

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження датчика обертів колінчастого валу,
за різних режимів роботи бензинового двигуна»

Виконав: студент VI курсу групи Ат-61
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Роман ЖИРУХА

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Жируха Р. А. Дослідження датчика обертів колінчастого валу, за різних режимів роботи бензинового двигуна: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 55 с.

Табл. 0; рис. 18; бібліогр. джерел 24.

Запропоновано методику застосування віртуального середовища "Electude" для комп'ютерної діагностики сучасних двигунів. Виконано розрахунок теплового балансу інжекторного двигуна за умови некоректної роботи індуктивного датчика, що призводить до переходу електронного блоку керування в аварійний режим.

Описано обладнання та досліджено вплив несправного індуктивного датчика, на роботу системи «Motronic».

Представлено заходи безпеки, під час проведення комп'ютерної діагностики автомобіля, за різних швидкісних режимів двигуна.

Розраховано економічні витрати при переході двигуна в аварійний режим (за несправного датчика обертів колінчастого валу).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Особливості впливу електронних систем на автомобільний транспорт.....	8
1.1.1 Конструктивні особливості ЕБУ	9
1.2 Електронні інформаційні елементи автомобіля.....	11
1.3 Електронне управління сучасним бензиновим двигуном	13
Висновки до розділу 1.....	18
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Дослідження теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректної роботи датчика обертів колінчастого валу	20
2.2 Теоретичні дослідження вихідних сигналів індуктивного датчика.....	22
Висновки до розділу 2.....	24
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
3.1 Особливості роботи датчика обертів колінчастого валу двигуна.....	25
3.1.1 Особливості конструкції і розміщення індукційного датчика на інжекторному двигуні.....	26
3.1.2 Види датчиків колінчастого валу двигуна.....	27
3.1.3 Особливості роботи інжекторного двигуна, за неякісного електротехнічного стану датчика положення колінчастого валу.....	28
3.2 Результати теоретичних досліджень вихідних сигналів індуктивного датчика.....	30
3.3 Результати теплового балансу інжекторного двигуна	31
3.4 Дослідження форми електричних імпульсів датчика обертів колінчастого валу	32
Висновки до розділу 3.....	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	35
4.1 Небезпечні обставини під час комп'ютерної діагностики автомобіля.....	35

4.2 Пожежна безпека.	37
4.3 Охорона праці	40
4.4 Організаційно-технічні рекомендації	41
Висновки до розділу 4.....	45
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	46
5.1 Економічні витрати.....	46
5.2 Взаємозв'язок індуктивного датчика з електронною системою сучасного автомобіля, що впливає на економічність двигуна	47
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	48
Висновки до розділу 5.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Автомобільний транспорт, являється рушійною силою виробничого потенціалу сучасного цивілізованого світу. І тому, його технічний стан, у значній мірі залежить від надійної роботи бортового обладнання, яке в основному розвивається у двох напрямках:

- пошук шляхів вдосконалення параметрів і характеристик наявних пристроїв, систем, апаратів і приладів;

- розробка нових функціональних вузлів, систем і блоків для автоматизації та механізації робочих процесів в автомобілі. Завдяки науковим дослідженням, за короткий час, було суттєво поліпшено класичне електрообладнання автомобілів і створено низку нових бортових систем автоматичного управління. Це стало можливим, завдяки прогресу в області напівпровідникових та мікроелектронних технологій, що є основою сучасних електричних схем автомобілів.

Компоненти цих систем, можуть до свого складу включати різні технічні пристрої, що відрізняються між собою, як принципом дії, так і самою конструкцією. Це можуть бути електричні, електронні, обчислювальні, механічні, пневматичні, гідравлічні та інші технічні елементи, здатні виконувати відповідні функції системи. Забезпечення вимог, таких, як економічність і дотримання екологічних стандартів, необхідне застосування електронних систем. Тому сучасні системи запалювання і впорскування палива, повністю контролюються електронними блоками управління, на відміну ще існуючих старих.

Електронний блок управління, отримує інформацію від різноманітних електронних датчиків сучасного автомобіля і перетворює отримані дані в електричні сигнали, які керують відкриттям форсунок для впорскування необхідної кількості палива у вхідну систему. Цей процес має бути точним і відповідати режимам роботи двигуна, для забезпечення його ефективної та економічної експлуатації. Незважаючи на надійність електронних систем,

можуть виникати проблеми з виконавчими елементами, що супроводжується переходом ЕБУ у аварійний режим роботи чи повним вимиканням роботи самого інжекторного двигуна.

І тому, наші дослідження будуть стосуватися вихідних електричних імпульсів датчика обертів колінчастого валу, який має великий вплив на роботу ДВЗ.

Застосування сучасного діагностичного обладнання, дає можливість повністю отримати електричні імпульси, як у числовому форматі, так і в графічному вигляді, що дозволяє візуалізувати інформацію про технічний стан зазначеного датчика. Таким чином, своєчасне використання такого обладнання сприяє швидкому відновленню роботи двигуна з електронним управлінням.

Метою кваліфікаційної роботи, є дослідження електричних імпульсів датчика обертів колінчастого валу.

Для вирішення поставленої мети, нам необхідно:

1. Провести техніко-економічне обґрунтування роботи інжекторних двигунів з електронним керуванням.
2. Представити розрахунок теплового балансу сучасного двигуна за некоректної роботи ЕБУ.
3. Обґрунтувати результати досліджень роботи інжекторного двигуна за коректних і некоректних електричних імпульсів датчика обертів колінчастого валу.
4. Описати охорону праці і техніку безпеки під час проведення діагностичних робіт.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Особливості впливу електронних систем на автомобільний транспорт

Значні можливості комп'ютерної техніки та вміння її використовувати широким колом людей, призвели до того, що у багатьох країнах, автомобільний транспорт без електронних систем став неконкурентоздатним. Для споживача, такі автомобілі трактуються, як застарілі та не відповідають сучасному рівню технічного розвитку. Тому, використання електронних систем, є не просто тимчасовою модернізацією, а постійним результатом науково-технічного прогресу.

Якщо зовнішній вигляд автомобілів одного класу стає все більш схожим через вдосконалення аеродинамічних властивостей, то електронні системи, демонструють значну різноманітність. Це дозволяє робити автомобілі унікальними, завдяки встановленню різноманітних електронних систем. Особливо важливими є ті електронні системи, з якими взаємодіють водії та пасажери, зокрема: електронні системи на панелі приладів; системи, що підвищують комфорт і безпеку; системи зв'язку та інші [12]-[17].

Розвиток електронних систем, сприяв появі нормативних документів, які встановлюють допустимі техніко-економічні показники для автомобілів. Деякі з цих норм неможливо виконати без застосування електроніки. Для прикладу, у багатьох країнах, введені обмеження на токсичність випускних газів і максимальну витрату палива. Порушення норм, щодо токсичності газів зазвичай недопустиме, а недотримання стандартів паливної економічності, веде до значних штрафів. Для прикладу, у США, власники автомобілів з підвищеною витратою палива, змушені сплачувати додатковий податок.

Відсутність суб'єктивних причин для розвитку автомобільної електроніки, не спричинило її широкому впровадженню. Це пояснюється

тим, що використання електронних систем, дозволяє значно покращити експлуатаційні характеристики автомобіля. До таких переваг належать:

- зниження токсичності вихлопних газів;
- зменшення шуму;
- підвищення паливної економічності;
- безпеки на дорозі, комфорту і прохідності;
- полегшення технічного обслуговування;
- покращення тягово-швидкісних і гальмівних характеристик;
- керованості й стійкості, зручності посадки і висадки, легкості керування, маневреності;
- видимості автомобіля на дорозі та поліпшення огляду з салону;
- захист від неправильних дій водія та зловмисників.

Значне поширення отримали функції управління та відображення інформації. Електронні системи керують роботою двигуна, трансмісії, ходової частини, рульового управління, гальмівної системи, кузова, а також системами електроживлення та комунікацій. Все більше популярності набувають електронні системи, для відображення інформації. Візуальні індикатори, демонструють цифрові значення різноманітних параметрів — від традиційних (визначають швидкість руху і частоту обертання колінчастого валу), які раніше не використовувалися (автомобілі компанії "Форд" показують момент займання суміші в кожному циліндрі). Значення параметрів кодується за допомогою яскравості, довжини та ширини ліній тощо. Після інформування водія, про виникнення певної помилки (несправності у системі), система "рекомендує" водієві певні цифрові коди для їхнього усунення.

1.1.1 Конструктивні особливості ЕБУ

Слід відмітити, що електронні системи зберігають необхідну інформацію в напівпровідникових запам'ятовуючих пристроях, а також на

магнітних носіях і дисках. Водій може записувати на машинному носії інформацію про майбутній маршрут, розташування автозаправних станцій та список необхідних справ. Ці дані виводяться на екран дисплея за запитом водія (у певний момент часу або після подолання заданої відстані автомобілем).

На рис. 1.1, зображено основний блок управління автомобілем та схема ДВЗ із електронним керуванням [1]-[4].

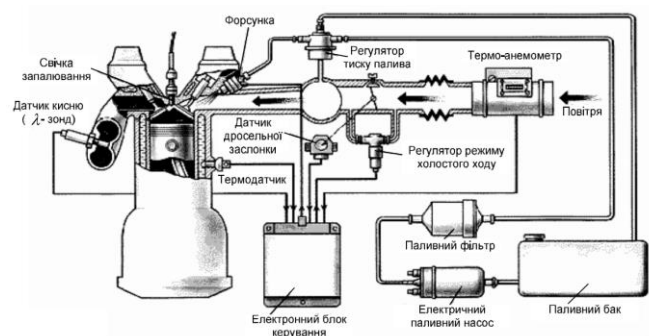


Рисунок 1.2 – Схема системи розподіленого впорскування

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд ЕБУ та технологічна схема електронної системи управління сучасним двигуном.

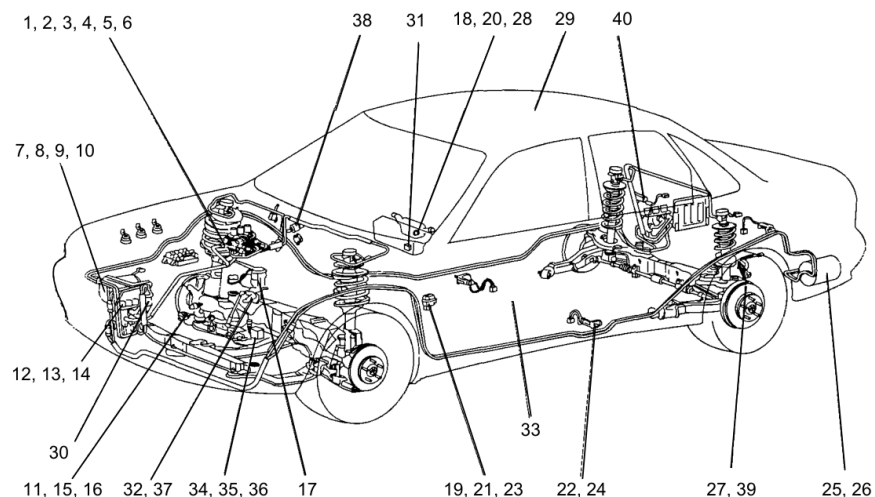
Електронний блок управління двигуном, за рахунок апаратного та програмного забезпечення складається з різних електронних компонентів, ключовим з яких, є мікропроцесор. Вимірювальні дані, представлені у вигляді аналогових сигналів (найчастіше у вигляді електричної напруги) від датчиків, перетворюються в цифрові сигнали, зрозумілі мікропроцесору (за допомогою аналого-цифрового перетворювача). У багатьох випадках блок управління, генерує аналогові сигнали для керування, що досягається через цифро-аналогові перетворювачі.

Програмне забезпечення ЕС складається з двох обчислювальних модулів, функціонального та контрольного. Функціональний модуль отримує сигнали від датчиків, обробляє їх і формує керуючі команди для виконавчих пристроїв. Контрольний модуль перевіряє вихідні сигнали і, за потреби, коригує їх, аж до зупинки двигуна.

Сучасні електронні блоки управління двигуном є програмованими, що дозволяє діагносту змінювати їх налаштування за потреби. Проведене перепрограмування ЕБУ може знадобитися при модифікації конструкції двигуна (під час тюнінгу, встановлення турбокомпресора, інтеркулера, обладнання для використання альтернативного палива або внесення змін у систему випуску).

1.2 Електронні інформаційні елементи автомобіля

На рисунку 1.2, зображено розміщення всіх датчиків на сучасному автомобілі.

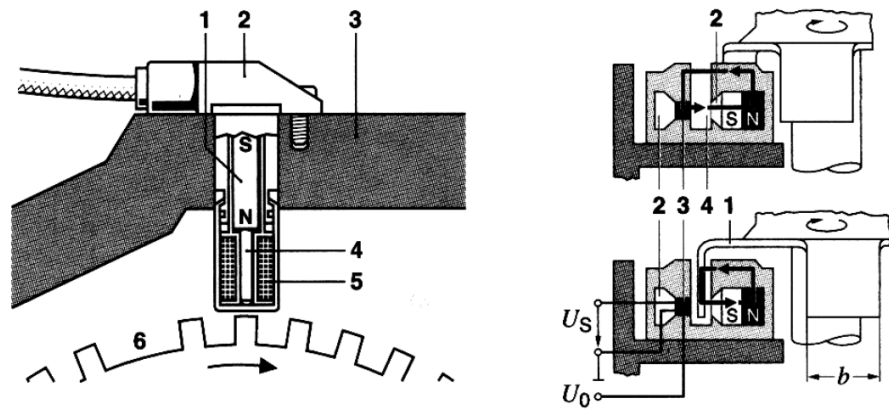


1 – датчик конфігурації впускного колектора з регульованою геометрією, 2 – тахометричний датчик, 3 – датчик положення розподільного вала, 4 – датчик навантаження двигуна, **5 – датчик положення колінчастого валу**, 6 – датчик крутного моменту двигуна, 7 – датчик рівня мастила, 8 – датчик температури охолоджуючої рідини, 9 – датчик швидкості автомобіля, 10 – датчик тиску мастила, 11 – датчик рівня охолоджуючої рідини, 12 – радарний датчик для системи гальмування, 13 – датчик атмосферного тиску, 14 – радарний датчик для системи запобігання зіткненням, 15 – датчик швидкості обертання провідного вала трансмісії, 16 – датчик вибраної

передачі в коробці передач, 17 – датчик тиску пального в рампі форсунок, 18 – датчик швидкості обертання керма, 19 – датчик положення педалі, 20 – датчик швидкості обертання автомобіля відносно вертикальної осі, 21 – датчик протиугінної системи, 22 – датчик положення сидіння, 23 – датчик прискорення під час фронтального зіткнення, 24 – датчик прискорення під час бічного зіткнення, 25 – датчик тиску пального в баку, 26 – датчик рівня пального в баку, 27 – датчик висоти кузова відносно шасі, 28 – датчик кута повороту керма, 29 – датчик дощу або туману, 30 – датчик температури зовнішнього повітря, 31 – датчик ваги пасажирів, 32 – датчик вмісту кисню, 33 – датчик присутності пасажирів на сидінні, 34 – датчик положення дросельної заслінки, 35 – датчик пропусків запалювання, 36 – датчик положення клапана рециркуляції вихлопних газів, 37 – датчик абсолютного тиску у впускному колекторі, 38 – датчик азимута, 39 – датчик швидкості обертання коліс, 40 – датчик тиску в шинах.

Рисунок 1.2 – Розміщення електронних датчиків [20].

У напівпровідникових датчиках, використовується ефект Холла, основою якого, є сужити активований пластинковий екран (як у датчику моменту іскроутворення в розподільниках запалювання). Також знаходиться електронна схема живлення та модуль обробки сигналу, інтегрований у кристал датчика. Ця "ІС Холла", виготовлена за біполярною технологією, що призначена для роботи при температурах до 150°C. Вона безпосередньо підключається до електрообладнання автомобіля та повністю ізольована від зовнішніх впливів. Магнітна схема складається з постійного магніту та елемента, що створює магнітне поле [21]-[24]. Магнітом'яке тригерне колесо (з приводом від колінчатого вала) рухається в зазорі між цими елементами. Пластина тригерного колеса екранує магнітне поле, в той час, як просторовий зазор чи отвір, дозволяє магнітному полю вільно впливати на датчик, рис. 1.3



1 – постійний магніт; 2 – корпус;
3 – картер двигуна; 4 – магнітом'який
сердечник; 5 – обмотка; 6 – зубчате
колесо з точкою відліку

1 – пластина шириною b ; 2 – магніто-
м'які провідники поля; 3 – ІС Холла;
4 – повітряний зазор; U_0 – напруга
живлення; U_s – напруга сигналу

Рисунок 1.3 – Конструктивно-технологічна схема датчика обертів колінчастого валу

1.3 Електронне управління сучасним бензиновим двигуном

Електронні системи управління двигуном бувають двох типів: імпульсного та безперервного впорскування. В імпульсних системах, форсунки відкриваються за допомогою імпульсного електричного сигналу, а необхідна кількість палива, що подається в циліндри, визначається тривалістю цього сигналу. У системах безперервного впорскування, форсунки відкриваються під дією тиску палива, і обсяг впорскуваного палива залежить від рівня цього тиску.

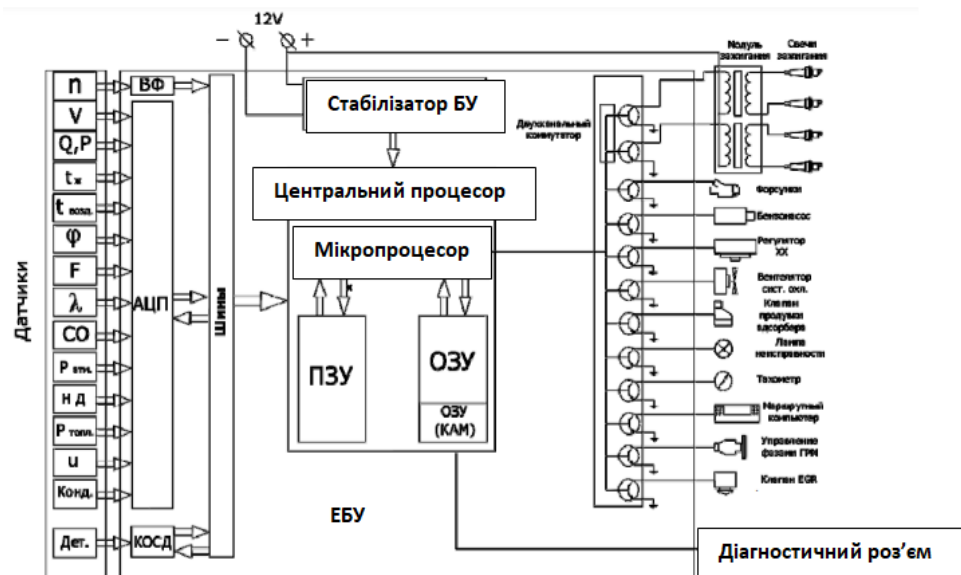
Блок-схема імпульсної системи розподіленого впорскування палива показана на рис. 1.1 [6]-[8]. Більшість автомобілів, що експлуатуються, підлягають комп'ютерній діагностиці. На сьогоднішній день, щоб оцінити стан основних компонентів і електронних систем управління сучасних автомобілів, необхідно використовувати спеціальні діагностичні засоби та інструменти, що описані у [10].

До них відносяться:

- Сканери, для зчитування кодів помилок електронних систем.

- Електронні осцилографи (необхідних для аналізу електричних сигналів).
- Прилади для вимірювання напруги, струму і опору.
- Газоаналізатори, для оцінки викидів та ефективності роботи випускної системи.
- Датчики тиску та температури для контролю роботи різних систем.
- Термовізійні камери, для виявлення проблем із охолодженням та інших теплових аномалій.
- Вакуумні вимірювачі, для діагностики систем вакуумного управління.
- Прилади для тестування гальмівних систем, зокрема гальмівні стенди.
- Електронні вимірювальні прилади (для аналізу сигналів в електронних блоках управління).

На рис. 1.4, зображена Конструктивно – технологічна схема електронного блоку управління запалюванням та подачею палива.



n – датчик обертів колінчастого валу; V – датчик швидкості; Q, P – процентне навантаження на двигун; t_p – датчик температури; t_n – датчик температури повітря на впуску; φ – датчик положення дросельної заслінки; F –

датчик газорозподілу; λ – кисневий датчик; CO – датчик положення потенціометра; $P_{атм.}$ – датчик атмосферного тиску; НД – датчик стану дороги; $P_{пал.}$ – датчик тиску палива у рампі; u – датчик бортової напруги; $K_{конд.}$ – сигнал кондиціонера; $D_{ст.}$ – датчик дитонаційної стійкості.

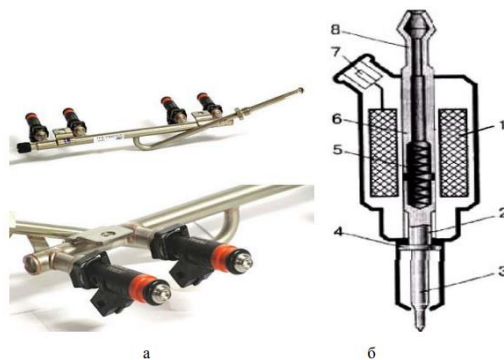
Рисунок 1.4 – Конструктивно – технологічна схема ЕБУ запалюванням та подачею палива [12].

Основним показником, що підвищує потужність двигуна, є його можливість поглинати значну кількість повітря під час проходження тактів впуску. Чим більше паливно-повітряної суміші пропускається в циліндри, тим підвищений крутний момент на колінчастому валу (коли оптимальний склад суміші та відповідний кут випередження запалювання). На серійних автомобілях важко збільшити об'єм впускного повітря, тому в прошивках ЕБУ змінюють кут випередження запалювання та тривалість впорскування палива, що дозволяє покращити швидкісні характеристики транспортного засобу.

Дана інформація, про параметри роботи двигуна, зберігається в електронному блоці у вигляді робочих таблиць. Отримані значення, формуються на основі тривимірних карт згідно кута випередження запалювання та аналогічних карт, стосовно часу відкриття електромагнітних клапанів паливних форсунок. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером (для різних комбінаційних умов), серед яких найчастіше використовуються: швидкість, тиск у впускному колекторі, температура двигуна та напруга акумулятора. Кожна таблиця визначає своє значення кута випередження запалювання. Підбір оптимального значення вихідного параметра, здійснюється за результатом порівняння. Тоді, електронний блок управління подає команду силовому ключу модулю запалювання, на ввімкнення або вимкнення виконавчих електронних елементів (індукційної котушки залежно від поточного стану двигуна).

Іншим важливим виконавчим елементом, є електромагнітні форсунки, які можуть бути встановлені разом із паливною рампою на впускному колекторі, індивідуально на кожний циліндр. Форсунки дозують подачу палива під певним тиском у впускний колектор циліндра, за командою контролера. Вони являють собою пристрої з електромагнітними клапанами, які при отриманні електричного імпульсу від контролера, впорскують паливо на тарільчасте розширення впускного клапану. Існує два способи подачі палива: синхронний, коли впорскування здійснюється при певному положенні колінчастого валу, та асинхронний, який не синхронізований з обертанням колінчастого валу. Синхронне впорскування найбільш поширене в паливних системах бензинових двигунів, тоді як асинхронне застосовується здебільшого під час запуску двигуна.

На рис. 1.5, відображено розміщення та схематичну конструкцію електромагнітної форсунки [6]-[9].



а – зовнішній вигляд; б – конструктивна схема форсунки: 1 – електромагнітна обмотка; 2 – якір; 3 – запірний елемент; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – магнітопровід; 7 – контакти; 8 – паливний штуцер.

Рисунок 1.5 – Схема розміщення та конструкція електромагнітної форсунки.

Слід зазначити, що електромагнітні форсунки вмикаються попарно або по чергово: 1-го і 4-го циліндрів, і через 180° повороту колінчастого валу – форсунки 2-го та 3-го циліндрів (для 4-ох циліндрового двигуна). Тобто,

кожна паливна форсунка вмикається один раз за один оберт колінчастого валу, або двічі за повний робочий цикл.

Від електротехнічного стану датчика колінчастого валу, у значній мірі залежить робота та амортизаційний період паливних форсунок з електронним керуванням. Практика показує, що після 60 000 км пробігу автомобіля, електромагнітні форсунки піддаються забрудненню, що веде до зупинки ДВЗ.

Важливу роль у процесі сумішоутворення відіграють форма і напрямок так званого розпилювального факела, який залежить від розташування отворів розпилювача. Основна відмінність між цими системами впорскування полягає в наступному: у моноінжекторах форсунка має низький опір обмотки електромагніту — від 4 до 5 Ом; у системах розподіленого впорскування, кожен циліндр забезпечується окремою форсункою, розташованою біля основи впускного колектора, при чому, опір обмотки електромагніту в таких форсунках становить від 12 до 16 Ом.

На рис. 1.6, відображено схеми подачі палива у циліндри інжекторних двигунів.

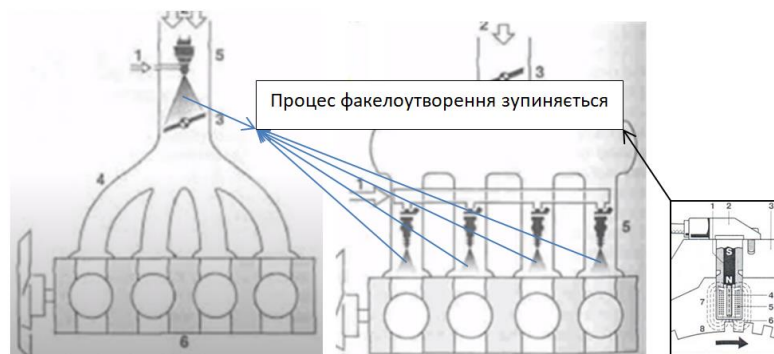


Рисунок 1.6 – Вплив датчика обертів, на роботу електронної паливної апаратури

Протягом експлуатації двигуна з точковою подачею палива, паливні форсунки можуть піддаватися різним пошкодженням. Це призводить до зниження потужності двигуна, підвищення токсичності газів, ривків і

провалів у процесі збільшення навантаження, а також нестабільність роботи на холостому ходу.

Найчастішою причиною несправностей паливних форсунок є їх забруднення. Це відбувається, через накопичення смолистих відкладень і їх коксування на робочій поверхні розпилювача. Дані негативні процеси, у значній мірі пов'язані із неякісною роботою датчика обертів колінчастого валу [7]-[14].

Також, слід відмітити, що зазначений вище датчик, впливає і на якість роботи системи запалювання (тобто зміщення кута випередження запалювання, що у подальшому відображається на точності утворення іскрового розряду на свічках).

На рисунку зображені модулі і котушки запалювання.



Рисунок 1.7 – Котушки запалювання

За відсутності електричних імпульсів чи їх некоректній подачі датчика колінчастого валу, ЕБУ переходить у аварійний режим роботи (тобто, відсутня синхронізація роботи паливних форсунок і модулів чи котушок запалювання), а контролер видає помилку на табло приладів, у вигляді «Check».

Висновки до розділу 1

Проведений техніко-економічний аналіз показав, що робота електромагнітних паливних форсунок і модулів запалювання у сучасних бензинових двигунах, значною мірою залежить від багатьох факторів, одним

із яких, являється коректна робота датчика колінчастого валу. Його несправність, приводить до зниження синхронізації роботи систем живлення і запалювання.

Встановлено, що вихідна напруга датчика колінчастого валу двигуна коливається від 0 до 1 В, а опір котушки знаходиться у межах від 500 до 700 Ом.

Однак залишається невизначеним, як неякісна робота датчика, спричинена: засмічуванням осердя, появою тріщин на корпусі, зміною зазору між диском синхронізації та поганим контактом на виході відображається на формі і величині вихідних електричних імпульсів, що сприймаються контролером, який у свою чергу висвітлює «Check».

Саме, цій проблематиці і будуть присвячені наші дослідження у наступних розділах.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректної роботи датчика обертів колінчастого валу

Ефективність згоряння робочої суміші в камерах згоряння двигуна, залежить від періодичного регулювання робочих процесів. Оптимальна подача палива через електромагнітні форсунки та своєчасне відкриття впускних і випускних клапанів, забезпечує якісне згоряння паливно-повітряної суміші, що відповідно синхронізується контролером, який у свою чергу інформується відповідними електричними імпульсами від датчика обертів колінчастого валу.

Даний електронний елемент, оптимізує роботу інжекторного двигуна, забезпечуючи його економічну та надійну експлуатацію. У разі виникнення несправностей в електронній системі запалювання і живлення, спричинених нестабільною роботою зазначеного вище датчика, електронний блок двигуна переводиться у аварійний режим роботи, що значною мірою відображається перевитратою палива та підвищеними нормами отруйних речовин.

Таким чином, використання методики розрахунку теплового балансу сучасного двигуна з електронним управлінням [12], дозволяє теоретично дослідити ступень втрати ефективної теплоти Q_e .

Відповідно, загальна теплота Q (після згоряння робочої суміші) отримається із виразу

$$Q = Q_n G_n, \text{ кДж/год} \quad (2.1)$$

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

G_n - годинна витрата палива, кг/год.

Годинна витрата палива визначиться, як добуток ефективної потужності N_e , та питомої витрати палива g

$$G_n = N_e \cdot g. \quad (2.2)$$

Тоді, теплота Q_e , розрахується за відомим виразом:

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

Теплоту g_e , (для виконання корисної роботи), визначимо

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

Теплота Q_B , що втрачається у навколишнє середовище, визначиться:

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

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

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – частота обертів колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплоту g_B , яку вбирає система охолодження, визначається за виразом:

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

Кількість теплоти Q_r , що виводиться із випускними газами, отримаємо за відомою формулою:

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

де C_p – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_p = 1,42$ кДж/кг град [14];

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

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

Кількісна маса повітря $G_{пов.}$, що всмоктується у циліндри ДВЗ, визначиться за виразом:

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

Приймаємо $G_{п.} = 5,8$ кг/год.

Частка теплоти q_r , у відпрацьованих газах, визначиться:

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

Відповідно, інші витрати теплоти $Q_{ін.в}$:

$$Q_{ін.в} = Q - (Q_e + Q_r + Q_B) \quad (2.10)$$

Тоді, частку $q_{ін.в}$ отримаємо:

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

За даною методикою теплового балансу, стало можливим визначити процентне значення ефективної теплоти після згоряння робочої суміші в умовах, коли некоректно працює датчик обертів колінчастого валу сучасного двигуна з електронним управлінням.

2.2 Теоретичні дослідження вихідних сигналів індуктивного датчика

Зовнішня характеристика рис. 2.1 – це залежність напруги датчика від сили струму навантаження $U_{\Gamma} = f(I_H)$ (при постійній частоті обертання $n = \text{const}$ і визначеному значенні струму збудження I_3). Падіння напруги відбувається, через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток, розмагнічувальної дії зубів активного диску, а також внаслідок спаду напруги у випрямному колі: $U_{\Gamma} = E_{\Gamma} - I_{\Gamma} z_o - \Delta U_B$

де z_o – повний опір у обмотці;

ΔU_B – спад напруги на виході.

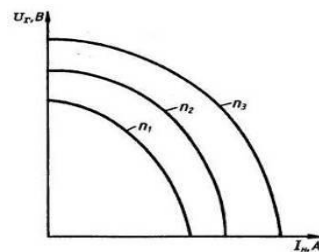
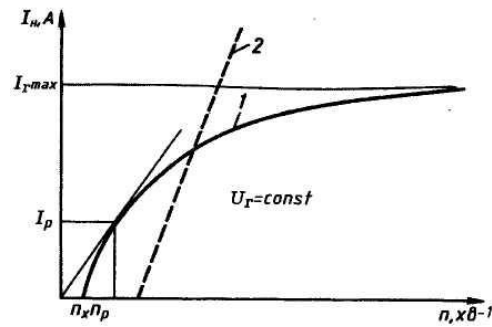


Рисунок 2.1 - Зовнішня характеристика індуктивного датчика

Графік струмошвидкісної характеристики, відображено на рис. 2.2. А це відповідно, залежність незначного навантаження I_H від частоти обертання зубчастого диску $I_H = f(n) U_{\Gamma} = \text{const}$.



1 – змінного струму;

2 – постійного струму

Рисунок 2.2 - Струмшвидкісна характеристика датчиків

Датчикам із електромагнітним збудженням змінного струму, властиві якості самообмеження сили струму навантаження, що запобігає нагріванню обмотки, і тому, виключає потребу встановлення обмежувача струму.

Зі збільшенням сили струму навантаження збільшуватиметься магнітний потік навколо котушки, а внаслідок протидії магнітному потоку зубчастого диску, результуючий магнітний потік зменшуватиметься, що призводитиме до зниження ЕРС. Крім того, збільшення частоти обертання диску, супроводжується підвищенням частоти струму у котушці обмотки датчика, що сприяє підвищенню індуктивного опору обмотки

Сила струму датчика змінного струму визначиться:

$$I_H = E_H / Z_o$$

$$Z_o = \sqrt{(R_A + R_f)^2 + x_L^2} \quad (2.12)$$

де Z_o – повний опір; R_f – активний опір; R_H – опір навантаження; x_L – індуктивний опір,

$$x_L = 2\pi fL = 2\pi \frac{pn}{60} L = C_x n \quad (2.13)$$

де f – частота струму; p – кількість пар полюсів; L – індуктивність; n – частота обертання диску.

Тоді,

$$I_A^2 = \frac{E_A^2}{\sqrt{(R_A + R_f)^2 + (\tilde{N}_\delta \hat{v})^2}} \dots \dots \dots (2.14)$$

За незначних обертів, індуктивна складова опору $C_x^2 n^2$ є незначною, порівняно з активною складовою $(R_f + R_H)^2$ - і її можна знехтувати, а сила струму зростає пропорційно частоті обертання і розраховується:

$$I_A^2 = \frac{\tilde{N}_A \hat{v}}{R_A + R_f} = \tilde{N} \hat{v} \quad (2.15)$$

Зі збільшенням обертів диску, індуктивна складова зростає, ніж активна складова, якою можна знехтувати. При цьому, сила струму не залежить від обертів диску:

$$I_A^2 = \frac{\tilde{N}_A \hat{v}}{\tilde{N}_\delta} = const, \quad \text{за } \hat{v} = const \quad (2.16)$$

Відповідно, зі збільшенням частоти обертання зубчастого диску обмежується максимальна сила струму датчика.

Висновки до розділу 2

Представлено методику розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректної роботи датчика обертів колінчастого валу. Відповідно, нам вдалося отримати порівняльний аналіз обсягу вивільненої ефективної теплоти Q_e (за справного і несправного індуктивного датчика), що спричиняє нестабільність роботи, втрату потужності чи у більшості випадків - вимикання ДВЗ.

Також, теоретично досліджено вихідні електричні імпульси датчика обертів та встановлено їхню залежність.

3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Особливості роботи датчика обертів колінчастого валу двигуна

Усі сучасні двигуни керуються електронним блоком управління, який отримує дані про роботу різних систем від численних сенсорів. Однією з систем ключових складових, що відповідає за правильну роботу запалювання та двигуна загалом, є датчик положення колінчастого валу, рис. 3.1. Він стежить за частотою його обертання, забезпечуючи правильну роботу системи запалювання.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд індуктивного датчика.

Зазначений датчик, інформує електронний блок управління значення наступних параметрів:

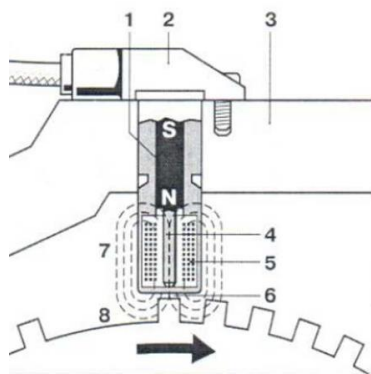
- Тривалість положення поршнів першого і останнього циліндрів у ВМТ і НМТ;
- частоту обертання вала двигуна.

Відповідно, за отриманими даними, електронний блок автомобіля управляє наступними виконавчими елементами: кутом випередження запалювання кожного циліндра; керує електронними паливними форсунками; кутом повороту розподільчого валу (фазами газорозподілу); системою уловлювання парів палива (клапаном продувки адсорбера).

Тому, всі інжекторні двигуни з електронним блоком управління не зможуть працювати без датчика обертів КВ.

3.1.1 Особливості конструкції і розміщення індукційного датчика на інжекторному двигуні.

Конструкція датчика обертів КВ є досить простою. Його основними робочими елементами являються намагнічений сталевий стрижень та зовнішня обмотка. Вся ця конструкція розміщена у пластмасовому корпусі і герметизована смолистою рідиною. До самого датчика підводиться електричний провідник, що з'єднується із електромережею автомобіля. Сам датчик, у більшості випадків, розміщується на блоці циліндрів або картері коробки передач, та у деяких випадках, встановлюється на кронштейні біля приводного шківів ремінної передачі, рис. 3.2.



- 1 – Постійний магніт;
- 2 – корпус;
- 3 – Блок циліндрів;
- 4 – магнітний сердечник;
- 5 – Обмотка збудження;
- 6 – Робочий повітряний простір;
- 7 – Манітне поле;
- 8 – Корекційний диск

Рисунок 3.2 – Конструктивно-технологічна схема датчика обертів КВ.

Зазначений вище датчик, розміщується навпроти зубців задаючого диска. Його іноді називають синхронізуючим. Це диск із зубцями на зовнішньому ободу і закріплюється до шківів колінчастого валу чи маховика.

Найбільшого використання набули електромагнітні і магнітні датчики. Їхні конструктивні і робочі особливості є наступними:

- На задаючому диску є 60 зубців, однак два з них пропущено, що призводить до наявності лише 58 зубців (Цей пропуск, слугує для

синхронізації датчика і являється точкою для відліку обертів колінчастого валу).

- Датчик генерує магнітне поле (Під час обертання диска, його зубці проходять через це поле, створюючи його змінні імпульси).

- Коли магнітне поле перетинає ділянку з відсутніми зубцями, пристрій фіксує початкове положення колінчастого валу, яке передається до блоку управління.

- Блок управління, спираючись на частоту імпульсів, визначає положення валу і кількість його обертів.

- Згідно отриманих даних, коригується робота системи запалювання та двигуна в цілому.

Необхідно зазначити, у індуктивного датчика відсутнє електричне живлення, а за рахунок магнітного поля (що проходить через обмотки) генеруються електричні вихідні імпульси.

3.1.2 Види датчиків колінчастого валу двигуна

Існують три типи датчиків положення колінчастого валу (які відрізняються за принципом дії):

1. Індуктивний (магнітний) – у якого принцип роботи базується на електромагнітній індукції. Він найбільше використовується у електронних системах двигунів (за рахунок його ефективності та надійності). Для його якісної роботи, потрібні високі оберти валу ДВЗ та управляючий зубчастий диск.

2. Датчик Холла, що працює на основі ефекту Холла. Під час проходження зубців диска через датчик, утворюється невелика сигнальна напруга. Ці дані фіксуються і передаються в блок управління, як дискретний сигнал. Таким сенсорам необхідна опорна напруга, і вони є досить точними, але не дуже підходять для використання в якості датчика положення колінчастого валу.

3. Оптичні датчики працюють на основі джерела та приймача світла (світлодіода і фотодіода). Зубці диска проходять через зазор між ними. Під час обертання диска, зубці перекривають світло від світлодіода, що призводить до створення імпульсних сигналів на фотодіоди, які надходять на блок управління. Через свою непрактичність такі датчики майже не застосовуються в сучасних автомобілях.

3.1.3 Особливості роботи інжекторного двигуна, за неякісного електротехнічного стану датчика положення колінчастого валу

Для синхронізації роботи системи запалювання та форсунок автомобіля, використовується датчик колінчастого валу. Його поломки, призводять до серйозних неприємностей, навіть до зупинки двигуна та повної неможливості запустити його. Робочий девайс транслює автомобільному комп'ютеру, інформацію про положення поршнів, яка використовується для правильного регулювання подачі палива.

Встановлюється пристрій у кронштейн, розташований поруч із шківом приводу генератора.

Симптоми роботи двигуна, за некоректної роботи індуктивного датчика:

- Не запускається автомобіль;
- Відсутні холості або нестабільні обороти вала двигуна;
- Суттєве зниження потужності двигуна;
- Підвищена детонація під час підвищення навантаження.

На автомобілях (Chrysler; Nissan; Opel; Skoda; Suzuki.), в основному використовують датчики положення колінвалу фірми Bosch 0261210151. Це один з найвідоміших брендів у світі.

Ці ознаки роботи ДВЗ, можуть вказувати і на інші несправності, але в будь-якому випадку, необхідно провести діагностику та виявити причину. Як перевірити несправність датчика

Слід зазначити, що причиною нестабільної роботи, також може стати неправильний зазор між зубцями і датчиком. Відстань від зубця до сердечника повинна знаходитися у межах від 0,5 до 1,5 мм.

Є три способи перевірки датчика КВ:

- за допомогою мультиметра;
- перевірка осцилографом.

Першим способом – слід переключити мультиметр в режим вимірювання опору. Опір котушки датчика знаходиться в межах від 500 до 1100 Ом. Відповідно, на мультиметрі потрібно задати верхню межу 2 кОм. На рис. 3.3 – Зображено розміщення та форму електричних імпульсів датчика колінчастого валу двигуна на холостому ходу.

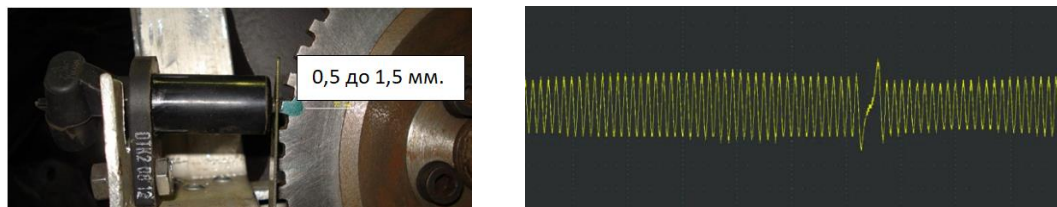


Рисунок 3.3 – Розміщення та форма електричних сигналів індуктивного датчика.

Сучасне диво інженерної думки – автомобіль, дуже складно уявити без електронних систем. Електронні системи, за своєю функціональністю можна розділити на такі системи керування: двигуном, ходовою частиною, трансмісією та салоном (безпека та комфорт).

Ось саме про одну з таких систем, яка контролює роботу системи упорскування палива, по суті, руху автомобіля. Це датчик положення колінчастого валу.

Датчик колінчастого валу в процесі роботи подає сигнали ЕБУ про його положення, частоту і напрям обертання. Принцип роботи зазначеного датчика, може відрізнятися, залежно від його типу, що застосовується на конкретній моделі автомобіля.

Електронний блок управління, приймаючи сигнали, які генерує датчик частоти обертання колінчастого валу, визначає: його положення щодо

верхньої мертвої точки (ВМТ) (в 1 та 4 циліндрах двигуна), частоту обертання та напрямок його обертання. Завдяки отриманим результатам, ЕБУ формує сигнали для керування: форсунками, моментом запалювання, вмиканням електробензонасосу, роботою тахометра.

У процесі експлуатації автомобіля, можуть спостерігатися несправності датчика обертів коленвала, хоча це досить рідкісне явище. При несправності датчика, шків приводу генератора, спалахує сигнал "CHECK ENGINE".

Перевірка справності датчика положення колінвалу здійснюється за допомогою тестера. Вимірюється опір обмотки датчика омметром. Опір має бути у межах 800-900 Ом.

Для коректності показників, рекомендована температура повітря 20 ... 220°C. Опір обмотки вимірюємо омметром.

Для вимірювання індуктивності обмотки датчика обертів колінчастого валу, застосовується вимірювач індуктивності (індуктивна котушка, ємність та опір). Індуктивність має бути в межах 200-400 мГц.

За допомогою мегаомметра, перевіряється опір ізоляції. Цей параметр при напрузі 500В не повинен бути вище 20 МОм.

Якщо, під час проведення діагностики датчика, станеться необережне намагнічування диска синхронізації, то розмагнічування проводиться за допомогою мережевого трансформатора.

Виходячи з результатів, отриманих при тестових вимірах, ми отримуємо дані про несправність датчика, або, навпаки, його справність. При монтажі старого або нового датчика, необхідно уважно встановлювати його у посадкове місце за мітками.

3.2 Результати теоретичних досліджень вихідних сигналів індуктивного датчика

На основі методики (див. розд. 2), проведено розрахунок вихідних електричних імпульсів індуктивного датчика і отримано наступні графічні залежності, рис.3.4.

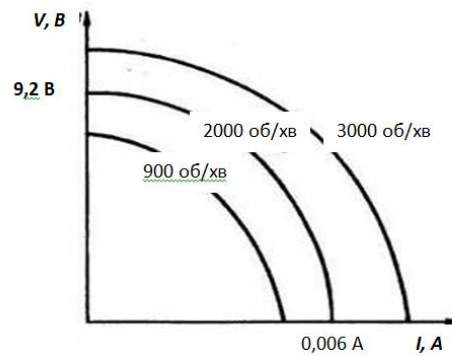


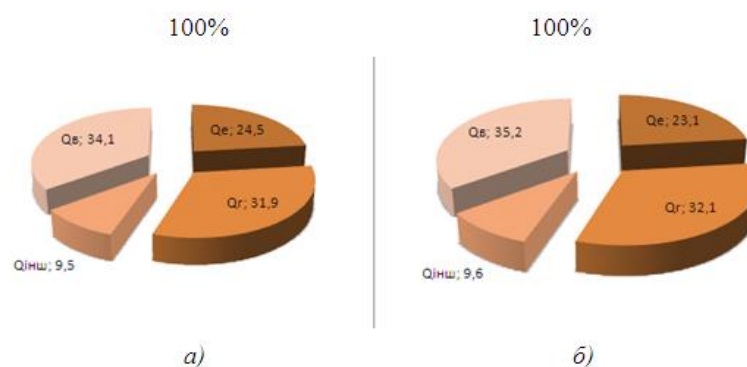
Рисунок 3.4 - Зовнішня характеристика індуктивного датчика.

Аналіз графіка показує, що із збільшенням частоти обертання управляючого датчика, напруга на виході росте, струм залишається приблизно сталим і становить 0,006 А.

3.3 Результати теплового балансу інжекторного двигуна

Згідно відомої методики розрахунку теплового балансу досліджуваного двигуна із точковою подачею палива, отримали наступні результати, відображених у вигляді процентних співвідношень, рис. 2.2.

Згідно методики розрахунку теплового балансу досліджуваного двигуна, отримано значення досліджуваних параметрів і побудовано порівняльні діаграми, рис. 3.5.



а) якісна робота датчика обертів;

б) некоректна робота датчика

Рисунок 3.5 – Порівняльні діаграми теплового балансу

Аналізуючи діаграми теплового балансу, можна цілком стверджувати, що за некоректної роботи датчика обертів, ефективна теплота зменшилась близько на 1,4%. А це відповідно впливає на: підвищення витрати палива, збільшення викидів отруйних речовин та стабільність роботи двигуна.

3.4 Дослідження форми електричних імпульсів датчика обертів колінчастого валу

Під час проведення діагностичних робіт датчика обертів колінчастого валу інжекторного двигуна, нами було використано електронний осцилограф FNIRSI 2C23T 3. Це універсальний вимірювальний прилад, що об'єднує осцилограф (2 канали по 10 МГц, 50 мс/с), генератор сигналів (2 МГц, 3,3 В) і мультиметр 9999 (до DC 1000 В). У конструкцію входить кольоровий екран, розміром 2,8 дюйма та роздільною здатністю 320 x 240 пікселів. Електричне живлення здійснюється від вбудованого акумулятора, ємністю 3000 мА·год (тривалістю автономної роботи 6 годин), і заряджається через порт Type-C. Даний пристрій, дає можливість проводити широкий спектр електронних вимірювань, що робить його незамінним помічником, як для професійних інженерів-діагностів так і експлуатаційників автомобільного транспорту.

Нами отримано форму вихідного електричного імпульсу на холостих обертах моноінжекторного двигуна (900 об/хв), рис. 3.6.

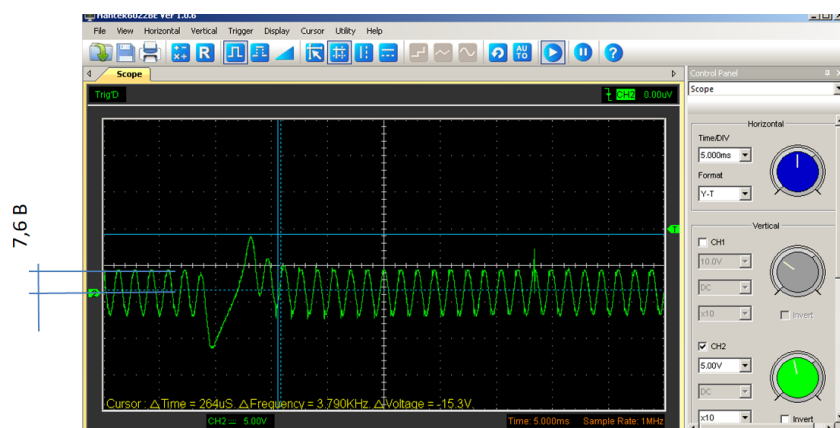


Рисунок 3.6 – Форма електричного імпульсу датчика обертів колінчастого валу.

Із осцилограми видно, що вихідний сигнал за 264 мс. (у моменті відсутності зуба на управляючому диску) склав 15,3 В, а робочий стабільний сигнал становить – 7,6 В. Форма сигналу правильної форми (синусоїди) – що є нормою.

На рис. 3.7, відображено вихідні електричні сигнали датчика обертів бензинового двгуна, за різних швидкісних характеристик.

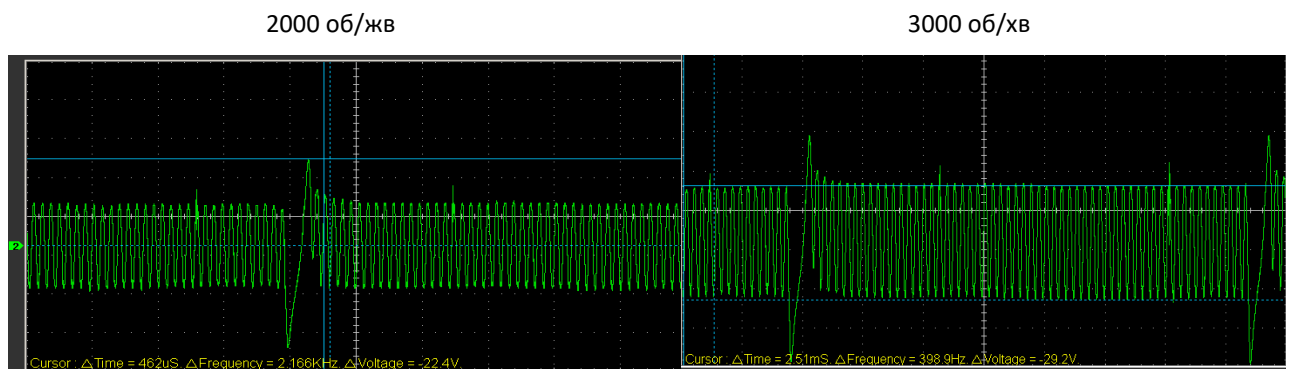
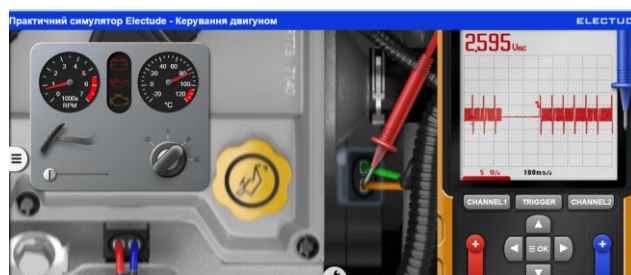


Рисунок 3.7 – Осцилограми електричних сигналів індуктивного датчика

Аналізуючи рис. 3.7, можна сказати наступне:

- за збільшенням обертів колінчастого валу до 2000 об/хв, частота імпульсів становила – 2166 кГц, напруга – 22,4 В (у місці відсутності зуба);
- для 3000 об/хв, частота – 3989 кГц, а робоча напруга склала – $29,2/2 = 14,6$ В

Для достовірності досліджень, нами повторно було використано віртуальний ресурс «Electude», де ми змогли отримати вихідні електричні імпульси датчика обертів, коли між диском і намагніченим сердечником чи неякісних контактних з'єднань на клеммах, відбуваються перебої, плавають оберти інжекторного двигуна, рис. 3.8.



За неякісно працюючого датчика



Рисунок 3.8 – Результати дослідження індуктивного датчика у віртуальному середовищі «Electude»

Аналізуючи осцилограми (див.рис. 3.4), отримали розриви електричних сигнальних імпульсів, що подаються до електронного блоку управління. Відповідно, даний процес свідчить, про нестабільну роботу двигуна та динамічні втрати потужності.

Висновки до розділу 3

За відомою методикою теплового балансу, отримано теплові витрати, а саме: ефективна теплота (за некоректної роботи датчика обертів) Q_e , знизилась на 1,4%, відносно справного.

Теоретично, досліджено вихідні електричні імпульси датчика обертів колінчастого валу (за 2000 об/хв): напруга склала близько – 9,2 В, сила струму – 0,006 А.

У віртуальному середовищі "Electude", змодельовано роботу інжекторного двигуна (за неякісного контакту провідників між датчиком і ЕБУ) та отримано графічне відображення електричного сигналу із частковими пропусками та значенням «плаваючої» напруги – 2.6 В. Відповідно, за використання електронного осцилографа, вихідна напруга досягла – 3,5 В.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні обставини під час комп'ютерної 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:

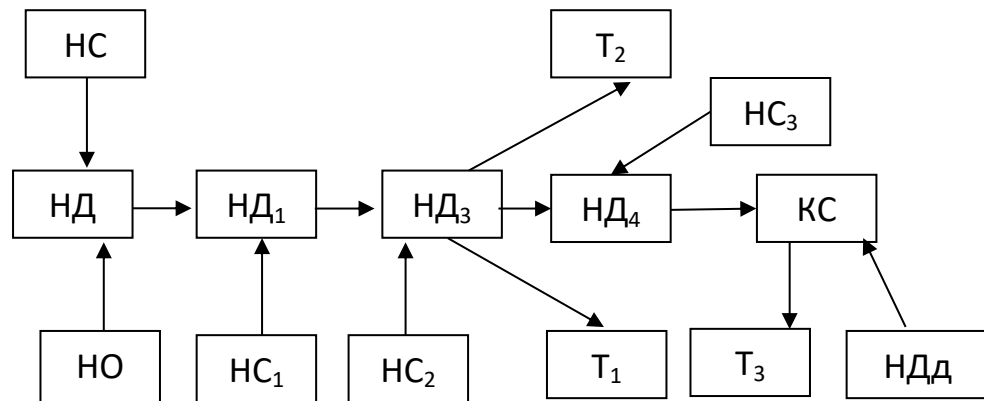
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого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



HD – відкриття капоту; НС – можливе падіння капоту під час проведення ТО; НО₁ – наявність незначного схилу; HD₁ – зняття заглушки із роз'єму; НС₁ – можливе побиття кінцівок рук; HD₃ – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз'єм; НС₂ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; Т₁ – травма пальців; Т₂ – побиття ліктів рук; HD₄ – фіксація регулювальної шторки; НС₃ – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; Т₃ – пошкодження пушок пальців рук; KS – заземлення 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 50x20x8 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. 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.

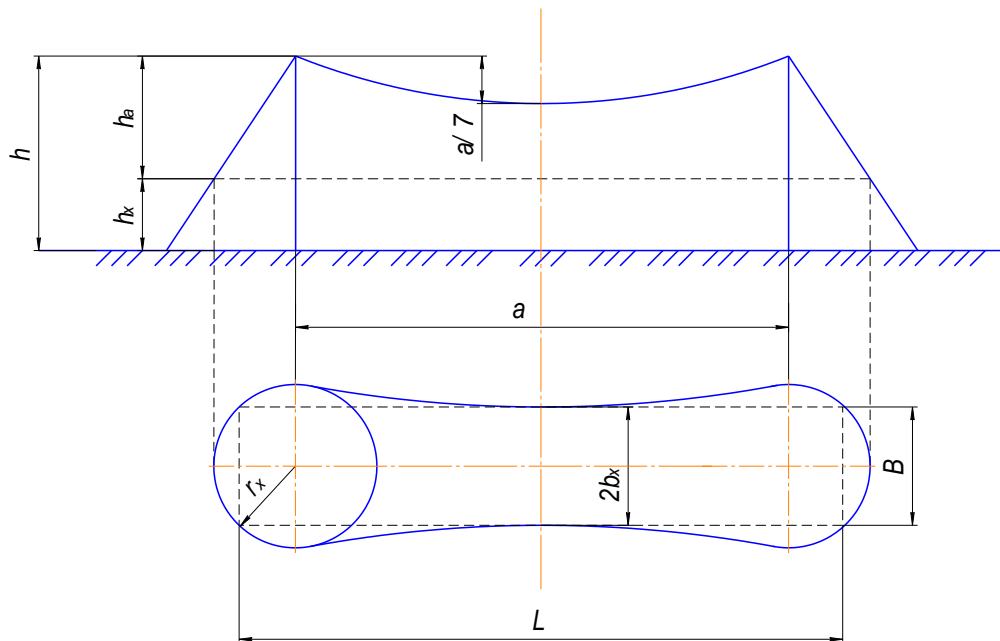


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

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

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, розроблені наступні заходи з охорони праці та безпеки:

1. Проведення перевірки системи вентиляції та контролю наявності шкідливих речовин під час діагностики автомобіля.
2. Розроблені методики навчання персоналу з питань безпеки при виконанні діагностичних робіт.
3. Впровадження методів перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики (для запобігання травмонебезпечним ситуаціям).

Змодельовані можливості сценаріїв, які можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної та дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Виконано розрахунок пожежної безпеки будівлі, де проводяться відновлювальні роботи електронних елементів бортової енергостеми 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 індуктивного датчика з електронною системою сучасного автомобіля, що 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 Розрахунок експлуатаційних витрат

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 електронним блоком управління. Для розрахунку економічних витрат, коли досліджуваний автомобіль потрапляє в аварійний режим роботи (за неякісної роботи індуктивного датчика), використовується методика, яка детально описана у джерелі [8].

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

$$Z = Z_n + Z_{зм} + Z_{ТО} + Z_{ав} + Z_{ш} + Z_{зн} \quad (6.1)$$

де Z_n – витрати на паливе;

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

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

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

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

$Z_{зн}$ – витрати на заробітну плату водія, $Z_{зн} = 10,00$ 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:

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

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

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

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 ($\epsilon = 0,01$ - 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

Під час експлуатації автомобіля, коли на табло приладів, засвічується діодна лампа «Check», це ознака, що електронний блок управління перейшов у аварійний режим роботи. Для нашого випадку, некоректно працював датчик обертів колінчастого валу двигуна. Відповідно, нами доведено, що між намагніченим стрижнем датчика і управляючим диском, відсутній достатній робочий зазор (викликаний пиломасляною масою), що спричинило підвищені норми витрати палива та екологічні показники.

В результаті, цей негативний процес спричинив щорічні економічні втрати, приблизно в 22093,83 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведений техніко-економічний аналіз показав, що робота електромагнітних паливних форсунок і модулів запалювання у сучасних бензинових двигунах, значною мірою залежить від багатьох факторів, одним із яких, являється коректна робота датчика колінчастого валу. Його несправність, приводить до зниження синхронізації роботи систем живлення і запалювання.

Представлено методику розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректної роботи датчика обертів колінчастого валу. Відповідно, нам вдалося отримати порівняльний аналіз обсягу вивільненої ефективної теплоти Q_e (за справного і несправного індуктивного датчика), що спричиняє нестабільність роботи, втрату потужності чи у більшості випадків - вимикання ДВЗ.

Отримано теплові витрати, а саме: ефективна теплота (за некоректної роботи датчика обертів) Q_e , знизилась на 1,4%, відносно справного.

Теоретично, досліджено вихідні електричні імпульси датчика обертів колінчастого валу (за 2000 об/хв): напруга склала близько – 9,2 В, сила струму – 0,006 А.

У віртуальному середовищі "Electude", змодельовано роботу інжекторного двигуна (за неякісного контакту провідників між датчиком і ЕБУ) та отримано графічне відображення електричного сигналу із частковими пропусками та значенням «плаваючої» напруги – 2.6 В. Відповідно, за використання електронного осцилографа, вихідна напруга досягла – 3,5 В. Під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобіля, розроблені наступні заходи з охорони праці та безпеки:

1. Проведення перевірки системи вентиляції та контролю наявності шкідливих речовин під час діагностики автомобіля.

2. Розроблені методики навчання персоналу з питань безпеки при виконанні діагностичних робіт.

3. Впровадження методів перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики (для запобігання травмонебезпечним ситуаціям).

Змодельовані можливості сценаріїв, які можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної та дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Виконано розрахунок пожежної безпеки будівлі, де проводяться відновлювальні роботи електронних елементів бортової енергостеми автомобілів.

Під час експлуатації автомобіля, коли на табло приладів, засвічується діодна лампа «Check», це ознака, що електронний блок управління перейшов у аварійний режим роботи.

Відповідно, нами доведено, що між намагніченим стрижнем датчика і управляючим диском, відсутній достатній робочий зазор (викликаний пиломасляною масою), що спричинило нестабільну роботу двигуна.

В результаті чого, цей негативний процес спричинив щорічні економічні втрати, приблизно в 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. 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.

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

17. 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.

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

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

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003, 250 с.

24. 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.