

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Вплив сенсора кисню, на роботу паливної системи
інжекторного двигуна»

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

(шифр і назва)

Данило ВОВК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

Вовк Д. І. Вплив сенсора кисню, на роботу паливної системи інжекторного двигуна: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 56 с.

Табл. 1; рис. 14; бібліогр. джерел 25.

Запропоновано методику комп'ютерної діагностики автомобіля з електронним блоком управління з використанням віртуального середовища "Electude".

Проаналізовано тепловий баланс бензинового двигуна, за умови некоректної роботи датчика кисню, що призводить до переходу електронного блоку управління у аварійний режим.

Представлено обладнання для комп'ютерної діагностики автомобіля, комплектованого двигуном з точковою подачею палива.

Описано вплив датчика кисню на роботу електронних виконавчих механізмів і систем бензинового двигуна в різних режимах.

Наведено заходи з безпеки праці, при діагностиці автомобіля, за різних режимів його роботи.

Розраховано економічні втрати через перехід двигуна в аварійний режим, що складають близько 21000,00 грн. на рік.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 1.1 Необхідність контролю технічного стану двигуна з електронним управлінням	8
1.2 Діагностичне обладнання для сучасних автомобілів	10
1.3 Обґрунтування важливості використання сенсорів кисню у сучасних інжекторних двигунах	13
1.4 Конструкція і робота багатосмугового датчика кисню	16
Висновки до розділу 1.....	18
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Розрахунок теплового балансу сучасного двигуна, за умови некоректної роботи лямбда-зонда	19
2.2 Теоретичні дослідження кількості отруйних речовин у випускних газах, за неякісно працюючого сенсора кисню	21
2.3 Дослідження залежності концентрації кисню від вихідних електричних імпульсів лямбда-зонда.....	23
Висновки до розділу 2.....	25
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1 Причини некоректної роботи сенсора кисню	26
3.1.1 Ознаки несправності лямбда-зонда	27
3.1.2 Фактори, що впливають на некоректну роботу лямбда-зонда.....	28
3.2 Результати впливу датчика кисню, на роботу паливної системи інжекторного двигуна.....	30
3.2.1 Методика проведення експерименту та результати.....	31
3.3 Результати теплового балансу досліджуваного двигуна, за відсутності сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню.....	33

Висновки до розділу 3.....	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	36
4.1 Небезпечні ситуації на автопідприємствах	36
4.2 Пожежна безпека.	38
4.3 Охорона праці під час проведення комп'ютерної діагностики транспортних засобів	41
4.4 Організаційно-технічні рекомендації	42
Висновки до розділу 4.....	46
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	47
5.1 Економічні витрати.....	47
5.2 Вплив сенсора кисню на економічні показники бензинового двигуна....	48
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	49
Висновки до розділу 5.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	52
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	54

ВСТУП

Методика проведення комп'ютерної діагностики автомобіля — це використання спеціальних комп'ютерних систем і програмного забезпечення для оцінки технічного стану різних систем і компонентів автомобіля. Такий підхід, дозволяє швидко і точно виявляти несправності, аналізувати електронні системи, а також виявляти й усувати помилки, що можуть виникати під час експлуатації транспортного засобу.

Комп'ютерна діагностика автомобіля охоплює наступні етапи: сканування систем з використанням діагностичних сканерів (для зчитування електронних блоків керування та інших систем автомобіля); читання кодів несправностей (аналіз кодів, що генерує автомобільна електроніка для виявлення конкретних проблем), а також аналіз параметрів (перевірка різних робочих показників, таких як: тиск палива, температура, оберти колінчастого валу і багато інш.).

Системи збору даних, використовують різні сенсори та датчики для передачі інформації про роботу виконавчих механізмів. Завдяки цим можливостям, комп'ютерна діагностика значно спрощує виявлення та усунення несправностей, забезпечуючи швидке й ефективне обслуговування автомобіля. Вона також є важливим інструментом, для професійних автомайстрів та сервісних центрів, допомагаючи вирішувати технічні проблеми та надавати якісні послуги з обслуговування сучасних автомобілів.

Використання сучасних методів автомобільної діагностики, являється надійним джерелом інформації про технічний стан систем і вузлів автомобіля, що дозволяє знизити обсяги ремонтних робіт та прогнозувати працездатність виконавчих елементів і систем, без їхнього розбирання. В Україні компанія Robert Bosch GmbH робить значний внесок у забезпечення сервісних станцій, надаючи універсальне обладнання, яке дозволяє проводити повний спектр діагностичних робіт (для більшості сучасних автомобільних моделей).

Отже, для швидкого та точного аналізу впливу несправного кисневого датчика на роботу паливної системи сучасного бензинового двигуна, доцільно використовувати комп'ютерне діагностичне обладнання, а при необхідності визначення точності вихідного сигналу - електронний осцилограф.

Метою нашої кваліфікаційної роботи, є дослідження впливу сенсора кисню, на роботу паливної системи інжекторного двигуна.

Для цього необхідно:

1. Провести дослідження літературних джерел, стосовно впливу сенсора кисню, на роботу сучасного інжекторного двигуна.
2. Розрахувати тепловий баланс двигуна зі справним і несправним сенсором кисню.
3. Провести комп'ютерну діагностику сучасного бензинового двигуна та обґрунтувати вплив сенсора кисню на роботу паливної системи з електронним управлінням.
4. Представити заходи з охорони праці та техніки безпеки під час проведення ТО автомобіля.
5. Розрахувати експлуатаційні витрати автомобіля, за некоректної роботи сенсора кисню.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

З підвищенням рівня життя людей автомобіль став незамінним у повсякденному житті людей. За статистичними даними, до 2023 р. кількість автомобілів досягла 108 млн, викидаючи 28,655 млн т чадного газу (CO), 3,452 млн т CO₂, 5,829 млн т NO_x і 592 тис. т [2]. Викиди цих забруднюючих речовин, підвищує забруднення повітря та загрожує навколишньому середовищу.

Автомобільний датчик кисню, є ключовим елементом електронної системи вприскування палива у двигунах та служить, для моніторингу вмісту кисню у вихлопних [3]. Робота автомобільного двигуна контролюється датчиком кисню, що може не тільки вирішити проблему очищення вихлопу, але й покращити ефективність згоряння палива [8].

1.1 Необхідність контролю технічного стану двигуна з електронним управлінням

Під час експлуатації автомобілів в умовах міста, у більшості випадків двигуни внутрішнього згоряння працюють в несталих режимах (запуск, прогрівання, розгін і гальмування, робота під підвищеним навантаженням, скидання навантаження та зупинка). Дані режими роботи, займають від 93 до 97% часу в умовах інтенсивного міського руху, від 30 до 45% — під час руху по ґрунтових дорогах та від 30 до 35% загального часу на замських трасах. У цих умовах споживана потужність двигуна коливається від 13 до 78% від номінальної. Доведено, що під час несталих режимів, витрата палива збільшується на 5-7%, а знос двигуна — в середньому у 1,2-2 рази [10]-[16].

Варто зазначити, що виконавчі механізми, які у значній мірі впливають на технічний стан двигуна, під час роботи змінюються, оскільки спряжені елементи вузлів, такі як паливна апаратура, циліндро-поршнева група, газорозподільний механізм, зазвичай зношуються, а властивості пружних

елементів (поршневих кілець та пружин) поступово знижуються, зазначено у джерелі [18].

Загалом, частка відмов і несправностей двигунів серед усіх відмов автомобіля для деяких моделей, може становити від 35 до 55%. Найбільша кількість відмов, серед систем і вузлів автомобіля, припадає на двигун та електрообладнання.

Відмови у системах управління бензинових двигунів розподіляються наступним чином [19]-[24]:

- окислення контактів і обрив провідників — 35%;
- електромагнітні паливні форсунки — 8%;
- регулятор холостого ходу — 10%;
- система запалювання — 9%;
- датчик кисню — 7%;
- датчики і реле — 6%;
- електронний блок управління — 3%;
- електропаливний насос — 22%.

У наступному технічному джерелі [6]-[9], доведено оптимальну періодичність проведення діагностики основних компонентів системи впорскування палива з електронним управлінням, яка збігається з періодичністю ТО_2 . Доведено, що деякі елементи цієї системи, мають оптимальну періодичність діагностики близько 2 мільйонів кілометрів пробігу, що свідчить про їхню високу надійність і відсутність потреби в планових діагностичних заходах. До таких елементів належать витратомір повітря, датчик частоти обертання колінчастого валу та датчики температури охолоджувальної рідини.

Інженерами - дослідниками встановлено, що середній безвідмовний пробіг системи впорскування палива (з електронним управлінням), становить 30–35 тисяч кілометрів. За даними досліджень, склад робочої суміші впливає на повноту згоряння палива і, відповідно, на інтенсивність зносу двигуна.

Збільшення зносу, обумовлене підвищенням неповноти згорання робочої суміші, зниженням в'язкості оливи (через наявність палива) і змиванням оливної плівки зі стінок циліндра. Якщо вважати знос, при роботі двигуна на найекономічнішому режимі за 100%, то в режимі максимальної потужності - знос зростає на 30–60% (залежно від фракційного складу палива).

Причинами збагачення робочої суміші в двигунах із примусовою подачею палива, можуть бути: негерметичне закриття електромагнітних форсунок, несправність регулятора тиску палива, засмічення зливної магістралі, несправності датчиків системи управління або забруднення повітроочисника [13].

1.2 Діагностичне обладнання для сучасних автомобілів

Сьогодні, доступність технічних засобів для діагностики автомобілів досить висока. Для оцінки електротехнічного стану основних вузлів та електронних систем керування автомобілем, автодіагности використовують наступний комплекс засобів [14]:

- сканери для зчитування кодів помилок;
- осцилографи для аналізу електричних сигналів;
- прилади для вимірювання напруги, струму та опірності;
- газоаналізатори (для вимірювання викидів і визначення ефективності роботи сенсора кисню);
- різноманітні датчики температури і тиску палива і оливи;
- обладнання для вимірювання компресії;
- електронні вимірювальні прилади для аналізу сигналів у електронній системі;
- ідентифікаційні інфрачервоні термометри для температурних відхилень.

Цей перелік є загальним і може змінюватися залежно від особливостей автомобільної діагностики та вимог фахівця, який проводить техобслуговування. Вибір конкретних моделей мотортестерів і сканерів, залежить від оцінки їх функціональних можливостей і сумісності з найкращими моделями автомобілів, які обслуговуються.

Вміст концентрації компонентів у вихлопних газах, визначають за допомогою електронно-оптичних пристроїв — газоаналізаторів (одно-, дво-, три-, чотирьох- або п'ятикомпонентним). До компонентів, що підлягають вимірюванню, належать CO, CH, CO₂, O₂, NO_x.

Сучасні бензинові автомобілі, за винятком тих, що працюють із прямим упорскуванням палива в циліндри, мають функціонувати з оптимальним вмістом повітря/паливо (коефіцієнт надлишку повітря — лямбда — дорівнює 1) у сталих режимах, крім повного навантаження. Якість приготування робочої суміші є досить високою, в межах від 0,97 до 1,03. Біжуче значення лямбда, виступає інтегральним параметром, що відображає якість робочої суміші.

Про якість згоряння суміші, можна судити за складом вихлопних газів.

Для діагностики електронної системи управління та її моніторингу, використовують сканери. Необхідно розуміти, які функції виконують електронні блоки управління автомобілем. Починаючи з перших ЕСУ, в яких була введена функція самодіагностики, що дозволяє виявити несправності в датчиках і виконавчих механізмах. У разі виявлення будь якої несправності електронної системи, вона перемикається у "аварійної" режим, при якому ігноруються пріоритетні вихідні дані від певного датчика, але двигун все одно продовжує працювати.

Обладнання для діагностики ЕБУ автомобілем, розділяються на дві основні категорії: дилерські сканери (розроблені виробниками автомобілів та універсальні пристрої, які можуть включати додаткові функції, такі як мультиметр або осцилограф). Електронна система управління паливоподачею двигуна, була першою, що перейшла на цифрову кодировку у

сучасних автомобілях. Згодом, перелік електронних керованих компонентів автомобіля розширився такими пристроями, як антиблокувальна система, автоматична трансмісія, подушки безпеки, система клімат-контролю та інші, у яких встановлений власний електронний блок.

Важливою функцією сучасних діагностичних адаптерів, є можливість керування виконавчими елементами електронної системи. Це дає змогу, не лише перевіряти справність багатьох компонентів, а й у деяких випадках дозволяє виконувати функції дублювання блоку керування, втручаючись у його роботу.

Дилерські адаптери можуть виготовлятися за індивідуальними замовленнями конкретних автовиробників, для застосування в їхніх спеціалізованих сервісних центрах (наприклад, пристрій Monitor 2000, розроблений американською компанією OTC, працював із цифровими блоками автомобілів марок GM, Chrysler і Ford).

На рис. 1.1, зображено діагностичне обладнання «Delphi», яке працює із програмним забезпеченням «Open-Diag».



Рисунок 1.1 – Обладнання сканера «Delphi».

Слід відмітити, що сучасне діагностичне обладнання, здатне ефективно працювати з автомобілями різних марок, проте повністю універсального сканера наразі не існує. Функціональність сканера залежить від глибини охоплення, тобто від кількості електронних систем, які він може протестувати (для певної марки автомобіля). Особливості автомобілів різних виробників, включають не лише використання різних протоколів обміну, але й відмінності у діагностичних роз'ємах (тобто в конфігурації підключення).

Щоб врахувати ці відмінності, сканери оснащені комплектом адаптерних кабелів, що дозволяє під'єднуватися до бортового порту електронного блоку управління.

Останнє десятиліття, характеризується процесом уніфікації бортової діагностики автомобілів (завдяки введенню стандартів OBD II та EURO-OBD). Ці стандарти зобов'язують автовиробників використовувати єдиний протокол обміну даними та стандартний діагностичний роз'єм.

Для перевірки технічного стану електронних систем керування автомобіля, також використовуються мотор-тестери. Це універсальні електронні пристрої, які з допомогою спеціальних датчиків, вимірюють параметри роботи двигуна. Мотор-тестери можуть визначати різні показники, такі як оберти колінчастого валу, температуру оливи, рівень заряду акумулятора та багато інших технічних параметрів.

1.3 Обґрунтування важливості використання сенсорів кисню у сучасних інжекторних двигунах

Використання кисневих сенсорів у бензинових двигунах, почалося ще в 1979 році, і з кожним роком все більше транспортних засобів оснащуються декількома такими датчиками, розташованими перед і після нейтралізатора.

З 1992 року, для дотримання вимог щодо обмеження викидів шкідливих газів, кисневі сенсори стали обов'язковою частиною оснащення автомобілів, а з 2000 року такі датчики почали встановлювати і в системах вихлопу дизельних двигунів.

Сьогодні існує чотири основних виробники сенсорів кисню: NGK, Bosch, Denso та Delphi. Назва "лямбда-зонд" походить від грецької літери "лямбда" (λ), яка позначає співвідношення повітря до палива робочій суміші. Ідеальною (стехіометричною) вважається суміш, у якій міститься точна

кількість повітря, необхідна для повного згоряння палива, тобто для бензину, це співвідношення становить приблизно 14,7 кг повітря на 1 кг палива.

У стехіометрії, λ визначає відношення фактичної кількості повітря до необхідної для згоряння кількості повітря:

- $\lambda = 1$ означає стехіометричну (ідеально збалансовану) суміш;
- $\lambda > 1$ позначає бідну суміш;
- $\lambda < 1$ означає багату суміш (надлишок палива, недостатньо повітря для повного згоряння).

Перші лямбда-зонди були резистивними, тобто їх опір змінювався, залежно від рівня кисню у відпрацьованих газах. Сучасні датчики діють, як порогові елементи.

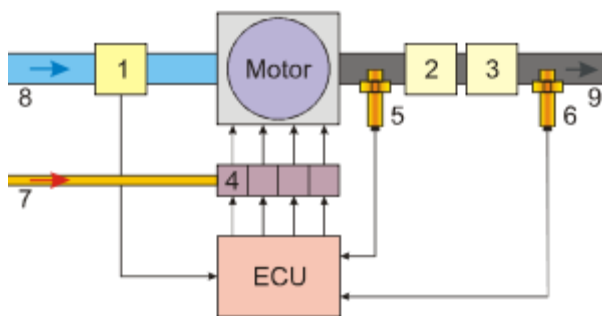
На рис. 1.2, зображений загальний вигляд сенсора кисню.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд сенсора кисню.

Принцип роботи лямбда-зонда базується на рівнянні Нернста, сформульованому вченим Вальтером Нернстом. Лямбда-зонд, відомий також як гальванічний елемент, виготовляється з керамічного матеріалу — діоксиду цирконію (ZrO_2), легованого оксидом ітрію. На його поверхню наносять тонкі пористі струмопровідні електроди з платини. Цю конструкцію зонда було розроблено на початку 1960-х років у компанії Robert Bosch під керівництвом науковця Гюнтера Баумана (нім. Günter Bauman) [14].

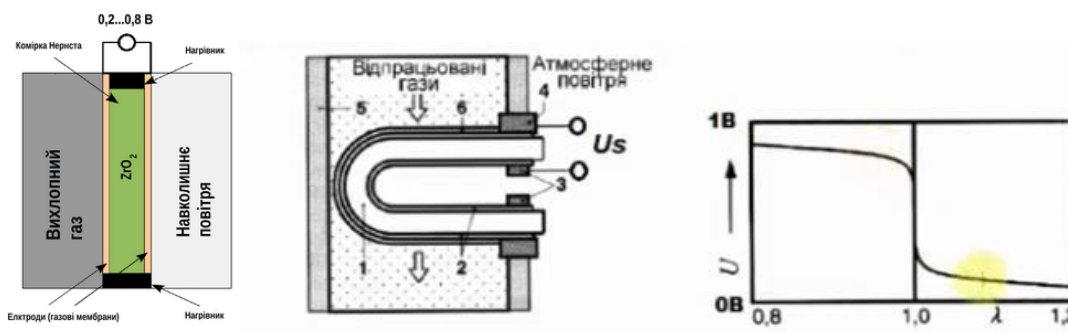
Всі сенсори кисню встановлюються у випускному тракті ДВЗ таким чином, що одна його сторона контактує з випускними газами, з температурою нагрівання близько 300 °С, а інша — з навколишнім середовищем, рис.1.3.



1 – датчик масової к-сті повітря; 2 і 3 – каталізатори; 4 – паливні електромагнітні форсунки; 5 - лямбда перед каталізатором (для регулювання); 6 - лямбда після каталізатора (для контролю); 7 - паливо, 8 - впускне повітря; 9 - випускні гази, ECU - електронний блок управління

Рисунок 1.3 – Схематичне відображення лямбда-зондів у випускній магістралі

При температурі понад 300°C , керамічний матеріал з діоксиду цирконію розжарюється і стає твердим електролітом з іонною провідністю. Зонди можуть мати вбудований підігрівач, щоб підтримувати необхідну температуру. Тонкі платинові шари на їх поверхні виконують функцію електродів, електричний потенціал яких залежить від концентрації кисню в газах, що контактують з ними. За значної різниці в концентрації кисню з обох сторін, сенсор створює електрорушійну силу, яка коливається від 0,2 до 1 В, рис. 1.4.



1 – кераміка; 2 – електроди; 3 – контакти; 4 – корпус датчика; 5 - випускна магістраль; 6 – пористе захисне покриття; λ – коефіцієнт надлишку повітря; U – вихідна напруга

Рисунок 1.4 – Конструктивно-технологічна схема сенсора кисню [11].

Напруга, генерована сенсором, надходить до контролера, який визначає склад паливо-повітряної суміші. Цей блок, підтримує оптимальний склад суміші, щоб за різних умов навантаження двигуна, виду палива та погодних факторів, забезпечити максимально ефективну роботу двигуна та знизити викиди чадного газу у атмосферу.

Для підтримання стабільного температурного режиму під час роботи двигуна на холостому ході, особливо при низьких температурах відпрацьованих газів і для скорочення часу прогрівання при запуску холодного двигуна, чутливі елементи датчиків здебільшого мають вбудований нагрівач. Це підтверджується наявністю більше ніж двох контактів і дещо зміненою конструкцією порівняно з попередніми моделями. Датчики кисню з підігрівом, переходять у робочий режим за лічені секунди, що сприяє зниженню споживання палива, зменшенню рівня шкідливих викидів та збільшенню експлуатаційного ресурсу нейтралізатора.

1.4 Конструкція і робота багатосмугового датчика кисню

У 1992 році, компанія NTK «Technologies» представила багатосмуговий лямбда-зонд на основі діоксиду цирконію, відомий як "wideband zirconia sensor". І на сьогоднішній день, він знайшов широке застосування в електронних системах управління ДВЗ, щоб відповідати сучасним вимогам до підвищення ефективності використання палива, рис. 1.5.

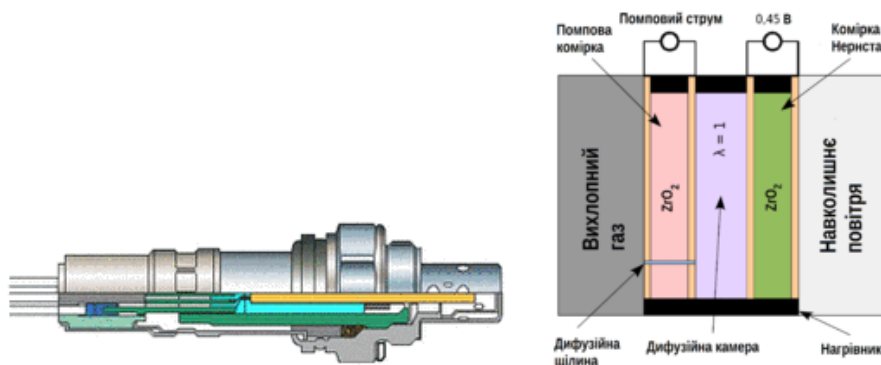


Рисунок 1.5 – Багатосмуговий датчик кисню.

Відмінність широкосмугового зонда від стандартного λ -зонда, полягає у наявності двох цирконієвих камер: сенсорної (камери Нернста) і так званої насосної камери, які розділені дифузійним каналом шириною від 0,01 до 0,05 мм. У дифузійній камері, газова суміш постійно відповідає $\lambda = 1$, що для сенсорної камери визначає напругу 0,45 В. Склад газу в дифузійному зазорі та напруга сенсора, регулюються шляхом зміни напруги, що подається у насосну камеру. Якщо суміш збіднена і напруга сенсора падає нижче 0,45 В, камера видаляє кисень із дифузійного простору. У разі збагаченої суміші, коли напруга перевищує 0,45 В, струм змінює напрямок, і насосна камера подає кисень у дифузійний зазор.

Таким чином, напрямок і величина струму у насосній камері вказують на вміст кисню у вихлопних газах. Вбудований нагрівач, підтримує температуру зонда в межах 700–800 °С. Реальний склад паливно-повітряної суміші визначається значенням прикладеної напруги.

На відміну від звичайного датчика, напруга цього зонда може бути як позитивною, так і негативною: позитивна свідчить про збіднену суміш, а негативна – про збагачену. Відповідно, напруга змінюється в діапазоні близько 1,5 В. Завдяки цьому ЕБУ регулює напругу у насосній камері, підтримуючи напругу на сенсорі на рівні 0,45 В, що дозволяє точно визначати склад суміші.

На рис. 1.6, відображено конструктивні особливості багатосмугового датчика [20].

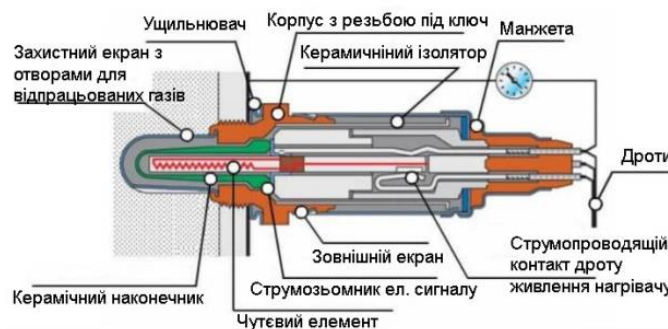


Рисунок 1.6 – Конструктивна схема багатосмугового датчика.

Ефективна робота каталітичного нейтралізатора буде зберігатися тоді, коли система вихлопу буде обладнана хоча б одним лямбда-зондом (який регулює оптимальне співвідношення повітря та палива у паливній суміші). Лише при досягненні ідеального співвідношення, відомого як "стехіометричний баланс," каталітичний нейтралізатор здатний поглинати практично всі шкідливі токсичні речовини.

Аналіз функціонування кисневих сенсорів у електронних системах інжекторних двигунів показує, що більшість технічних наукових робіт, зосереджена на дослідженнях впливу сенсорів із зворотнім зв'язком на формуванні складу робочої суміші системою живлення у режимах номінальних навантажень сучасного двигуна внутрішнього згорання.

На нашу думку, інженери-дослідники не у достатній мірі приділили увагу впливу сенсорів кисню на формування робочої суміші у циліндрах двигуна, коли він працює при не значних навантаженнях (особливо, в умовах міста) і є присутні значні нестабільні режими роботи.

Висновки до розділу 1

Техніко-економічний аналіз бібліографічних джерел показує, що вплив сенсора кисню на робочі характеристики паливної системи інжекторних двигунів недостатньо вивчений. Особливо це стосується їхнього функціонування, коли є присутні неусталені режими (експлуатація автомобіля в умовах населених пунктів).

Тому, в подальших розділах кваліфікаційної роботи, ми зосередимося на дослідженнях взаємозв'язку сенсора кисню з електронною системою живлення, зокрема в періоди її часткової нестабільності.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок теплового балансу сучасного двигуна, за умови некоректної роботи лямда-зонда

Підготовка та згоряння робочої суміші у циліндрах, визначається своєчасністю та правильністю змін у робочих процесах. Від оптимального моменту впорскування палива та відкриття клапанів для впуску і випуску відпрацьованих газів залежить ефективність згоряння.

Процес повітряної індукції ДВЗ, складається з різних компонентів та функцій, які забезпечують оптимальний впуск повітря (для ефективного згоряння паливно-повітряної суміші). Основним елементом системи, що відповідає за регулювання кількості повітря, є дросельна заслінка, яка змінює положення для дроселювання потоку. Це дає можливість регулювати об'єм повітря, що надходить у циліндри двигуна, впливаючи на ступінь його завантаження.

Таким чином, інтегральним елементом контролю всіх систем і механізмів двигуна, є сенсор кисню. Цей електронний компонент, оптимізує роботу інжекторного двигуна, забезпечуючи його економічну та стабільну експлуатацію. У разі несправностей, викликаних нестабільністю роботи паливної системи, електронна система двигуна починає працювати у аварійному режимі (що зумовлює підвищену витрату палива).

Отже, застосовуючи методику розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, можна визначити втрати ефективної (корисної) теплоти Q_e , під час некоректної роботи сенсора кисню.

Для цього, потрібно обчислити загальну кількість теплоти Q , яка утворюється після згоряння робочої суміші [11].

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

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

$G_{\text{п}}$ - годинна витрата палива, кг/год.

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

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

Теплоту газів Q_e , отримаємо за виразом:

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

Теплота g_e , визначиться, як корисна робота

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

Теплоту Q_B , витраченої у навколишнє середовище, отримаємо з виразу:

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

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$) [10];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – к-сть обертів колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

А теплота g_B , (втрачена з системою охолодження), визначиться:

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

Теплоту Q_r , втраченою із випускними газами, визначимо:

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

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

T_r і $T_{o.c.}$ – температури газу і охолоджуючого середовища, К;

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

Загальну кількість повітря $G_{\text{пов.}}$, що поступає у камери згоряння, отримаємо за:

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

Приймаємо $G_{\text{п}} = 5,9$ кг/год.

Частка теплоти q_r , у відпрацьованих газах, визначиться за відношенням:

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

Інші втрати теплоти $Q_{\text{ін.в.}}$, визначимо за формулою:

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

А частка $q_{\text{ін.в.}}$ визначиться:

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

За методикою теплового балансу, ми отримали процентні співвідношення теплот, після згоряння робочої суміші, підготовленої системою «Motronic» у камерах згоряння двигуна, у випадках, коли моменти подачі палива налаштовані неправильно.

2.2 Теоретичні дослідження кількості отруйних речовин у випускних газах, за неякісно працюючого сенсора кисню

Значення λ , визначене за допомогою газоаналізатора, є розрахунковим коефіцієнтом, а не фактичним показником. Воно обчислюється процесором приладу на основі кількості різних компонентів у складі відпрацьованих газів.

Розрахунок виконувався за формулою Бретшнайдера [7].

$$\gamma = \frac{(CO_2) + \left(\frac{CO}{2}\right) + (O_2) + \left[\left(\frac{H}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{CO}{CO_2}} \right) - \frac{O_2}{2} \right] \cdot ((CO_2) + (CO))}{\left(1 + \frac{H}{4} - \frac{O}{2}\right) ((CO_2) + (CO) + k_1(HC))} \quad (2.12)$$

де H_N - концентрація газу, %;

k_1 – коефіцієнт перетворення одиниць виміру;

HC_v – поправочний коефіцієнт водню;

O_{cv} - поправочний коефіцієнт для кисню у паливі.

За присутності нейтралізатора газів, формула буде мати наступний вигляд:

$$\gamma = \frac{CO_2 + O_2 - \frac{O_{cv} \cdot CO_2}{2}}{1 - \frac{O_{cv} \cdot CO_2}{2} + k_1} \quad (2.13)$$

Розрахункове значення λ збігатиметься з реальним лише за умови, що випускний тракт двигуна повністю герметичний, а вимірювальні елементи газоаналізатора правильно відкалібровані. Якщо ж у випускному тракті є негерметичність (підсмоктування атмосферного повітря), то розрахункове значення λ може мати розбіжність.

Для проведення експериментального дослідження, використано комплекс діагностичних засобів, що включає чотирикомпонентний газоаналізатор і мотортестер.

Для визначення розрахункового значення концентрації кисню використовуються як показники газоаналізатора, так і дані мотортестера.

Результати наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення отруйних речовин, відносно коефіцієнту надлишку повітря

Технічний стан конструктивних елементів двигуна	Залишок отруйних речовин у відпр. газах				
	CO, %	CH ₄	CO ₂ , %	O ₂ , %	λ
1	2	3	4	5	6
Для суміші, наближеної до стехометричної (без каталізатора)	0,54	252	14,12	1,09	1,027

Продовження таблиці 2.1					
Негерметичність впускного тракту	0,60	256	13,45	1,26	1,036
Неякісна робота свічок запалювання	0,34	384	12,86	2,02	1,085
Робоча суміш, наблiж. до стехометричної (за наявності каталізатора і справного сенсора кисню)	0	20	15,76	0,14	1,005
За неякісно працюючого сенсора кисню	0,09	240	8,20	8,55	1,733

Аналізуючи табличні значення, витрати незгорених вуглеводнів зросли близько у 10 разів, порівнюючи із повністю згореною сумішшю, за якісно працюючого сенсора кисню.

2.3 Дослідження залежності концентрації кисню від вихідних електричних імпульсів лямда-зонда

Нами отримано залежність між концентрацією кисню та вихідною напругою кисневого датчика ДК₁, розташованого після нейтралізатора (рис. 2.1).

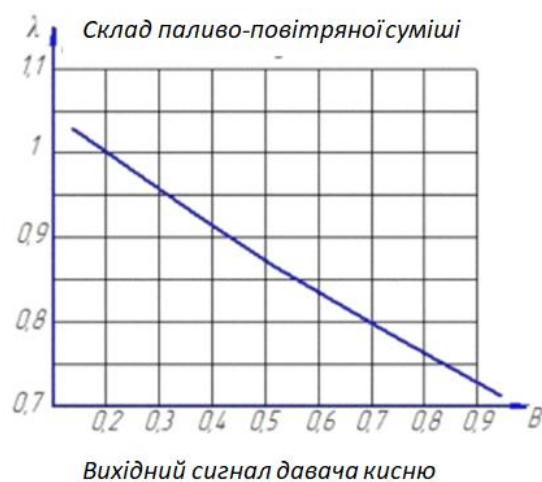


Рисунок 2.1 – Графічне зображення взаємозв'язку між вихідними сигналами датчика кисню та коефіцієнтом надлишку повітря λ

Різницю показань Δ_1 концентрації кисню, розраховано за наступною формулою.

$$\Delta_1 = \lambda_{\text{газ}} - \lambda_{\text{дк2}} \leq 0,05, \quad (2.14)$$

де - розрахункове значення концентрації кисню (газоаналізатором);

$\lambda_{\text{дк2}}$ – розрахункове значення концентрації кисню (мотор тестером).

Щоб отримати взаємозв'язок між концентрацією кисню та технічним станом регулятора кисню перед каталізатором (ДК₁), потрібно взяти до уваги показники мотортестера, та дані про стан сенсора кисню ДК₂.

Щоб визначити різницю між показаннями регулятора кисню ДК₁ і діагностичного сенсора кисню ДК₂, слід обчислити середню напругу регулятора за графіком зміни напруги ДК₁ і графіком зміни напруги ДК₂.

Середня напруга (для ДК₁), визначиться слідуючим чином:

$$U_{\text{сер}} = \frac{U_{\text{max}} + U_{\text{min}}}{2} \quad (2.15)$$

де U_{max} - максимальна напруга ДК₁, В;

U_{min} - мінімальна напруга ДК₁, В.

Різниця показників між ДК₁ і ДК₂ визначиться за формулою

$$\Delta_2 = U_{\text{сер}} - U_{\text{дк2}} \quad (2.16)$$

де $U_{\text{сер}}$ - середня напруга сенсора ДК₁, В;

$U_{\text{дк2}}$ - напруга сенсора ДК₂, В

Варто зазначити, що якість приготування і згоряння робочої суміші під час роботи інжекторного двигуна, буде залежати від електротехнічного стану сенсора кисню ДК₁.

У випадку, коли зазначений вище сенсор працює із певними перебоями, ЕБУ формує збагатшену суміш, що веде до збільшення витрат палива, приблизно на 10% від нормативного використання.

Висновки до розділу 2

Проведено розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням і отримуємо диференціальні значення теплот, що вивільнюються після згорання паливно-повітряної суміші.

Відповідно, є можливість провести порівняльну оцінку кількості виділеної ефективної теплоти Q_e , за коректно і некоректно працюючого сенсора кисню, що у більшості випадків, ЕБУ переводить інжекторний двигун у аварійний режим роботи.

Описано методику впливу сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, на формування паливо-повітряного заряду у камерах згорання двигуна, що відповідно, відображає його економічність.

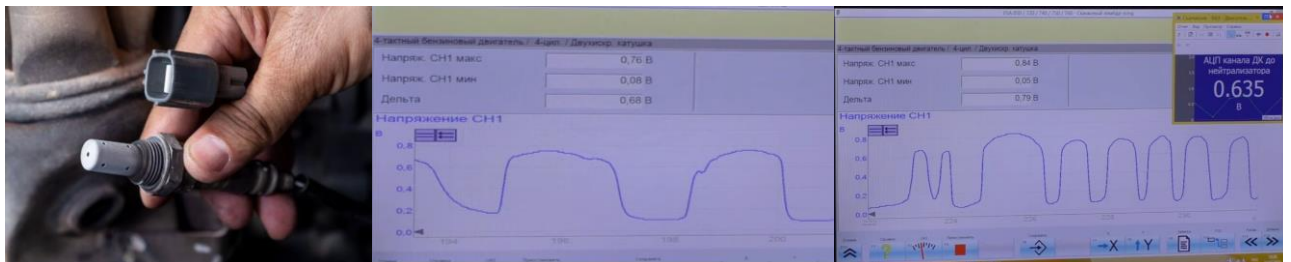
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Причини некоректної роботи сенсора кисню

Некоректні електричні імпульси давача кисню можуть бути спричинені, нестабільністю роботи двигуна, а саме:

- Наявність механічних пошкоджень, що можуть призвести до розгерметизації корпусу.
- Висока температура, що може спричинити порушення роботи системи подачі коректних сигналів від сенсора кисню до ЕБК.
- Довготрива експлуатація двигуна (його перегрівання).
- Забиття робочої поверхні давача продуктами згоряння, (при довготривалому використанні низькоякісного палива).
- Проблема з електропровідниками.

На рис. 3.1, зображено загальний вигляд робочої поверхні та значення електричних імпульсів сенсора кисню.



a)

б)

в)

a) загальний вигляд сенсора кисню;

б) значення електричних імпульсів на ХХ;

в) за 3000 об/хв

Рисунок 3.1 – Вихідні електричні імпульси коректно працюючого сенсора кисню.

3.1.1 Ознаки несправності лямбда-зонда

Лямбда зонд – це спеціальний датчик, який вимірює кількість кисню у вихлопних газах автомобіля. Пристрій збирає інформацію та передає його на електронний блок управління, який отримує дані про те, наскільки згоряє паливо у ДВЗ, що дозволяє відрегулювати роботу каталізатора вихлопу.

Завдяки лямбді зонду, знижується обсяг вуглекислого газу у вихлопах, що підвищує екологічність використання транспортного засобу. У випадку виходу із ладу лямбда зонда, ознаки несправності відображаються на панелі приладів? у вигляді напису «Check».

Існує ціла низка симптомів, які погіршують роботу інжекторного двигуна:

- погіршений динамічний рух транспортного засобу;
- проблеми під час розгону автомобіля;
- плавають оберти двигуна (можуть збільшуватися, так і знижуватися нижче рекомендованих значень, що в певний момент може призвести його вимкнення).
- збільшується витрата палива. Обсяг втрат, може бути незначним, проте його можна побачити, під час програмної перевірки, використовуючи спеціальне обладнання.
- збільшується обсяг токсичних вихлопів. Запах газів стає різкішим, з домішкою бензину чи дизеля. При цьому прослідковується суттєва зміна кольору випускних газів (стає більш сірим чи синім).

Слід зазначити, що ознаки поломки сенсора кисню, досить часто збігаються з іншими неполадками, і тому, важливо продіагностувати вузли машини, щоб визначити справжню причину нестабільної роботи.

3.1.2 Фактори, що впливають на некоректну роботу лямбда-зонда

У випадку неякісної роботи сенсора кисню (за умови, що двигун прогрітий до робочої температури), на панелі приладів загоряється індикатор несправності.

Причини можуть бути різні, які можна підтвердити, тільки провівши певні діагностичні роботи.

Основною причиною може бути — зношування (по терміну експлуатації), адже датчик кисню зазвичай, служить близько 100 тисяч кілометрів пробігу. Однак на його ресурс, можуть негативно вплинути й інші фактори, такі, як:

- Обрив електричного кола. Проблеми з електропровідниками. Наприклад, обрив мережі живлення підігріву, призведе до того, що датчик працюватиме лише після прогріву, а повний обрив кабелю живлення, повністю виводить пристрій з ладу.
- Коротке замикання. Якщо трапляється коротке замикання, датчик остаточно втрачає свою працездатність (підлягає заміні).
- Забруднення датчика. Оскільки лямбда-зонд постійно контактує з вихлопними газами (забруднюється смолистими речовинами).
- Термічні пошкодження. Перегрів датчика через несправності системи запалювання, знижує його ресурс.
- Механічні пошкодження. Неправильне підключення лямбда-зонда, може призвести до його відмови.
- Некоректні герметики. Деякі герметики при високих температурах можуть вулканізуватися, що негативно впливає на його працездатність.
- Пошкодження наконечника. Забруднення чутливого елемента наконечника сторонніми речовинами або частинками з колектора, може також стати причиною виходу із ладу.

- Проблеми із запуском двигуна. Часті невдалі спроби запуску, призводять до накопичення незгорілого палива у колекторі, що додатково призводить до забруднення датчика.

Бувають автомобілі, що оснащені двома лямбда-зондами, які встановлюються перед і після каталізатора. Це дає можливість не лише регулювати формування паливно-повітряної суміші, а й контролювати технічний стан каталізатора.

Більшість кисневих датчиків, не підлягають відновленню, за виключенням, коли активна кераміка частково забруднена вуглеводневими незгореними масами від неякісного палива (можна провести процес промивання вхідних комірок). Заміна датчика не тільки позитивно впливає на екологічну проблему, але продовжує термін служби двигуна. На рис. 3.2, відображено різновиди сенсорів кисню.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд сенсорів кисню.

Сучасні автомобілі вже комплектуються системами багатоканального вимірювання, які використовують два лямбда-зонди для точного визначення показників у відсотковому співвідношенні. Завдяки покращеним характеристикам, забезпечується стабільна робота двигуна, знижуються холості оберти, збільшується повнота згорання палива, що сприяє зменшенню забруднення повітряного простору довкілля.

Вихідний сигнальний імпульс датчика, повинен постійно змінюватися від високого значення, і до низького рівня від 0,1 до 1 В (за умови справності системи та стабільних обертів прогрітого двигуна). Це ознака того, що електронний блок управління, працює в режимі замкнутого зворотного

зв'язку з напругою кисневого датчика, постійно контролюючи та коригуючи склад робочої суміші.

На рис. 3.3, зображено форму сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, на холостому ході двигуна з точковою подачею палива.

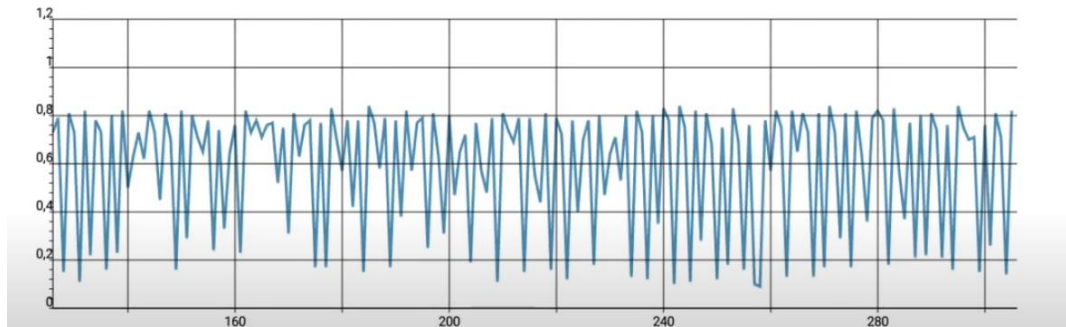


Рисунок 3.3 – Сигнальні електричні імпульси сенсора кисню [11].

3.2 Результати впливу датчика кисню, на роботу паливної системи інжекторного двигуна

Щоб дослідити вплив сенсора кисню на систему живлення сучасного інжекторного двигуна, необхідне використання сучасного комп'ютерного діагностичного обладнання.

У нашому випадку, ми використали віртуальний навчальний продукт «Electude», який на 90% відтворює роботу всіх систем і механізмів сучасного двигуна з ЕБУ.

Такий спосіб дослідження електронних елементів інжекторного двигуна, дозволяє суттєво зекономити витрати на пальному та уникнути можливих несправностей механізмів, які можуть виникнути під час проведення експериментів на «живому» автомобілі.

На рис. 3.4, відображено віртуальний інжекторний двигун (у режимі прогрівання) із розділеною подачею палива.



Рисунок 3.4 – Режим прогрівання двигуна з точковою подачею палива та появу кодів помилок.

Необхідно зазначити, що сенсор кисню (із вмонтованим підігрівачем), у процесі прогрівання двигуна – не працює і не приводить ЕБУ у аварійний режим.

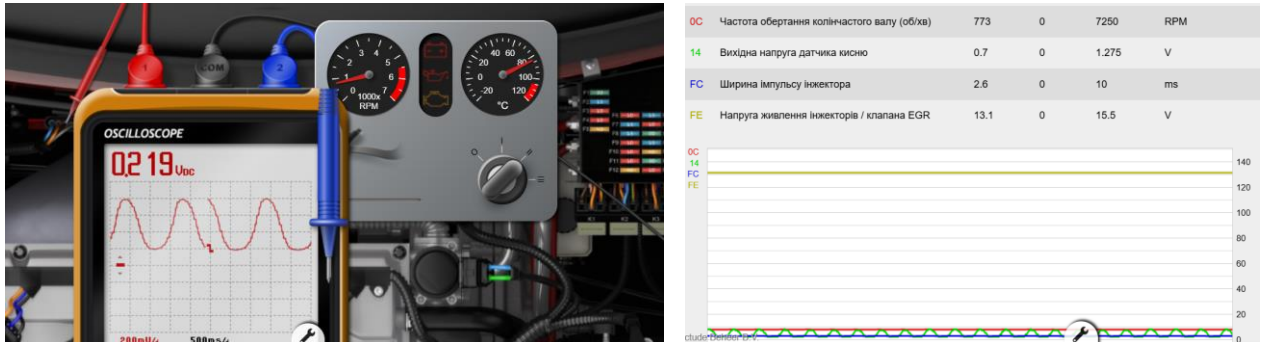
Симулювавши поломку сенсора (шляхом відєднання його від бортової електромережі автомобіля (див. рис. 3.3)), поява коду несправності, проявилася при температурі двигуна, близько 80 °С.

3.2.1 Методика проведення експерименту та результати

Під час дослідження впливу сенсора кисню, на робочі характеристики паливної апаратури двигуна, нами прийнято наступні дії:

- Симулюємо відсутність сигнального електричного імпульсу до електронного блоку управління;
- Прогріваємо ДВЗ (на ХХ), до появи на табло приладів салону автомобіля, індикаторної лампочки «Check» (див. рис. 3.3);
- Визначаємо температуру, при якій засвітилася галограмка, що засвідчує перехід ЕБУ у аварійний режим роботи;
- До ЕБУ, під'єднуємо діагностичний адаптер і розшифровуємо помилку у роботі блоку управління;

- Після розшифрування кодів (симульованих нашими попередніми діями), вибираємо зі списку даних блоку, зміну тривалості відкриття електромагнітних клапанів паливних форсунок, рис. 3.5.



3.5 – Результати ком'ютерної діагностики інжекторного двигуна.

За симуляції відсутності сигнальної напруги сенсора кисню, час тривалості відкриття паливних форсунок зріс на 1,0 мсек, рис. 3.6.

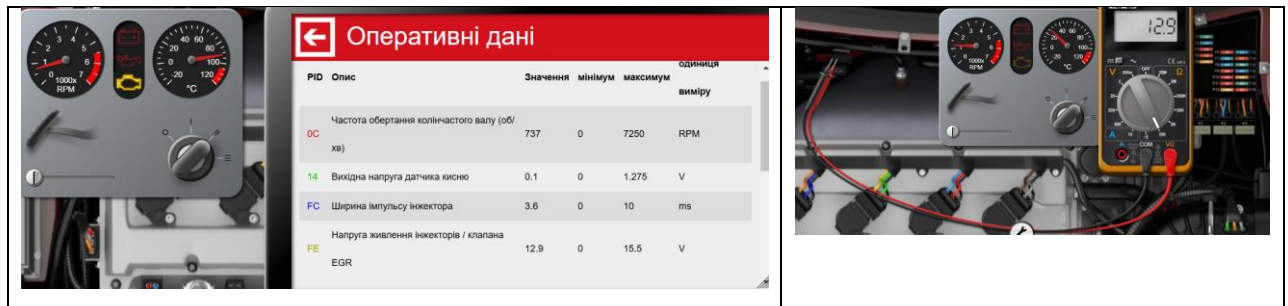


Рисунок 3.6 – Результати роботи електромагнітних паливних форсунок, за неякісно працюючого сенсора кисню.

- У випадку, коли у сенсора кисню не спрацьовує система підігріву, необхідне використання мільтиметра (для визначення опору котушки підігрівача, який повинен становити від 5 до 13 Ом), див. рис. 3.5.

За використання електронного тестера і коли не працює сенсор кисню, отримали наступні значення:

Напруга на паливних форсунках – 12,9 В;

Ширина імпульсу (тривалість відкриття електромагнітних клапанів) паливних форсунок – 0,0036 с;

Вихідна напруга сенсора кисню – 0,0 В.

На рис. 3.7, зображено осцилограми електричних імпульсів сенсора кисню і електромагнітної паливної форсунки.

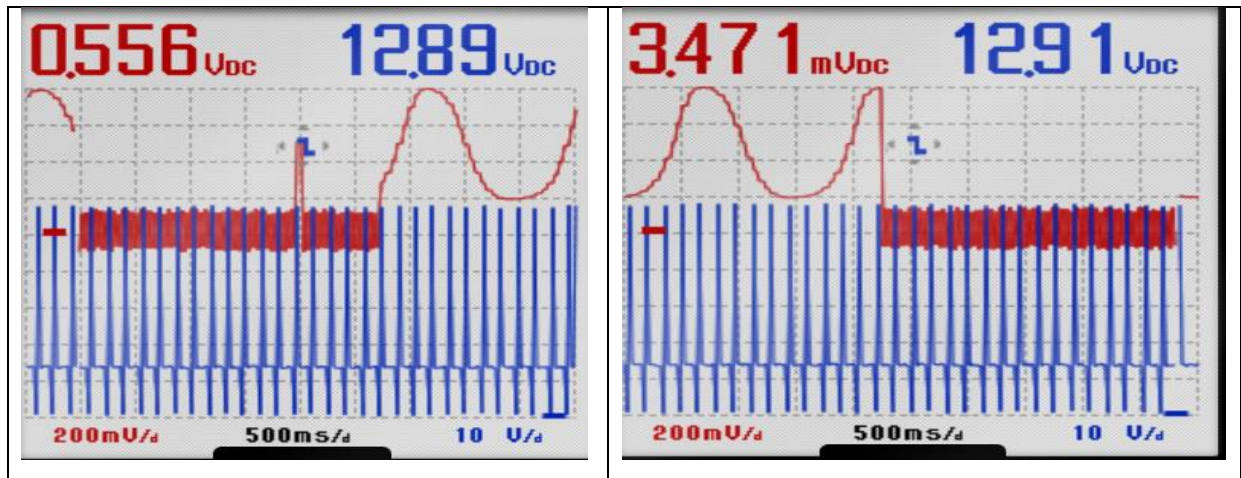


Рисунок 3.7 – Сигнальні електричні імпульси

(за увімкненого і вимкненого сенсора кисню) паливної форсунки (на ХХ двигуна).

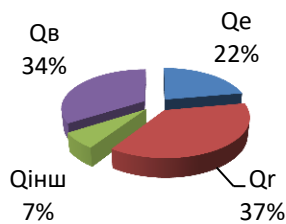
Аналіз показів осцилографа і сканера, засвідчує наступне:

- Оберти колінчастого валу бензинового двигуна падають близько 737 об/хв (але, стабільні);
- Осцилограма формує електричний сигнал зі сторони лямда-зонда 0,0 В, імпульсну напругу на паливні форсунки – 12,89 В та частково збільшену ширину інжекторів, див. рис. 3.6.

3.3 Результати теплового балансу досліджуваного двигуна, за відсутності сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню

Відповідно до методики теплового балансу, для інжекторного двигуна з точковою подачею палива, отримано наступні значення (враховуючи некоректну роботу сенсора кисню, через що електронний блок керування почергово, переходить у аварійний режим), рис. 3.8.

За некоректно працюючого сенсора кисню



За коректно працюючого сенсора кисню

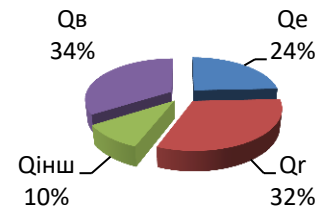


Рисунок 3.8 – Тепловий баланс інжекторного двигуна, за коректної і некоректної роботи лямда-зонда.

Аналізуючи представлені порівняльні діаграми теплового балансу досліджуваного двигуна, отримали наступне підтвердження того, що за некоректної роботи сенсора кисню, корисна теплота становить близько - 22%, а за коректної - на 2 % зросла, що зумовлено, кращим згорянням паливо-повітряної суміші.

Висновки до розділу 3

Відповідно до розрахунків теплового балансу, втрати теплоти Q_e становили 24%, від роботи інжекторного двигуна (через невірні електричні імпульси сенсора кисню, які сприймалися електронним блоком керування). Такий процес, призводить до збільшення подачі палива електромагнітними форсунками.

Використаний віртуальний продукт "Electude", дозволив визначити вплив сенсора кисню на робочі параметри паливної системи сучасного бензинового двигуна, саме:

- Сигнальний електричний імпульс лямда-зонда (у режимі прогрівання), склав 0,8 В;
- Процес вмикання сенсора кисню, відбувся за температури двигуна 75°C;

- У разі некоректної роботи сенсора кисню, ширина імпульсу електромагнітних паливних форсунок, зростає до 0,0036 сек. порівняно з 0,0026 сек.
- Несправність паливної форсунки, сприяє стабілізації вихідного електричного сигналу лямбда-зонда на рівні 0,2 В.
- У випадку некоректної роботи температурного датчика впускного повітря, сигнальний електричний імпульс стабілізувався на 0,3 В.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні ситуації на автопідприємствах

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:

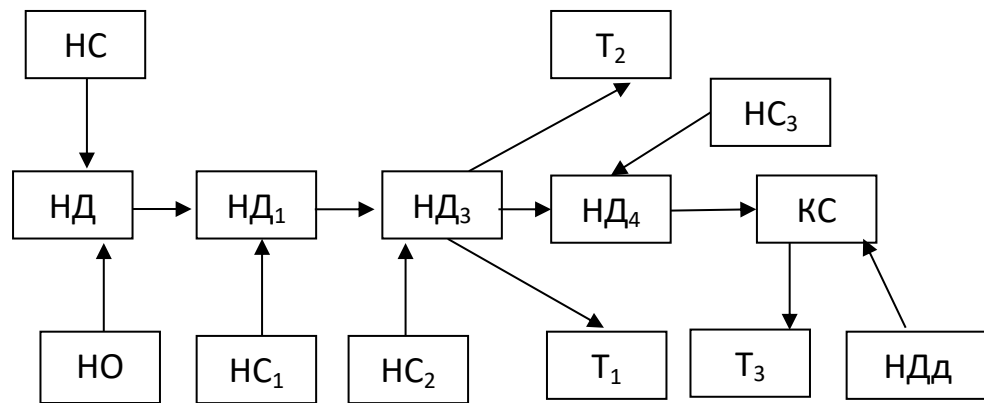
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого 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; HC – можливе падіння капоту під час проведення ТО; NO₁ – наявність незначного схилу; HD₁ – зняття заглушки із роз’єму; HC₁ – можливе побиття кінцівок рук; HD₃ – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз’єм; HC₂ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; T₁ – травма пальців; T₂ – побиття ліктів рук; HD₄ – фіксація регулювальної шторки; HC₃ – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; T₃ – пошкодження пушок пальців рук; KS – защемлення кінцівок; HDд – 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. 4.2) 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.

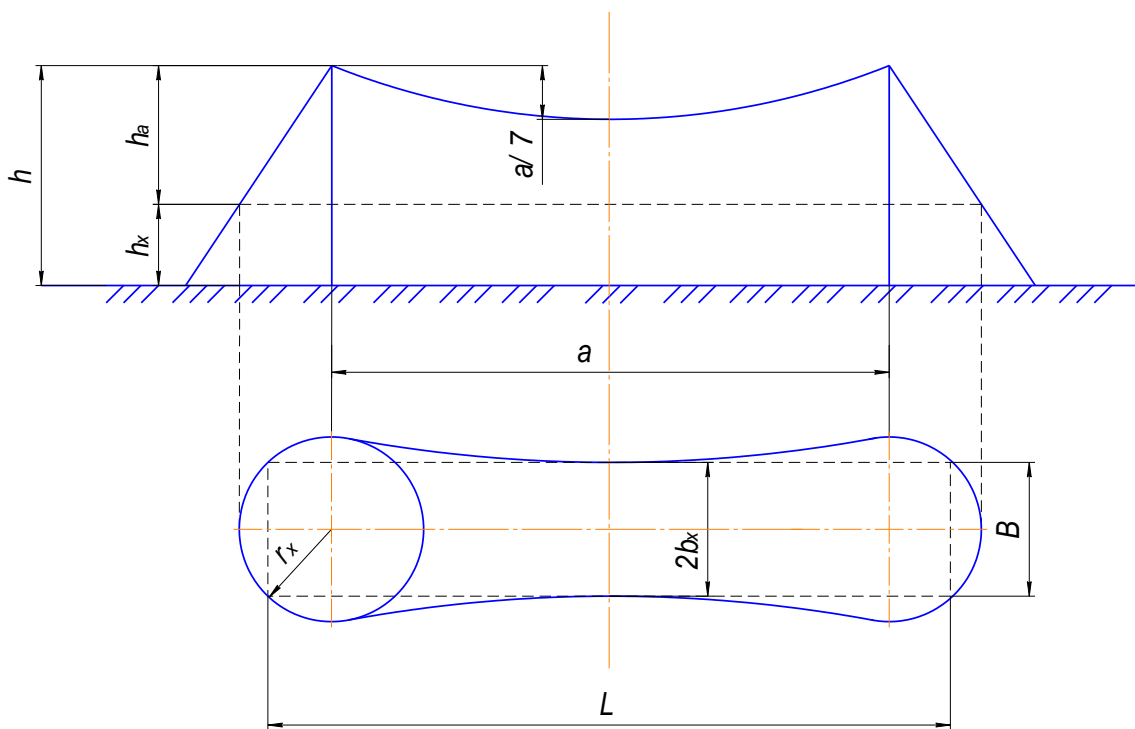


Рисунок 4.2 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

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 під час проведення комп'ютерної діагностики транспортних засобів

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)[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 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

Безпека проведення робіт, під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобілів, суттєво залежить від:

- стану системи вентиляції та вчасності усунення шкідливих речовин, які можуть утворюватися під час діагностичних операцій;
- якості навченого персоналу, щодо дотримання правил безпеки під час діагностики;
- технічного стану обладнання, що використовується під час діагностики та завчасного виявлення можливим несправностей під час їхньої експлуатації.
- Наявності настінної модельованої інформації подій, що можуть вплинути на безпеку проведення діагностичних робіт паливної апаратури автомобіля з електронним управлінням.

Описано методику розрахунку пожежної безпеки будівлі, у якій поводяться відновлювальні роботи автомобілів.

Захисна зона будівельного приміщення контролюється розрахованим громовідвом, що становить близько 27,40 м.

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 [13].

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 Вплив сенсора кисню на економічні показники бензинового 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.

6.2 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 блоком управління. Для розрахунку економічних витрат, коли досліджуваний автомобіль потрапляє в аварійний режим роботи (за неякісної роботи сенсора кисню), використовується методика, яка детально описана у джерелі [7].

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 паливо;

$Z_{зм}$ – 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:

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

де, C_n^{δ} – вартість палива, $C_n^{\delta} = 49,00$ грн./л;

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

Тоді:

$$Z_n^{\delta} = \frac{49,00 \cdot 10,00}{100} = 4,90 \text{ грн/км}$$

Тоді, з справною системою:

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

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

Отже:

$$Z_{\text{п}}^{\text{в}} = \frac{49,00 \cdot 7,0}{100} = 3,43 \text{ грн./км}$$

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

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

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

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

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

Витрати на амортизаційні відрахування:

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

де, C – балансова вартість автомобіля, $C = 150600,00 \text{ грн.}$;

$A_{\text{в}}$ – нормативні амортизаційні відрахування, $A_{\text{в}} = 0,22$;

l_p – річний пробіг, приймаємо $l_p = 15500 \text{ км}$;

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

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

Згідно виразу (6.1), отримаємо:

- для несправної системи

$$Z = 4,90 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 17,25 \text{ грн./км};$$

- за справної

$$Z = 3,43 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 15,78 \text{ грн./км.}$$

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

- з справною

$$Z_{\text{д}} = 15,78 \cdot 14850 = 234333,00 \text{ грн./рік};$$

- за несправної

$$Z_{\text{д}} = 17,25 \cdot 14850 = 256162,50 \text{ грн./рік.}$$

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

$$E = 256162,50 - 234333,00 = 21829,50 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу 5

У разі некоректної роботи лямда-зонда, інжекторний двигун, керований електронним блоком управління, може перейти в аварійний режим. Це призводить до економічних витрат, підвищення споживання палива та збільшення викидів шкідливих речовин у довкілля. Через цей негативний процес, витрати палива на кожні 100 кілометрів зростають близько 3 літрів, що спричиняє річні збитки приблизно на 21829,50 гривень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Техніко-економічний аналіз бібліографічних джерел показує, що вплив сенсора кисню на робочі характеристики паливної системи інжекторних двигунів недостатньо вивчений. Особливо це стосується їхнього функціонування, коли є присутні неусталені режими (експлуатація автомобіля в умовах населених пунктів).

Проведено розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням і отримано диференціальні значення теплот, що вивільнюються після згоряння паливно-повітряної суміші.

Проведено порівняльну оцінку кількості виділеної ефективної теплоти Q_e , за коректно і некоректно працюючого сенсора кисню, що у більшості випадків, ЕБУ переводить інжекторний двигун у аварійний режим роботи.

Описано методику впливу сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, на формування паливо-повітряного заряду у камерах згоряння двигуна, що відповідно, відображає його економічність.

Згідно розрахунків теплового балансу, втрати теплоти Q_e становили 24%, від роботи інжекторного двигуна (через невірні електричні імпульси сенсора кисню, які сприймалися електронним блоком керування). Такий процес, призводить до збільшення тривалості відкриття електромагнітних форсунок.

Використаний віртуальний продукт "Electude", дозволив визначити вплив сенсора кисню на робочі параметри паливної системи сучасного бензинового двигуна, саме:

- Сигнальний електричний імпульс лямда-зонда (у режимі прогрівання), склав 0,8 В;
- Процес вмикання сенсора кисню, відбувся за температури двигуна 75°C;

- У разі некоректної роботи сенсора кисню, ширина імпульсу електромагнітних паливних форсунок, зростає до 0,0036 сек., порівняно з 0,0026 сек.

- Несправність паливної форсунки, сприяє стабілізації вихідного електричного сигналу лямбда-зонда на рівні 0,2 В.

- У випадку некоректної роботи температурного датчика впускного повітря, сигнальний електричний імпульс сенсора кисню стабілізувався на 0,3 В.

Безпека проведення робіт, під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобілів, суттєво залежить від:

- стану системи вентиляції та вчасності усунення шкідливих речовин, які можуть утворюватися під час діагностичних операцій;
- якості навченого персоналу, щодо дотримання правил безпеки під час діагностики;
- технічного стану обладнання, що використовується під час діагностики та завчасного виявлення можливим несправностей під час їхньої експлуатації.
- Наявності настінної модельованої інформації подій, що можуть вплинути на безпеку проведення діагностичних робіт паливної апаратури автомобіля з електронним управлінням.

Захисна зона будівельного приміщення контролюється розрахованим громовідвом, що становить близько 27,40 м.

У разі некоректної роботи лямбда-зонда, інжекторний двигун, керований електронним блоком управління, може перейти в аварійний режим. Через цей негативний процес, витрати палива на кожні 100 кілометрів зростають близько 3 літрів, що спричиняє річні збитки приблизно на 21829,50 гривень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

22. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля. Наука і техніка, 2012, 392с.
23. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інш. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570) : метод. посіб. за ред. О.Ф. Дашенко: Наука і техніка, 2012, 186с.
24. 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.
25. Максимов В.Г., Ніцевич О.Д., Дрома І.А. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем. Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип.3(42), с. 60-65.