату, електронної системи випуску, системи впорскування палива, трикомпонентного каталізатора, а також для точного регулювання зміни повітря та палива в суміші. Відповідно, зазначені вище заходи, дозволили значно зменшити шкідливість відпрацьованих газів.

Для цього, комп’ютерна діагностика автомобілів, потребує використання спеціалізованих програмно-апаратних комплексів, які дають змогу досліджувати технічний стан різних систем та їх електронних компонентів.

Такий підхід, забезпечує швидке й точне виведення несправностей, аналіз електронних систем і виправлення помилок, які можуть виникнути під час експлуатації сучасних автомобільних транспортних засобів.

Для швидкого і точного аналізу впливу індукційної котушки на формування пробивної напруги між контактами свічок запалювання, що у подальшому відображається на повноті згоряння робочої суміші в камерах згоряння двигуна, забезпечить сучасне діагностичне обладнання, таке як адаптери, осцилографи, мультиметри.

Метою кваліфікаційної роботи, є дослідження електричного сигналу первинної обмотки індукційної котушки та вплив його на формування пробивної напруги на свічках запалювання.

Нам необхідно:

1. Провести аналіз літературних джерел, щодо існуючих систем запалювання на сучасних двигунах з електронним управлінням;
2. Дослідити тепловий баланс інжекторного двигуна за неякісної роботи індукційної котушки запалювання.
3. Здійснити комп'ютерну діагностику сучасного автомобіля та дослідити форму і значення електричного сигналу первинної обмотки (в період його розмикання).
4. Представити заходи з охорони праці та техніки безпеки під час технічного огляду автомобілів.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Використання електронних систем в автотранспортних засобах

Термін "Автомобільна електроніка", широко використовується в сучасній технічній літературі, хоча її точне визначення поки не сформульовано. За думкою дослідників [10], автомобільна електроніка — це комплексний науково-технічний напрямок, що охоплює розробку, виробництво та використання електронних систем в автомобілебудуванні.

Сучасна наука про автомобільне бортове обладнання, розвивається у двох основних напрямках:

- вдосконалення параметрів і характеристик існуючих пристроїв, систем, апаратів і приладів;
- створення нових функціональних вузлів, систем і блоків для автоматизації та механізації праці.

Завдяки науковим дослідженням (за досить короткий період) суттєво модернізоване класичне електрообладнання, а також розроблено низку нетипових для автомобілів бортових систем автоматичного управління. Такі досягнення, стали можливими, завдяки розвитку напівпровідникових і мікроелектронних технологій, які широко використовуються у виготовлені електросхем, що є ключовою ланкою у електронному управлінні автомобілем.

Поряд із вдосконаленням традиційних бортових пристроїв розроблені та нині широко застосовуються нові системи бортової автоматики. До складу цієї системи входять різноманітні технічні пристрої, які можуть відрізнятися як принципом дії, так і конструктивними особливостями. Це можуть бути електричні, електронні, електронно-обчислювальні, механічні, пневматичні, гідравлічні та інші пристрої, здатні виконувати функції, передбачені електронними системами.

Автомобільні електронні системи мають спільну особливість: вони

керують неелектричними процесами, отримуючи управління від електронної автоматики. Первинними джерелами керуючих сигналів у таких системах виступають драйвер, програма, записана в електронну память, а також зовнішні неелектричні дії.

Широкі можливості обчислювальної техніки та зростання навичок її використання серед населення, призвели до того, що автомобілі без електронних систем у багатьох країнах стали неконкурентоспроможними. Вони сприймаються споживачами, як застарілі та невідповідні сучасному рівню технічного розвитку. Таким чином, впровадження електронних систем в автомобілі, слід розглядати не як тимчасову тенденцію, а як закономірність, рис. 1.1.

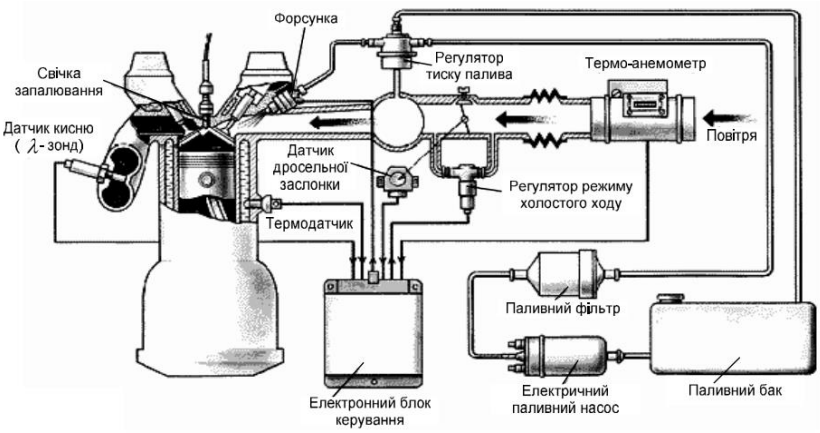


Рисунок 1.1 – Електронна система керування двигуном.

Крім того, для окремих суб'єктивних причин розвитку автомобільної електроніки, її широке впровадження все одно стало неминучим. Це пояснюється тим, що використання електронних систем, дозволяє суттєво покращити експлуатаційні характеристики автомобіля. таким чином, вони сприяють зниженню токсичності вихлопних газів, забезпеченню безшумної роботи, підвищенню паливної ефективності, безпеки руху, комфорту, прохідності та простоти технічного обслуговування.

Електроніка покращує тягово-швидкісні та гальмівні властивості, керованість і стійкість автомобіля, зручність посадки та висадки, легкість

керування, маневреність, розпізнаваність на дорозі, видимість із салону, а також охорону автомобіля.

Слід зазначити, що переважна більшість електронних систем керування двигуном, має функцію самодіагностики (зокрема, відображення кодів несправностей на інформаційному табло), що дозволяє швидко дослідити несправність систем чи механізмів.

Електронні системи забезпечують можливість створення оптимально якісної робочої суміші для всіх режимів роботи двигуна внутрішнього згоряння, що значно підвищує його економічні та екологічні характеристики.

Вони є високонадійними та не потребують частого технічного обслуговування. Дають можливість, збільшити зазор між електродами свічки запалення на 20–30 %, після чого напруга у вторинній обмотці котушки запалення є вищою, ніж у традиційних системах. Завдяки цьому процесу, згоряння робочої суміші відбувається ефективніше, що збільшує зростання потужності й економічності двигуна, а також покращує його запуск.

Процес тривалості іскрового розряду, суттво впливає на якість запалювання робочі суміші та відповідно, на експлуатаційні характеристики двигуна. Зазвичай, вона становить від 0,2 до 0,6 мс. Якщо тривалість часу розряду зменшується - ускладнюється запуск двигуна, а при значному збільшенні розряду - електроди свічок піддається температурній ерозії. У таких випадках, електронний блок керування регулює ці процеси, як під час запуску, так і в інших експлуатаційних режимах.

1.2 Види електронних систем запалювання

Сучасні автомобілі комплектуються слідуючими електронними системами: Bosch Motronic, Simos , Magneti - Marelli і інші [14].

Вони поділяються на системи з розподільником та із прямим запалюванням.

Системи запалювання першого типу, оснащені механічним

розподільником, який забезпечує передачу струму високої напруги до кожної окремої свічки запалювання. Натомість, у системах прямого запалення високовольтна напруга надходить до свічок, пезпосередньо від індукційної котушки.

Надійна робота даних систем буде забезпечуватися лише тоді, коли від різних електронних датчиків, до блоку управління, будуть надходити якісні і вчасні електричні імпульси. До них належать:

- датчик частоти обертання колінчастого валу;
- датчик фаз;
- датчик кількості впускного повітря;
- датчик детонації;
- датчик температури впускного повітря;
- датчик температурного режиму ДВЗ;
- датчик тиску впускного повітря ;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик тиску палива у рампі;
- сенсор кисню у відпрацьованих газах.

На рис. 1.2, відображено схему конструктивного рішення електронних систем запалювання сучасного двигуна [10].

Рисунок 1.2 – Схема електронної системи запалювання сучасного бензинового двигуна.

Сучасні мікропроцесорні системи запалювання в двигунах,

забезпечують індивідуальну подачу високої напруги до кожної свічки через багатоканальні провідники [15]. У таких системах, почали використовуватися лазерні свічки запалювання, які не потребують використання проміжного елементу, такого як котушка запалення. Це відповідно підвищує надійність системи, її ефективність (ККД) і мінімізує вплив високочастотних електричних розрядів на електронні блоки бортової мережі автомобіля. Важливо відзначити, що як тільки в керуючій обмотці з'являється струм достатнього рівня (для активації сердечника M_1), живлення обмотки припиняється, і в результаті, у вторинній обмотці генерується висока напруга.

Коли керуюча обмотка знеструмлена, а енергія насичення передається через обмотку Wv", відбувається насичення сердечника M_2, що призводить до утворення високої напруги в обмотці W_2.

Цей процес трансформації енергетичного насичення, характеризується високою надійністю, а сам трансформатор має компактні розміри та незначну вагу, як показано на рис. 1.3.

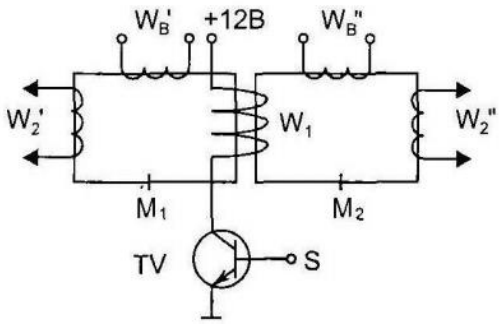


Рисунок 1.3 – Електрична схема магнітного модулятора [15].

1.3 Вплив сенсора кисню на систему запалювання

Сенсор кисню починає функціонувати, коли температура відпрацьованих газів перевищує 350˚С, а температура двигуна досягає приблизно 50˚С. У цей момент, вся інформація із датчика, передається на

електронний блок керування і порівнюється з опорною напругою V_S = 0,45 В, яка є середнім значенням вихідних сигналів між режимами збідної та збагаченої паливно-повітряної суміші.

Основним електролітом у датчику, виступає цирконій, як показано на рис. 1.4.

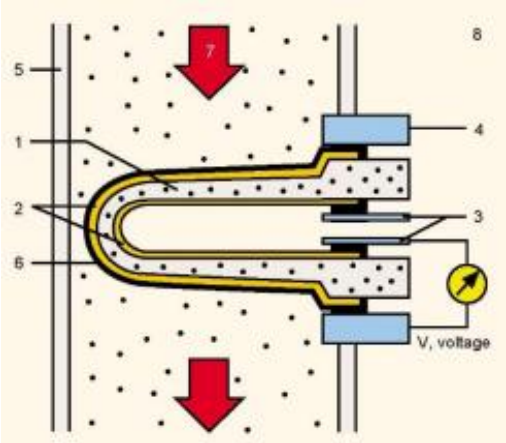


Рисунок 1.4 – Коструктивно-технологічна схема сенсора кисню [15]:

1 – кераміка; 2 – електроди; 3 – контакти; 4 – корпус; 5 – випускна труба; 6 –пориста оболонка; 7 –відпрацьовані гази; 8 – атмосферне повітря.

У конструкцію датчика кисню входить гальванічна комірка та загущений електроліт. Основою його роботи є електроліт і кераміка з діоксидом цирконію (ZrO_2), стабілізованим оксидом ітрію (YO). Зовнішня сторона датчика, контактує з відпрацьованими газами, а внутрішня — з атмосферним повітрям. Обидві сторони кераміки покриті тонкими шарами платини, які забезпечують процес іонізації електродів. Зовнішній платиновий електрод, працює як каталізатор, сприяючи хімічним реакціям у шарі, де присутні відпрацьовані гази, забезпечуючи при цьому стехіометричну рівновагу.

Кераміка, чутлива до відпрацьованих газів, вкрита шпінелевим шаром (тетраоксид діалюмінію-магнію), який захищає її від забруднення. Для додаткового захисту від механічних пошкоджень та високих температур, використовується залізна щілинна трубка. Внутрішня камера з атмосферним

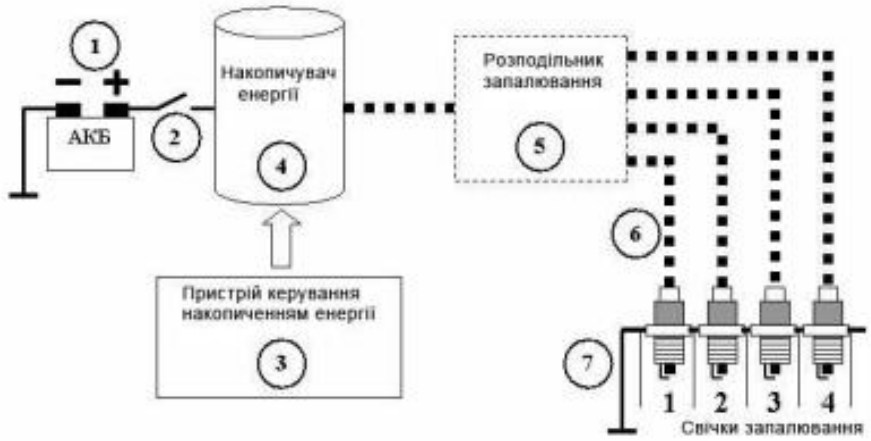
повітрям, служить як референсна сторона датчика.

1.4 Особливості роботи систем запалювання

Системи запалювання сучасних двигунів внутрішнього згоряння постійно вдосконалюються та мають різні конструктивні особливості і принципи роботи. Серед основних відмінностей, можна виділити методи визначення моменту запалювання та принципом розподілу високої напруги.

Ключовим елементом усіх систем запалювання є здатність забезпечити оптимальний кут випередження запалювання. Цей процес, важливий для створення максимальної теплової маси газів, що, у свою чергу, дозволяє забезпечити максимально ефективну роботу циліндрів.

На рис. 1.5 відображена батарейна система запалювання бензинового двигуна [16].



1 – джерело живлення; 2 – вимикач; 3 – пристрій керування накопиченням енергії; 4 – накопичувач енергії; 5 – розподільник; 6 – високовольтні провідники; 7 – свічки запалюваня.

Рисунок 1.5 – Найпростіша система запалювання.

Джерелами живлення для всіх існуючих систем запалювання двигуна є АКБ і генераторна установка, що увімкнені у бортову мережу паралельно.

Мікропроцесорна система запалювання з усіма її компонентами, зображена на рис. 1.6, працює наступним чином: електричні сигнали від датчиків: кількості обертів, розподільного валу, температури двигуна та інших параметрів, надходять до бортового комп'ютера. Усі вхідні сигнали керування комутатором, який накопичує необхідну кількість електроенергії та в автоматичному режимі регулює кут випередження.

Рисунок 1.6 – МПСЗ двигуна [17].

Різні типи електронних систем керування сучасних автомобільних транспортних засобів, відрізняються кількістю датчиків, їх розташуванням на двигуні та конструктивними особливостями, щодо формування та передачі електричних сигналів. Наприклад, комутатор-запальник, виступає як транзисторний ключ, який використовує електричні імпульси від бортового комп'ютера і в потрібний момент вмикає або вимикає живлення первинного кола котушки запалення. В залежності від конструкції, в системі може бути кілька комутаторів, прив'язаних до котушок запалювання. Існують системи з різним розташуванням ключів: об'єднані з електронним блоком керування, окремо для запалювання кожної котушки, або об'єднані в окремий блок, що взаємодіє з електронним блоком управління та котушками, а також індивідуальні системи для індукційних котушок.

Існують два основних типи накопичувачів електричної енергії: 1. Індуктивний спосіб - енергія накопичується в первинній обмотці котушки запалювання, а потім передається на вторинну обмотку індуктивним шляхом, коли первинне коло розмикається; 2 - Накопичення енергії в конденсаторі -

залежно від ємності конденсатора (енергія накопичується, при необхідності, проходить через котушку запалювання). Даний процес, відбувається до індукції високої напруги у вторинній обмотці, яка подається на свічку запалення. Цей тип накопичення енергії відомий як CDI (Capacitor Discharge Ignition) — «запалення від розряду конденсатора». Варто зазначити, що хоча ця система не набула широкого поширення в автомобілебудуванні, вона часто використовується на мотоциклах, мопедах і скутерах. Її основною перевагою, є здатність створювати електричний розряд високої напруги, незалежно від обертів колінчастого валу двигуна.

У сучасних автомобілях, все частіше застосовуються:

- індивідуальне запалювання (системи EFS і COP), рис. 1.7;
- синхронне запалювання (одна котушка на два циліндри, системи DFS).

Як правило, мікропроцесорні системи управління включають комутатор і єдиний блок для індукційних котушок, або індивідуальні блоки й комутатори для окремої котушки. Комутатори можуть бути у ЕБУ, так і розміщуватися безпосередньо на індукційній котушці (модулі запалювання).

Рисунок 1.7 - Незалежне запалювання [14].

На наступному рис.1.8, відображена електронна система (EFS), у комплект якої входять високовольтні провідники і індивідуальні індукційні котушки запалювання.

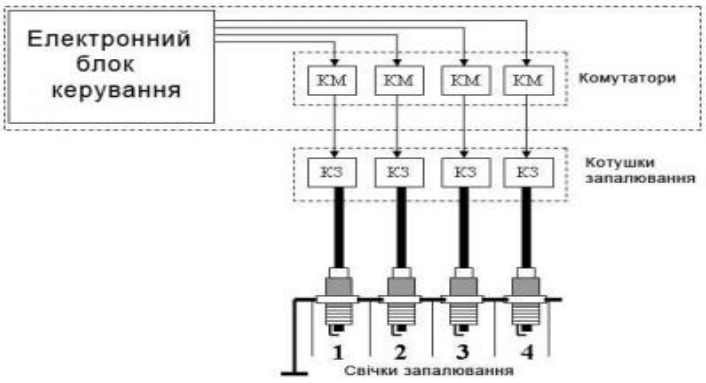


Рисунок 1.8 – Система запалювання EFS.

На сучасних інжекторних двигунах з електронним управлінням найпоширенішими є різновиди системи EFS, зокрема система COP (Coil on Plug) — «котушка на свічці». У цій системі, свічка запалення беспосередньо контактує з індукційною котушкою, рис. 1.9. Важливою особливістю є те, що у системі відсутні провідники високої напруги (які являються впливовою ділянкою якісного процесу утворення іскри на свічках запалювання).

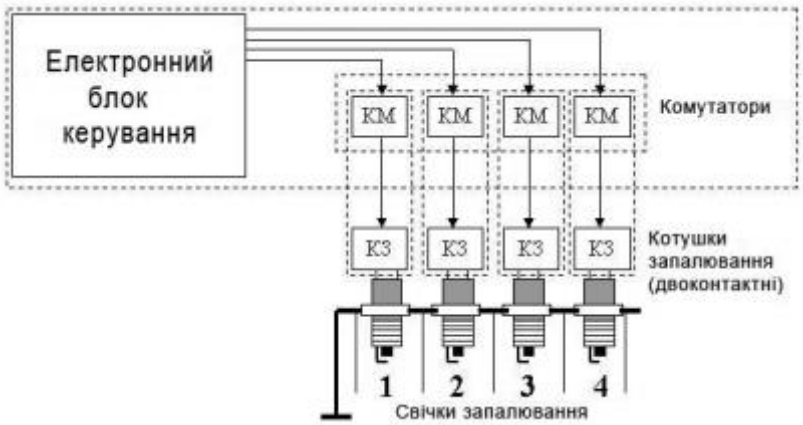


Рисунок 1.9 – COP система запалювання.

Модуль системи запалювання COP, який поєднує в собі комутатор, індукційну котушку та контакт для свічки запалювання, схематично відображений на рис. 1.10.

Рисунок 1.10 - Модуль системи COP

Напругу, яка створює іскровий розряд у повітряному проміжку між контактами свічки запалювання, можна оцінити за її пробивною здатністю (визначеною за кольором розряду). Варто також зазначити, що інтенсивність іскрового розряду, пропорційна тиску робочої суміші в циліндрі. Тому електронна система запалювання повинна забезпечувати більшу пробивну напругу під час такту стиску, ніж під час такту випуску. Це пов’язано з тим, що займання у середовищі з атмосферним тиском потребує менших витрат електричної енергії, відповідно це є некорисні витрати, що потребує додаткових досліджень і модернізації.

Слід зазначити, що індукційні котушки в системі DFS, можуть бути виконані у двох варіантах: із підключенням до свічок запалювання через високовольтні провідники або з безпосереднім контактом зі свічками, як у системі COP. Така система отримала назву «DFS-COP», як показано на рис. 1.11.

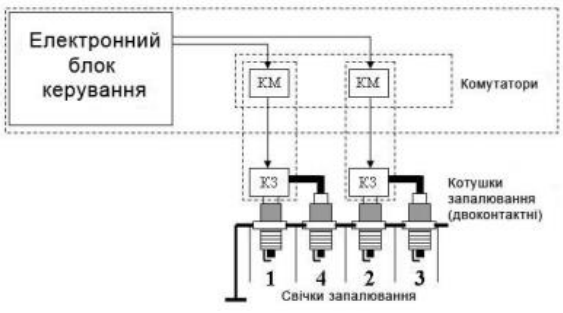


Рисунок 1.11 – Система «DFS-COP» [14].

На сучасних інжекторних двигунах внутрішнього згоряння, використовується статично-синхронна система запалювання з двовивідними індукційними котушками (DFS-система), рис. 1.11. У цій системі, іскровий розряд подається одночасно у два циліндри: в одному під час такту стиску, а в іншому – у такті випуску, що називається "холостою іскрою". У технічній літературі, таку систему запалювання визначають терміном "wasted spark". Наприклад, у 6-циліндровому V- подібному двигуні, іскра подається одночасно в 1-й і 4-й циліндри, але поршні в цих циліндрах перебувають у різних положеннях і тактах

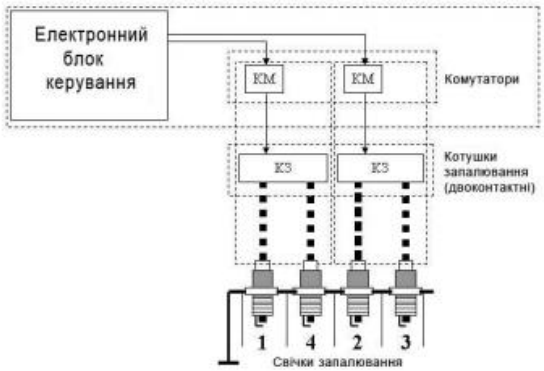


Рисунок 1.11 - Система запалювання DFS.

У даній системі, високовольтна напруга (що виробляється модулем запалювання, зображена на рис. 1.12), з вторинної обмотки направляється на свічки запалювання у різних напрямках: в одній - з центрального до бічного контакту, а іншій – з бічного до центрального).

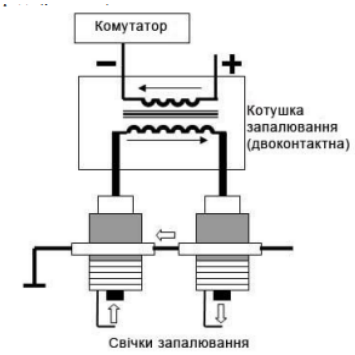


Рисунок 1.12 – Конструктивно-технологічна схема модуля запалювання DFS системи.

Величину напруги, що протікає у повітряному просторі між

контактами свічки запалювання у вигляді іскрового розряду, можна визначити по її силі пробиття (за кольором). Також, слід зазначити, що іскровий потік є пропорційний тиску робочої суміші у циліндрі. Тому, від електронної системи запалювання, вимагається створення більшого пробивного розряду під час протікання такту стиску, ніж при такті випуску (так, як процес займання протікає в середовищі атмосферного тиску, що є наслідком незначних витрат електричної енергії).

Аналізуючи наведені вище електронні системи запалювання двигунів, можна зазначити, що з часом і за різних умов експлуатації, всі вони можуть зазнавати певних збоїв. Для їх швидкого та ефективного налаштування, необхідне спеціалізоване діагностичне обладнання та програмне забезпечення.

У цій кваліфікаційній роботі обрано для дослідження систему запалювання COP та DFS, які широко використовується в сучасних бензинових двигунах з електронним управлінням. У подальших розділах на буде розглянуто та проаналізовано вплив процесу розмикання електричного струму у первинному колі індукційної котушки на формування пробивної напруги на свічках запалювання.

Висновки за розділом 1

Проведено аналіз літературних джерел, щодо впровадження електронних систем запалювання в сучасні двигуни внутрішнього згоряння. Особливу увагу приділено характеристикам датчиків, зокрема кисневих сенсорів, та їх впливу на роботу двигуна при зміні вмісту кисню у відпрацьованих газах.

Для ефективного та швидкого виявлення збоїв у роботі компонентів сучасної електронної системи запалювання, запропоновано дослідити вплив некоректної роботи індукційної котушки на формування електричного розряду на свічках запалювання та вихідні сигнали кисневого сенсора.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Тепловий баланс інжекторного двигуна, за неякісної роботи модуля запалювання

Формування та згоряння робочої суміші в циліндрах двигуна, залежать від точності й своєчасності змін у робочих процесах. Ефективність згоряння забезпечується оптимальними моментами впорскування палива та відкриття клапанів для впуску повітря і випуску відпрацьованих газів.

Система повітряної індукції в двигуні внутрішнього згоряння включає низку компонентів і функцій, які забезпечують необхідний потік повітря для ефективного згоряння паливно-повітряної суміші. Одним із ключових елементів цієї системи є дросельна заслінка, яка регулює потік повітря, змінюючи своє положення. Завдяки цьому можна контролювати обсяг повітря, що надходить у циліндри двигуна, тим самим впливаючи на його швидкісні характеристики.

Необхідно зазначити, що важливу роль у забезпеченні повноти згоряння робочої суміші, відіграє технічний стан і робота індукційної котушки. У разі виникнення несправностей, спричинених нестабільністю паливної системи (що приводить до закіпчування контактів свічок запалювання, збільшуючи тим самим опір повітряного простору, веде до перегріву вторинної обмотки та виходу її із ладу), що супроводжується збільшенням витрати палива.

Використовуючи методику розрахунку теплового балансу сучасного бензинового двигуна, можна оцінити втрати корисної теплоти Q_e, які виникають через нестабільну роботу індукційної котушки запалювання. Загальна кількість теплоти Q, що виділяється під час згоряння робочої суміші, визначають за відомою формулою.

$$Q = Q_н \cdot G_п \text{ , кДж/год} \qquad (2.1)$$

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

$G_п$ - годинна витрата палива, кг/год.

Годинна витрата палива розраховується, як добуток ефективної потужності N_e, до питомої витрати палива g

$$G_п = N_e \cdot g. \quad (2.2)$$

А, теплота Q_e, визначиться:

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

Тоді, теплота g_e, буде мати вигляд

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

Теплоту $Q_в$, (яка втрачається у навколишнє середовище) визначиться:

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

де C – коефіцієнт втрат (C = 0,45…0,55) [12];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – оберти колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплоту g_B, витрачену із системою охолодження, отримаємо за:

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

Втрати теплоти $Q_г$, із випускними газами визначимо:

$$Q_г = C_р \cdot (T_г - T_{о.\,с.}) \cdot (G_{пов.} - G_п), \text{ кДж/год} \quad (2.7)$$

де $C_р$ – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_р$ = 1,43 кДж/кг град;

$T_г$ і $T_{о.с}$ – температури газу і охолоджуючого середовища, К;

$G_{пов..}$ і $G_{п.}$ –робочий заряд, кг/год.

Кількість впускного повітря $G_{пов..}$ отримаємо за формулою:

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

Для наших розрахунків, приймаємо $G_п$ =5,8 кг/год.

Частку теплоти $q_г$, у відпрацьованих газах, отримаємо:

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

Інші втрати теплоти $Q_{ін.в.,}$:

$$Q_{ін.в} = Q - (Qe + Qr + Q_В) \quad (2.10)$$

Тоді, частку $q_{ін.в}$ визначимо:

$$q_{ін.в} = \frac{Q_{ін.в}}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.11)$$

Застосовуючи методику теплового балансу, ми встановили процентне співвідношення теплових втрат, що виникають після згоряння паливно-повітряної суміші, підготовленої системою живлення в камерах згоряння двигуна, у разі некоректної роботи індукційної котушки запалювання.

2.2Розрахунок індукційної котушки

На індуктивність котушки запалювання впливають:

- Кількість витків. Котушка з великою кількістю витків має більшу індуктивність порівняно.

- Довжина електропровідника у котушці. Дві котушки з однаковою кількістю витків, але різною довжиною намотування, мають різну індуктивність. Довша котушка має меншу індуктивність. Це пов'язано з тим, що магнітне поле менш компактної котушки слабше і воно не може добре концентруватися електромагнітне поле.
- Діаметр котушки. Дві щільно намотані котушки з однаковою кількістю витків та різними діаметрами мають різну індуктивність. Котушка з більшим діаметром має більшу індуктивність.
- Сердечник. Для збільшення індуктивності в котушку часто вставляється осердя (з високою магнітною проникністю). Осердя з більш високою магнітною проникністю, дозволяють отримати більш високу індуктивність. Сердечники, виготовлені з магнітної кераміки - фериту, часто використовуються в котушках і трансформаторах різних електронних пристроїв, оскільки вони мають дуже низькі втрати на утворення вихрових струмів.

2.2.1 Розразунок індуктивності по кількості витків і розмірах котушки

На рис. 2.1 показана одношарова котушка індуктивності: D_c - діаметр котушки, D - діаметр оправки або каркасу котушки, p - крок намотування котушки, d - діаметр дроту без ізоляції та d_i - діаметр дроту з ізоляцією.

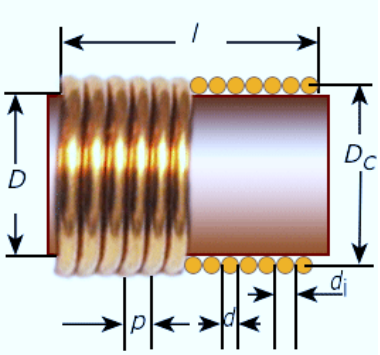


Рисунок 2.1 – Схема розрахунку одношарової обмотки.

Для розрахунку індуктивності L_S, застосовується наведена нижче формула:

$$L_s = 0{,}002\pi DN^2\left[ln\left(1+\frac{\pi D}{2l}\right)+\left(2{,}3004+3{,}43\frac{l}{D}+1{,}76\left(\frac{l}{D}\right)^2-\frac{0{,}47}{\left(0{,}755+\frac{D}{l}\right)^{1{,}44}}^{-1}\right)\right] \quad (2.12)$$

Де, D - діаметр оправки або каркасу котушки, см;

l - довжина дроту, см;

N - число витків;

L – індуктивність, мкГн.

На рис. 2.2, зображено криву, яка відображає силу імпудьної індуктивності, залежно від параметрів електропровідника.

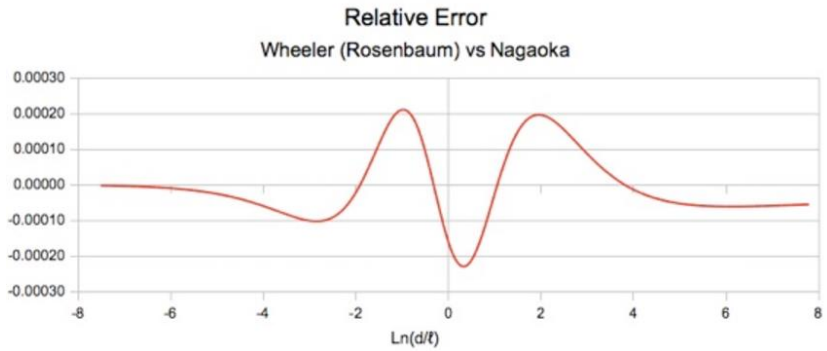


Рисунок 2.2 – Сигнал електромагнітної індукції, залежно від параметрів провідника

Ця формула справедлива лише для соленоїда, де використано плоский провідник. Це означає, що у котушці використано дуже тонка стрічка без проміжку між сусідніми витками. Вона є добрим наближенням для котушок з великою кількістю витків, із провідником круглого перерізу з мінімальним зазором між витками.

Американський фізик Едвард Беннетт Роса, розробив так звані коригувальні коефіцієнти для наведеної вище формули

$$L = L_s - \Delta L \quad (2.13)$$

Де, L_s – індуктивність плоского електропровідника, мм.

$$\Delta L = 0{,}002\pi D_c N(k_s + k_m)$$

де k_s - безрозмірний корегуючий коефіцієнт, що враховує різницю між самоіндукцією витка з круглого дроту та витка з плоскої стрічки;

k_m — безрозмірний корегуючий коефіцієнт, що враховує різницю у повній взаємоіндукції витків із круглого дроту? порівняно з витками із плоскої стрічки;

Dc — діаметр котушки см, виміряний між центрами проводів і *N* — число витків.

$$k_m = ln(2\pi) - \frac{3}{2} - \frac{ln(N)}{6N} - \frac{0{,}3308}{N} - \frac{1}{120N^3} + \frac{1}{504N^5}\frac{0{,}00119}{N^7} + \frac{0{,}000507}{N^9}$$

Коефіцієнт рростання k_s, що враховує відмінність у самоіндукції, визначається за:

$$k_s = \frac{5}{4} - ln(\frac{2p}{d})$$

де, *p* – крок (відстань між витками);

d - діаметр елекропровідника.

Висновки до розділу 2

Проведено розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням, у результаті якого, визначено диференціальні значення теплот, що виділяються під час згоряння робочої суміші. Це дозволяє провести порівняльний аналіз ефективної теплоти Q_e, що утворюється при коректній і некоректній роботі індукційної котушки запалювання.

Розраховано електромагнітну індукцію у первинній обмотці індукційної котушки (одношарової), залежно від діаметру і довжини електропровідника.

Встановлено, що за більшої кількості витків у первинній обмотці, сила електромагнітної індукції збільшується, що проявляється за сили струму, близько 6 А.

3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Ознаки несправності котушки запалювання

Котушка запалювання – елемент системи запуску двигуна, без якого було б неможливе створення іскри. Даний елемент характеризується надійністю та простотою обслуговування. Однак, як і інші вузли, котушка запалення може виходити із ладу.

Розглянемо докладно ознаки несправності котушки запалювання:

- виникнення забрудненого зворотного вихлопу, через попадання палива у випускний колектор. Забруднений зворотний вихлоп є чи не найяскравішим симптомом неполадки. Виявляється ознака на ранній стадії, коли елемент перебуває у працездатному стані. Нерівномірне займання палива, призводить до того, що його частина потрапляє до глушника. Відповідно, з вихлопної труби з'являється темний дим, що має характерний запах бензину;
- збільшення витрати палива та підвищення витрат на використання автомобіля. Збільшення загальної витрати палива може вказувати на несправність. Це пов'язано зі втратою автомобілем початкової динаміки, через що водій починає сильніше тиснути на педаль екселератора і тим самим збільшувати споживання бензину. Зростання витрат на заправках стануть явними;
- нестабільне запалювання з пропусками. Котушка запалювання, є частиною системи займання палива. Пропуски запалювання, у більшості випадків супроводжуються характерним тріском. Тобто, рівномірність роботи самого двигуна, погіршується, а на ХХ, з'являються ривки, сильні вібрації.
- повна відмова двигуна, внаслідок неправильного формування іскри. Серйозною ознакою є те, що автомобіль сам глохне під час руху. Нестабільна подача іскри та пропуски у займанні палива, можуть стати

причиною повної зупинки силового агрегату. Повторний запуск двигуна, може бути дуже проблематичний;

- загальне зниження потужності силового агрегату. Ривки та нестабільність під час роботи двигуна, вказують на неполадки з котушкою запалювання. Двигун перестає працювати нормально, починає вібрувати, тріщати. Все позначається на потужності, яка суттєво знижується порівняно із звичайними показниками. З'являються складнощі під час експлуатації автомобіля. Ці ознаки, пов'язані із механічними пошкодженнями. Ушкодження обмотки елементу, призводять до передачі частини електричної енергії на корпус, а свічки перестають отримувати необхідний обсяг енергії, що суттєво відображається на потужності двигуна;
- нерівномірна робота двигуна із ривками;
- утруднений запуск двигуна;
- сигнал контрольного індикатора, що вказує на несправність.

3.2 Різновиди котушок запалювання

Всі котушки запалення, що розміщуються в автомобілях, розглядають у рамках трьох категорій, рис. 3.1

Рисунок 3.1 – Різновиди котушок запалювання.

Одинарні. Активно вбудовуються у системи запалення з розподільником. Мають металеве осердя і передбачають заповнення

внутрішнього простору трансмісійною олією, яка не дає вузлу перегріватися під час роботи.

Здвоєні. Використовуються у автомобілях із чотирициліндровими двигунами без розподільника. Мають дві частини, кожна з яких подає електричний струм на два циліндри.

Індивідуальні. Передбачає подачу окремих іскор на кожну свічку. Можуть використовуватися на двигунах внутрішнього згоряння будь-якої конструкції.

3.3 Методика перевірки технічного стану котушок запалювання

Насамперед проводиться огляд елементу, щодо виявлення характерних ознак:

- Доріжки пробою. Темні смуги, якими проходить струм.
- Місця перегріву. Деформовані елементи чи тріщини на корпусі.
- Потемніння роз'ємів. Високі температури і часті підгоряння, призводять до зміни кольору всіх елементів;
- Наявність забруднень. Залишки бруду, олії чи води нерідко стають провідниками електричного струму.

Якщо в системі використовуються індивідуальні котушки, для виявлення несправності, можна провести процес обміну місцями (що вийшла з ладу). Також, слід використати мультиметр, який для цього переводиться в режим омметра. З його допомогою, вимірюється опір всіх обмоток, рис. 3.2

Рисунок 3.2 – Перевірка первинної обмотки.

Опір первинної обмотки має бути в межах 0,4-7 Ом. Виміри робляться між контактами, до яких зазвичай підключаються електропровідники низької напруги. Опір вторинної обмотки має бути набагато вищим. Нормативний показник, зазвичай становить 5-18 кОм. Причому, для індивідуальних елементів опір вторинної обмотки може досягати 200-500 кОм.

Отримані під час вимірювань показники опору, порівнюють із нормативними. За підсумками порівняння, практично завжди виявляють котушку, що вийшла з ладу.

Щоб продовжити термін експлуатації даних електричних елементів та попередити появу серйозних проблем у системі, необхідно дотримуватися рекомендацій щодо експлуатації:

- Встановлювати електричні елементи, необхідно на штатні кріплення.
- Поряд з котушкою, не повинно бути інших деталей, які можуть перешкоджати правильному повітрообміну та відводу зайвого тепла.
- Регулярне обслуговувати. З елементів видаляються всі забруднення та надлишки олії. Це ж стосується свічок та високовольтних провідників.
- Бажано не використовувати котушки, що мають потріскані або дефектні наконечники. Вони можуть бути працездатними, проте навіть дрібні дефекти впливають на стабільність роботи ДВЗ.
- Найефективніший спосіб відновити котушку запалювання. Слід зазначити, що чим раніше буде визначено неполадку з котушкою запалювання, тим надійність роботи системи запалювання зростатиме.

3.4 Обладнання для досліджень

Для оперативного аналізу недоліків у роботі системи запалювання бензинового двигуна, було використано діагностичне обладнання — сканер «XTY DIAG» та програмне забезпечення «Ovpen-Diag».

На рис. 3.3, представлено діагностичне обладнання та розміщення модулів запалювання системи COP, на сучасному інжекторному двигуні.

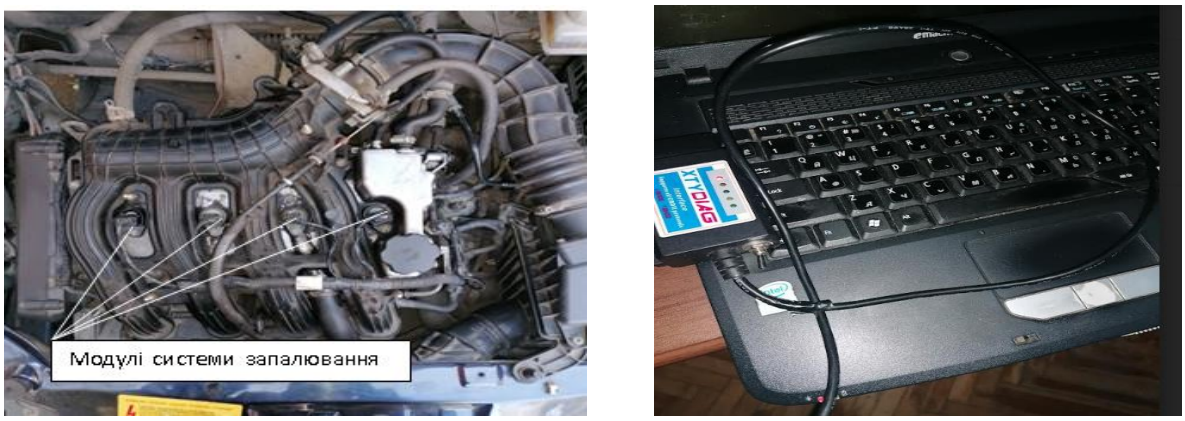


Рисунок 3.3 – Розміщення модулів системи запалювання та діагностичне обладнання.

3.5 Методика комп'ютерної діагностики системи запалювання сучасного двигуна

Перед початком діагностики електронного блоку керування автомобіля, необхідно визначити тип блоку управління. Після цього, слід підібрати відповідний адаптер і програмне забезпечення для підключення до бортової електромережі автомобіля.

На наступному етапі, на екрані комп'ютера, з'явиться вікно з переліком параметрів роботи двигуна внутрішнього згоряння. Особливу увагу потрібно приділити роботі системи запалювання, оскільки було помічено нестабільну роботу двигуна на XX, яка супроводжувалася жорстким і нерівномірним функціонуванням (підтроюванням). Це вимагає перевірки наявності пропусків займання паливо повітряної суміші в циліндрах.

На рис. 3.4 показано інтерфейс програмного забезпечення «Ovpen-Diag», де відображається кількість пропусків займання у кожному циліндрі. У наведеному прикладі, проаналізовано роботу справного бензинового

двигуна, в якому відсутні пропуски займання. Це свідчить про належний стан системи запалювання.

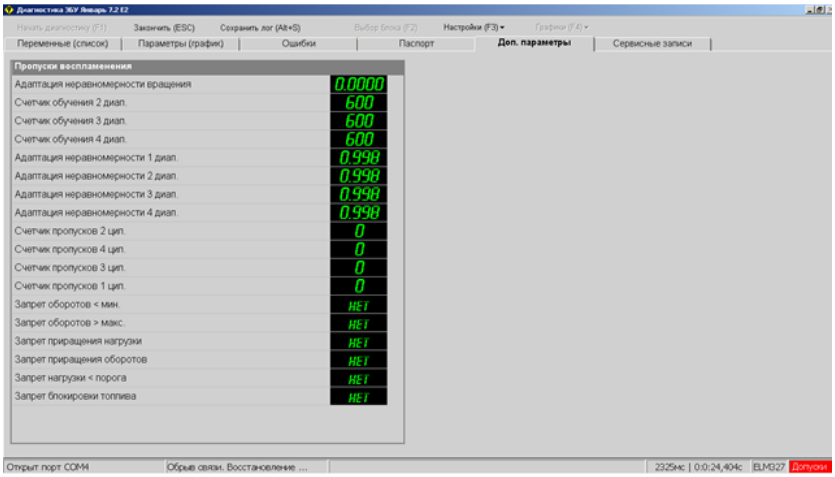


Рисунок 3.4 – Сканована робота двигуна на кількість пропусків по циліндрах.

На другому етапі наших спостережень, використали цей самий бензиновий двигун, тільки із несправною системою запалювання.

Під час експлуатації автомобіля, спостерігається нерівна робота двигуна на холостих обертах, супроводжувана підтроюванням. Із підвищенням обертів, ці негативні явища зникають. Крім того, зниження якості роботи двигуна (втрата потужності) проявляється під час рівномірного руху, і через деякий час на панелі приладів загоряється індикатор «Check».

Під’єднання діагностичного сканера до електронного блоку управління автомобіля, дозволило отримати слідуючі значення по кожному із циліндрів, рис. 3.5.

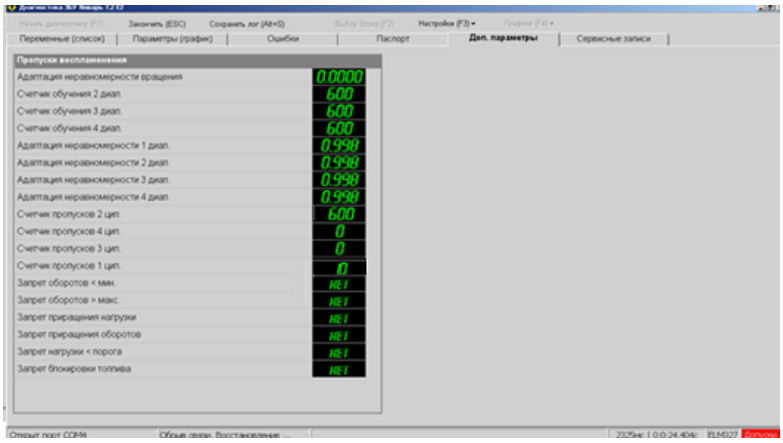
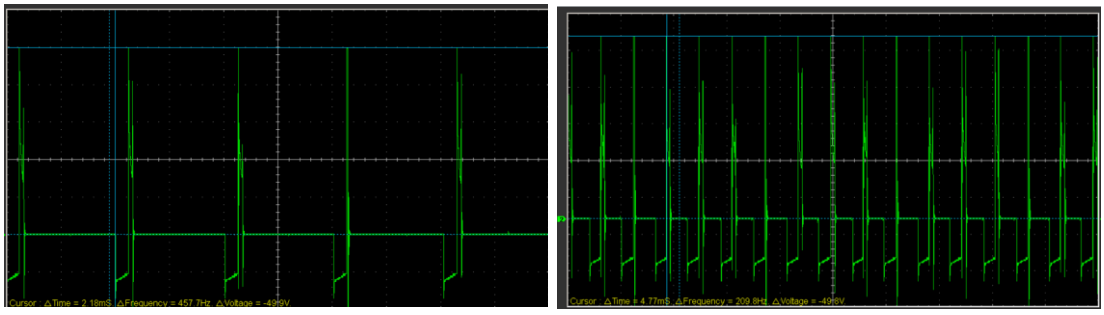


Рисунок 3.5 – Результати комп’ютерної діагностики.

Аналіз сканованих даних роботи циліндрів показав значні пропуски запалювання в циліндрі № 2, де їхня частота становить приблизно 600 п/с. Це свідчить, про можливу несправність індукційної котушки. На це також вказує активація індикатора «Check», який спрацьовує через сигнал сенсора кисню, що фіксує підвищений вміст кисню у відпрацьованих газах.

На наступних наших дослідженнях, нами було обрано моноінжекторний двигун, де ми проводили діагностику роботи індукційної котушки (з визначення електричних імпульсів первинної обмотки за допомогою електронного осцилографу).

На рис. 3.6, відображено форми електричних імпульсів, які протікають у первинному колі, під час їхніх розмикань комутатором.



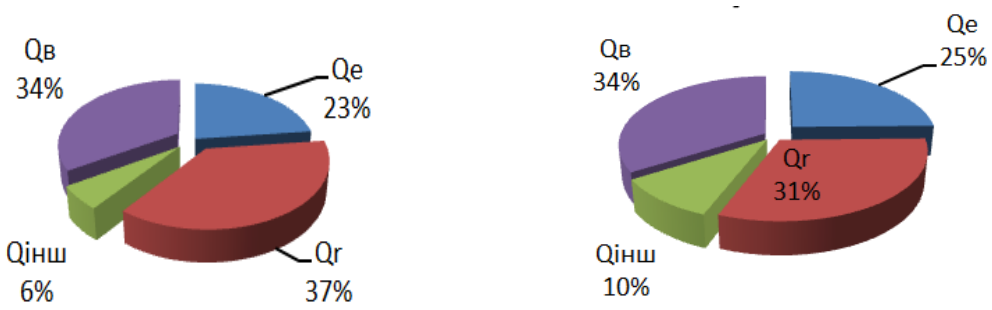
900 об/хв 3000 об/хв

Рисунок 3.6 – Осцилограма електричних імпульсів у первинному колі індукційної котушки на ХХ бензинового двигуна.

Аналізуючи вищенаведену осцилограму, можна із впевненістю трактувати, що під час розмикання електричного кола у первинній обмотці попарної індукційної котушки, форми імпульсів частково відрізняються. Це ознака того, що періодично процес розмикання електричного сигналу проходить із деяким затримуванням у часі, що відповідно відображається на формуванні пробивної напруги у вторинній обмотці та у подальшому на пропусках запалювання у циліндрах двигуна.

3.6 Результати теплового балансу за некоректної роботи котушки запалювання

Відповідно до методики (див. розділ 2), було проведено розрахунок теплового балансу сучасного інжекторного двигуна і отримано значення показників, які вказують на некоректну роботу індукційної котушки. Це підтверджується активацією індикатора «Check» на панелі приладів.



Некоректна робота індукційної котушки коректної роботи

Рисунок 3.1 – Тепловий баланс двигуна.

Аналіз діаграм теплового балансу бензинового двигуна показав, що за умов некоректної роботи індукційної котушки запалювання, ефективна теплота склала близько 23%. При коректній роботі котушки, значення збільшилося на 2%, завдяки більш повному згорянню робочої суміші.

Висновки до розділу 3

Згідно з розрахунками теплового балансу, втрати ефективної теплоти Q_e становили 23%. Це було викликано некоректною роботою індукційної котушки, що спричинило стабільні (неякісні) значення датчика кисню, які сприймалися ЕБУ. У результаті, відбувалося збільшення витрати палива та порушення повноти його згоряння.

Застосування сучасного комп'ютерного діагностичного обладнання, дозволило оцінити вплив модуля запалювання на робочі параметри бензинового двигуна (нестабільні оберти, втрата потужності, збільшена витрата палива та поява на панелі приладів «Check»):

- У разі некоректної роботи модуля запалювання 2-го циліндра, пропуски запалювання склали 600 п/сек.;
- За використання електронного осцилографу, дослідили періодичність і тривалість розмикання електричної мережі у первинному колі індукційної котушки:

- за 900 об/хв, було помічено нестабільну тривалість розмикання електричного сигналу, що склало розбіжність 218 мсек,
- за 3000 об/хв розбіжність склала 4,77 мсек,
- напруга електричних розмикань стабілізувалася на позначці 49,9 В (що є нормою).

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні ситуації

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 [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:

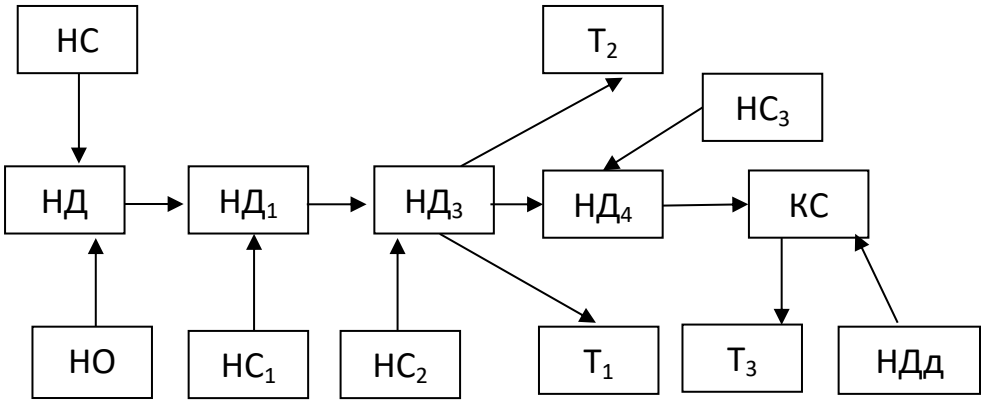
- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огородження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконаліть спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого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

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконаліть 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.



НД – відкриття капоту; НС – можливе падіння капоту під час проведення ТО; $НО_1$ – наявність незначного схилу; $НД_1$ – зняття заглушки із роз'єму; $НС_1$ – можливе побиття кінцівок рук; $НД_3$ – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз'єм; $НС_2$ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; $Т_1$ – травма пальців; $Т_2$ – побиття ліктів рук; $НД_4$ – фіксація регулювальної шторки; $НС_3$ – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; $Т_3$ - пошкодження пушок пальців рук; КС – защемлення кінцівок; НДд – необхідна допомога іншої особи

Рисунок 4.1 - Блок-схема небезпечних ситуацій під час проведення комп'ютерної діагностики сучасного автомобіля

4.2 Пожежна безпека

Захист будівель і інших споруд від прямих попадань блискавки, використовують блискавковідводи, що являють собою добре заземленими провідниками, розміщуються вище будівель чи споруд, які потребують захисту.

Вони монтуються на відстані не менше як на 15 см і не більше 2 м вище підтримуючого стояка. Заземлення виконують із кутової сталі на відстані 1 м від фундаменту будівлі. Опір розтікання заземлення не повинен перевищувати 10 Ом.

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 50х20х8 м).

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. 4.2) визначиться за відношенням [2]:

$$r_X = 1{,}6 \cdot h \cdot \frac{h - h_X}{h + h_X} \qquad (4.1)$$

де h –висота блискавковідводу, м;

h_X – висота будівлі, м.

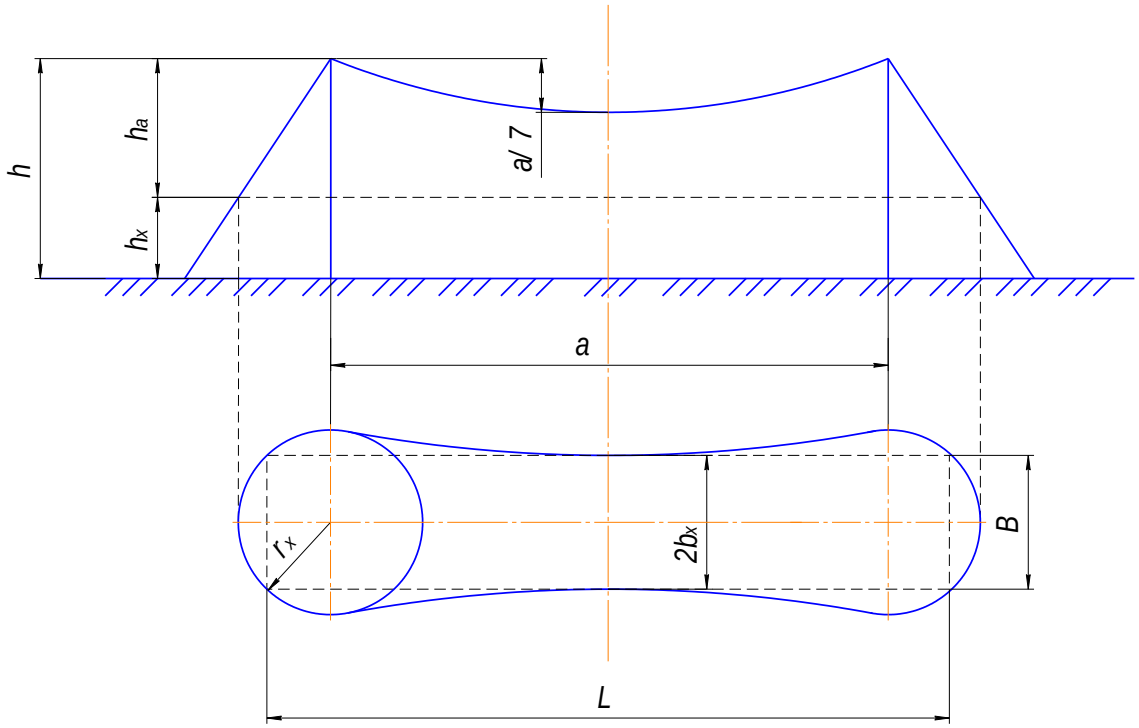


Рисунок 4.2 - Схема блискавкого захисту лабораторії з випробування автомобілів

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

Охорона праці під час компютерної 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 вимкнутий 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 сьогоднішніх 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 автомоторного 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 автомоторного 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 автомоторних 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 автомоторних 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 ефективне 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 вигоряння 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 леткими, обладнують вентиляційними пристроями.

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з атмосферною 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)[1]. 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 обладнувати 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

Безпека виконання робіт під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобілів значною мірою залежить від таких аспектів:

- Справного функціонування вентиляційної системи та своєчасного видалення шкідливих речовин, що утворюються під час діагностичних робіт.
- Рівня підготовки працівників у сфері дотримання правил безпеки при виконанні діагностики.
- Технічного стану обладнання, яке використовується для проведення діагностичних заходів.
- Наявності візуальних інформаційних матеріалів, щодо можливих ситуацій, що впливають на безпеку під час діагностики.
- Розрахунків пожежної безпеки будівлі, де проводяться ремонтні роботи, а також визначеної захисної зони громовідводом із радіусом дії близько 27,40 м.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Дослідження експлуатаційних витрат

Бортова електронна система легкового автомобіля спричинила процес підвищення коефіцієнта корисної енергії двигуна, що оптимізує всі процеси двигуна, та дозволяє само діагностуватися.

Інженерами дослідниками, розроблене обладнання для сканування роботи ЕБУ, що сприяє у найкоротші строки відновити роботу будь якого механізму, який відмовив чи не забезпечує якісну роботу ДВЗ.

Відповідно, за умови використання діагностичного обладнання, для оперативного виявлення недоліків роботи системи запалювання, і завчасного її налагодження, можна дослідити економічні втрати автомобіля.

І тому, затрати на експлуатацію автомобіля будуть мати вигляд [15]:

$$З = З_п + З_{зм} + З_{ТО} + З_{ав} + З_ш + З_{зп} \quad (6.1)$$

де $З_п$ – витрати на пальне;

$З_{зм}$ – витрати на змащувальні матеріали, $З_{зм}$ = 0,1 грн/км;

$З_{ТО}$ – витрати на технічне обслуговування;

$З_{ав}$ – витрати на амортизаційні відрахування;

$З_ш$ – витрати на шини, $З_ш$ = 0,6 грн/км;

$З_{зп}$ – витрати на заробітну плату водія, $З_{зп}$ = 5,5 грн.

Грошові витрати на придбання пального (для несправної і відновленої систем живлення) визначаємо за відомою формулою

$$З_п^б = \frac{С_п^б \cdot g}{100} \quad 6.2$$

де, $С_п^б$ – вартість палива, $С_п^б$=29,00 грн/л;

g – витрата палива (з справною системою), g = 6,5 л/100 км.

Тоді:

$$З_т^п = \frac{29{,}00 \cdot 6{,}5}{100} = 1{,}89 \text{ грн./км}$$

А з несправною системою запалювання:

$$З_{П}^{Зп} = \frac{c_{П}^{б} \cdot g_{рв}}{100}, \quad 6.3$$

де, $g_{п.п}$ – витрата палива з несправною системою, $g_{п.п}$ = 9,7 л/100 км.

Отже:

$$З_{п}^{Зп} = \frac{28{,}00 \cdot 9{,}7}{100} = 2{,}81 \text{ грн./км}$$

Розрахунки показують, що витрати на придбання палива для дослідного автомобіля з неякісно працюючою індукційною котушкою є завищені.

Дальше, визначаємо витрати на ТО автомобіля:

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

де, $N_{тр}$ – витрати на автомобіль з справною і несправною системою, $N_{тр}$ = 55,1 грн./1000 км.

$$З_{тр} = 55{,}1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0{,}0551 \text{ грн/км}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$З_{амор.} = \frac{Ц \cdot l_{р} \cdot А_{В}}{10^{5}} + \frac{Ц \cdot l_{Р} \cdot А_{КАП.Р}}{10^{5}}, \text{ грн} \quad 6.5$$

де, $Ц$ – балансова вартість автомобіля, $Ц$=105200 грн.;

$А_{в}$ – нормативні амортизаційні відрахування, $А_{в}$ =0,21;

$l_{р}$ – річний пробіг, приймаємо $l_{р}$= 30000 км;

$А_{кап.р}$ – нормативні відрахування на капітальний ремонт, $А_{кап.р}$= 0,11

$$З_{аморт.} = \frac{105200 \cdot 30000 \cdot 0{,}21}{10^{5}} + \frac{105200 \cdot 30000 \cdot 0{,}11}{10^{5}} = 6727{,}6 + 3471{,}6 = 10199{,}20 \text{ грн.}$$

Згідно виразу (6.1), отримаємо:

- з справною системою

$З$ = 1,89+0,2+0,0551+0,40+0,7+7,5 = 10,75 грн/км;

- з несправною

$З$ = 2,81+0,2+0,0551+0,40 +0,7+7,5 = 11,67 грн/км.

А за річний пробіг витрати будуть становити:

- з справною

$$З_Д = 10{,}75 \cdot 30000 = 322500 \text{ грн./рік;}$$

- несправною

$$З_Д = 11{,}67 \cdot 30000 = 350100 \text{ грн./рік.}$$

Отже, річні втрати від несправної системи можуть складати:

$$E = 350100 - 322500 = 27600{,}00 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу 5

Паливні витрати зросли, через неякісну роботу індукційної котушки системи запалення, що було спричинено, використанням невідповідної марки палива. А це, може спричинити річні економічні витрати у грошовому еквіваленті 27600,00 грн/рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено аналіз літературних джерел, щодо впровадження електронних систем запалювання в сучасні двигуни внутрішнього згоряння. Особливу увагу приділено характеристикам виконавчим електронним елементам, зокрема індукційним котушкам запалювання, та їх впливу на роботу двигуна з електронним управлінням.

Для ефективного та швидкого виявлення збоїв у роботі компонентів сучасної електронної системи запалювання, запропоновано дослідити вплив некоректної роботи індукційної котушки на формування електричного розряду на свічках запалювання та вихідні сигнали кисневого сенсора.

Проведено розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням, у результаті якого, визначено диференціальні значення теплот, що виділяються під час згоряння робочої суміші. Це дозволяє провести порівняльний аналіз ефективної теплоти Q_e, що утворюється при коректній і некоректній роботі індукційної котушки.

Розраховано електромагнітну індукцію у первинній обмотці індукційної котушки (одношарової), залежно від діаметру і довжини електропровідника.

Встановлено, що за більшої кількості витків у первинній обмотці, сила електромагнітної індукції збільшується, що проявляється за сили струму, близько 6 А.

Згідно з розрахунками теплового балансу, втрати ефективної теплоти Q_e становили 23%. Це було викликано некоректною роботою індукційної котушки, що спричинило стабільні (неякісні) значення датчика кисню, які сприймалися ЕБУ.

Застосування сучасного комп’ютерного діагностичного обладнання, дозволило оцінити вплив модуля запалювання на робочі параметри

бензинового двигуна (нестабільні оберти, втрата потужності, збільшена витрата палива та поява на панелі приладів «Check»):

- Доведено некоректну роботу модуля запалювання 2-го циліндра, пропуски запалювання склали 600 п/сек.;
- За використання електронного осцилографу, дослідили періодичність і тривалість розмикання електричної мережі у первинному колі індукційної котушки:

- за 900 об/хв, було помічено нестабільну тривалість розмикання електричного сигналу, що склало розбіжність 218 мсек,
- за 3000 об/хв розбіжність склала 4,77 мсек,
- напруга електричних розмикань стабілізувалася на позначці 49,9 В (що є нормою).

Безпека виконання робіт під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобілів значною мірою залежить від таких аспектів:

- Справного функціонування вентиляційної системи та своєчасного видалення шкідливих речовин, що утворюються під час діагностичних робіт.
- Рівня підготовки працівників у сфері дотримання правил безпеки при виконанні діагностики.
- Технічного стану обладнання, яке використовується для проведення діагностичних заходів.
- Наявності візуальних інформаційних матеріалів, щодо можливих ситуацій, що впливають на безпеку під час діагностики.
- Розрахунків пожежної безпеки будівлі, де проводяться ремонтні роботи, а також визначеної захисної зони громовідводом із радіусом дії близько 27,40 м.

Паливні витрати зросли, через неякісну роботу індукційної котушки системи запалення, що було спричинено, використанням невідповідної марки палива. А це спричинило прогнозовані річні економічні витрати у грошовому еквіваленті 27600,00 грн/рік.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

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

2. Бороденко Ю.М., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Мехатронні системи автомобіля.Част. 2. Ходова частина: підручник. Харків:ХНАДУ, 2024. 226 с.

3. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей. 2006, 292 с.

4. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994, 187 с.

5. Кашканов А. А., Кужель В. П., Грисюк О. Г. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.

6. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андрєєв В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.

7. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь.К.: 2018, 400 с.

8. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004, 168 с.

9. Розрахунок економічної ефективності механізму / Електронний ресурс, режим доступу: https://www.google.com/url.

10. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання / Навчальний посібник .Вища школа, 2001. 180с.

11. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016, 236 с.

12. 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.

13. 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 «ХПІ», 2004, 367 с.

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

15. 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.

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

17. 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.

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

19. 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.

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

21. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андрєєв 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.

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

23. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля. Наука і техніка, 2012, 392с.

24. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інш. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570) : метод. посіб. за ред. О.Ф. Дащенко: Наука і техніка, 2012, 186с.

25. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інш. 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.

26. 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.

27. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андрєєв 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.