

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження електронних елементів впускної системи бензинового двигуна»

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

(шифр і назва)

Микола ІВАНОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Іванов М. О. Дослідження електронних елементів впускної системи бензинового двигуна: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 57 с.

Табл. 2; рис. 22; бібліогр. джерел 28.

Подано методику застосування віртуального середовища "Electude" для дослідження електронних елементів впускної системи інжекторного двигуна.

Розраховано масову кількість впускного повітря, що проходить через чуттєві електронні елементи витратоміра повітря за одиницю часу.

Представлено електронне обладнання (у віртуальному середовищі "Electude") та описано і досліджено вхідні і вихідні сигнали давача кількості повітря, за різних швидкісних характеристик двигуна із точковою подачею палива.

Описано заходи з техніки безпеки та охорони праці під час дистанційної комп'ютерної діагностики автомобіля з електронним блоком управління.

Проведено оцінку економічних витрат, за некоректної роботи давача кількості палива, що становлять близько 23760,00 грн./ рік.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Особливості дослідження давачів витрати повітря впускної системи двигуна	8
1.2 Вплив давача масової витрати повітря на роботу бензинового двигуна.....	11
1.3 Особливості давачів масової витрати палива	14
Висновки до розділу 1.....	16
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Розрахунок швидкості руху повітряного потоку у впускній магістралі.....	17
2.2 Розрахунок теплового балансу інжекторного двигуна за неякісної роботи давача кількості повітря	21
Висновки до розділу 2.....	25
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1 Робота давача витрати повітря	26
3.2 Основні ознаки несправностей давача витрати повітря	26
3.3 Методика для визначення несправної роботи ДМВП.....	27
3.4 Методика перевірки давача ДМВП	28
3.5 Захист впускної системи від пошкодження давача кількості повітря.....	30
3.6 Принцип роботи давача масової витрати повітря фірми DENSO	31
3.7 Результати досліджень давача витрати повітря за різних режимів роботи інжекторного двигуна	32
3.7.1 Результати дослідження ДМВП BOSCH, за різних швидкісних характеристик бензинового двигуна з ЕБУ.....	34
Висновки до розділу 3.....	35
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	37
4.1 небезпечні обставин під час проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики автомобіля	37

4.2 Особливості пожежної безпеки	39
4.3 Охорона праці персоналу робочого персоналу	42
4.4 Організаційно-технічні рекомендації	43
Висновки до розділу 4.....	47
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
5.1 Дослідження економічних витрат.....	48
5.2 Вплив електронних елементів впускної системи на економічність роботи інжекторного двигуна	49
5.3 Дослідження експлуатаційних витрат автомобіля, за некоректної роботи давача масової витрати повітря двигуна.....	50
Висновки до розділу 5.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	53
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Сучасний стан світової автомобілізації характеризується забезпеченням високого рівня споживчих властивостей автомобілів, як на етапах проектування і виробництва, так і в процесі їх експлуатації.

До основних чинників, що визначають ефективність експлуатації автотранспортних засобів, відноситься передусім: надійність, екологічна безпека, паливна економічність та інші властивості. Оскільки, забезпечення високого рівня зазначених вище показників, визначає конкурентоспроможність світовому ринку. Значною мірою, на величину зазначених показників, впливає технічний стан двигуна. В результаті технічної еволюції, у конструкції сучасних автомобільних двигунів широко використовуються електронні системи управління (ЕСУД), що забезпечують якісний перебіг робочих процесів у двигуні і, як наслідок, ефективність експлуатації автотранспортних засобів в цілому.

Сучасна система ТО автомобілів, більшою мірою забезпечує підтримку працездатності механічної частини двигунів (циліндропоршневої групи, кривошипно-шатунного механізму, систем охолодження, мастила, живлення та запалювання). Проте мало уваги приділено підтримці та відновленню працездатності ЕСУД. У той же час, саме від правильної роботи елементів ЕСУД залежать показники ефективності експлуатації двигуна і автомобіля в цілому.

Одним із відповідальних елементів ЕСУД є давач масової витрати повітря (ДМВП). У процесі експлуатації автомобільних двигунів, відбувається зміна його технічного стану, внаслідок чого потужність двигуна знижується, а витрата палива та токсичність газів, що відпрацювали, зростають.

У зв'язку з цим тема наукового дослідження, спрямована на максимальне використання потенційних можливостей елементів ЕСУД на основі встановлення закономірностей впливу технічного стану ДМВП, на

вихідні параметри автомобільних двигунів, а також розробку методики їх якісного забезпечення, що є актуальним на сьогоднішній день для автомобільного транспорту.

Отже, наші дослідження будуть спрямовані на характері зміни електричних імпульсів давача кількості повітря, що подаються до ЕБУ.

Тому, **метою кваліфікаційної роботи**, є дослідження електричних імпульсів давача масової витрати повітря, за різних швидкісних характеристик інжекторного двигуна.

Для цього необхідно:

1. Провести техніко-економічне обґрунтування системи впуску інжекторних двигунів внутрішнього згорання з електронним управлінням.
2. Теоретично обґрунтувати процес руху повітряного потоку у впускній магістралі та через витратомір повітря.
3. Розрахувати тепловий баланс досліджуваного двигуна, за некоректної роботи давача кількості повітря.
4. Дослідити вхідні і вихідні параметри зазначеного давача, на різних швидкісних режимах роботи ДВЗ.
5. Подати опис заходів з охорони праці та безпеки при виконанні комп'ютерної діагностики автомобіля та проаналізувати економічні витрати, пов'язані з низькою якістю роботи впускної системи двигуна.

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Особливості дослідження датчиків витрати повітря впускної системи двигуна

Сучасний автомобіль концентрує у собі значну різноманітність електронних пристроїв, кількість яких постійно зростає. При цьому, електроніка автомобіля, стає основним джерелом зниження надійності всіх взаємодіючих його систем. Дане твердження впливає із графіка на рис. 3.1, на якому представлено кількість відмов бортової комп'ютерної системи в залежності від напрацювання легкового автомобіля з початку експлуатації [1].

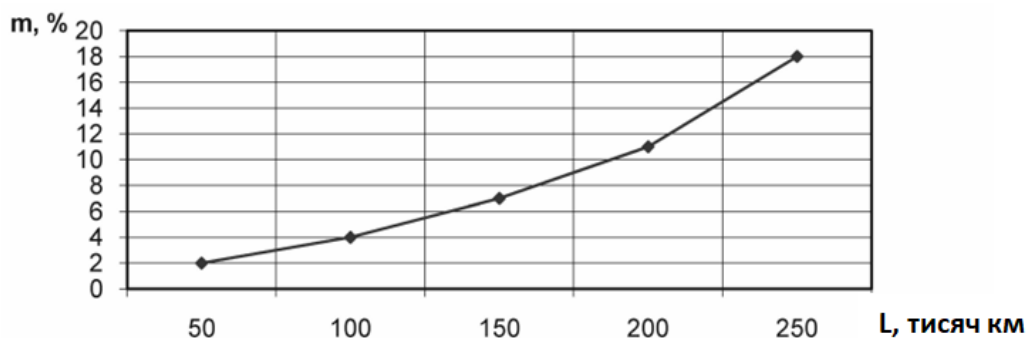


Рисунок 1.1 - Відмови бортової комп'ютерної системи автомобіля m , %, залежно від пробігу L , тис. км.

У той же самий період, за даними [3]-[5] (рис. 1.2), найчастіше відмови наступають у наступних елементів, як: 1 - свічки, 2 - датчик положення дросельної заслінки, 3 – датчик масової витрати палива (ДМВП), 4 - регулятор холостого ходу, і інш.

Таким чином, ДМВП займає третє місце за кількістю відмов елементів двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), що наголошує на актуальності розробки спеціальних засобів діагностування.

У ході виконання науково-дослідної роботи, науковим персоналом було розроблено пристрій для діагностування ДМВП широкого модельного ряду автомобілів [3].

Пристрій для діагностування давача масової витрати палива дозволяє:

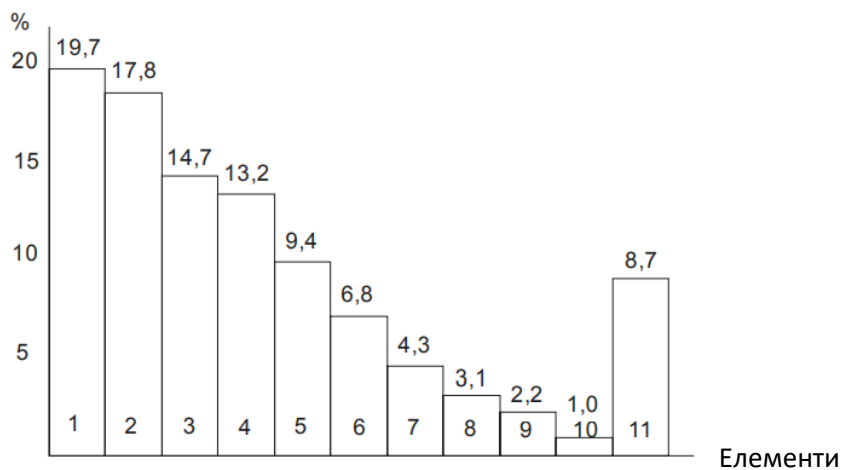
- проводити відносну оцінку напруг з еталонного та випробуваного датчиків;

- проводити перевірку електричних параметрів давача, незалежно від температури навколишнього довкілля;

- здійснювати контроль відносних діагностичних параметрів (різниця показань еталонного та перевіряється давач у вольтах) без проведення попередніх обчислень;

- з високою достовірністю, з'явилась можливість визначати технічний стан дослідного давача;

- значно знизити час випробування ДМВП та оцінити технічний стан порівняно з існуючою технологією.



1 – свічки, 2 – давач положення дросельної заслінки, 3 – ДМВП, 4 – регулятор холостого ходу, 5 – модуль запалювання, 6 – давач кисню, 7 – давач температури, 8 – регулятор паливного тиску, 9 – електробензонасос, 10 – датчик детонації, 11 – інші.

Рисунок 1.2 - Гістограма розподілу несправностей та відмов %, залежно від порядкового номера електронного елемента.

Принцип дії ДМВП полягає у визначенні одного з наступних параметрів: кута відхилення повітряної заслінки (або швидкості обертання турбіни), що знаходиться в поданому потоку повітря; частоти обертання вихрових потоків за розсікачем; зміни (зниження) тиску повітряного середовища після проходження її через дроселі; зміни температури нагрітого тіла, що знаходиться в потоці середовища; величини прогину чутливої мембрани.

У роботі [3], дослідження технічного стану давачів витрати палива проводили наступним чином: запускають двигун автомобіля і стежать за показаннями вольтметра 21 під час роботи двигуна на холостому ході, рис. 1.3.

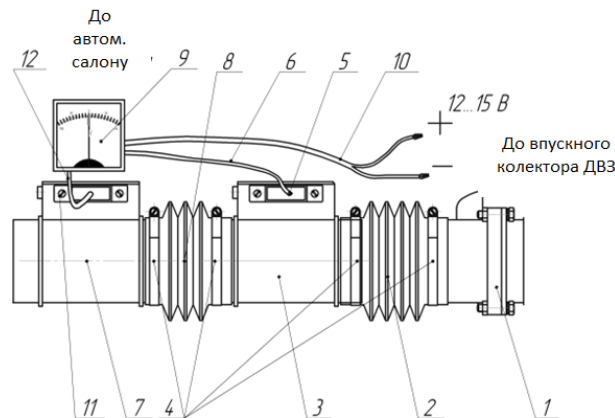


Рисунок 1.3 - Пристрій для діагностування ДМВП на автомобілі.

У подальшому, починають плавно змінювати швидкість потоку повітря за допомогою дросельної заслінки (дросельного вузла 1) автомобіля (див. рис. 3.3). При зміні швидкості потоку повітря, що проходить через давачі ДМВП, увімкнені за мостовою схемою, вольтметр 21 весь діапазон змін потоку повітря, повинен показувати нульове значення. Після чого, починають рух на автомобілі, забезпечуючи номінальні обороти колінчастого валу та обороти, що відповідають режиму максимальної потужності. Також стежать за показаннями вольтметра 21 на проміжних діапазонах швидкості та навантаження [6]. Здійснюють відносну оцінку напруг з еталонного та

діагностованого давачів, отримують різницю сигналів еталонного та діагностованого давачів без попередніх обчислень, за якою визначають технічний стан давача, що діагностується: за справної роботи давача масової витрати повітря, вольтметр на холостому ходу покаже 0...0,21 В, у номінальному режимі - 0 ... 0,51 В. Якщо вольтметр показав значення вище представлених, тоді давач вважається несправним.

За допомогою розробленого способу, досягається значне зниження часу на діагностування давача витрати палива. Також скорочується час на оцінку їх технічного стану, причому діагностування здійснюється в режимі руху (у робочому циклі) досліджуваних транспортних засобів [7].

Дана розробка дозволяє виключати з циклу діагностування дорогі витратомір повітря та вентилятор, крім того, зникла необхідність поєднання отриманих результатів вимірювань з довідковими, оскільки у розробленому способі здійснюється контроль відносних діагностичних параметрів (різниця показань еталонного та перевіреного) давача, виражених у вольтах).

1.2 Вплив давача масової витрати повітря на роботу бензинового двигуна

Слід зазначити, що від кількісного значення повітря, що поступає у циліндри двигуна (камери згоряння), залежить потужність двигуна внутрішнього згоряння. І тому, для збільшеного накопичення повітря у камерах згоряння, використовується турбонаддув, тоді відповідно, електроний блок управління сприяє подачу збільшеної кількості палива через форсунки. Як правило, установка турбіни у впускному повітропроводі, вимагає суттєвої конструктивної модернізації і більш значного технічного огляду для надійної її роботи.

Доведено, що впускна система, працює у наслідок різниці тисків зформованих у циліндрі двигуна і поза межами, коли відбувається процес

такту впуску. Необхідно додати, що об'єм вхідного повітряного заряду, прямо пропорційний об'єму циліндра ДВЗ [4]-[9].

Впускна система двигуна, може забезпечувати різні види сумішоутворення, а саме [12]:

- пошарове;
- бідне гомогенне;
- стехіометричне гомогенне.

Процес пошарового сумішеутворення відбувається тоді, коли двигун працює на малих і середніх оборотах. За даного сумішоутворення, дросельна заслінка постійно знаходиться у відкритому стані і прикривається тільки тоді, коли відбувається процес створення вакууметричного тиску у впускній магістралі.

У наступному вигляді сумішеутворення, робота двигуна забезпечується у проміжному режимі (у момент перемикання передач). При цьому, впускні заслінки перебувають у закритому положенні, а дросельна у свою чергу – відкривається, що збільшує крутний момент на виході.

У третьому випадку – таке сумішеутворення використовується, під час підвищених оборотів колінчастого валу двигуна внутрішнього згоряння та за значних навантажень. У наслідок встановлення такого режиму роботи, впускні заслінки перебувають у відкритому положенні, а дросельна, диференціює свій відкритий стан, відповідно, щоб забезпечити необхідний крутний момент.

Для визначення кількості впускного повітря, що поступає у камери згоряння, слугує давач масової витрати повітря. Його робота заключається у наступному: Повітряний потік свіжого заряду, проходячи через контролюючий робочий простір, заставляє охолоджуватися одному з давачів, а електронна схема, як правило, здійснює певні операції по перетворенню температур, формуючи електричний вихідний імпульс, що подається до бортового електронного блоку управління.

На сучасних двигунах з точковою подачею палива, можуть використовуватися два види інжекторних систем, які відрізняються між собою електронними елементами та формою електричного сигналу, (частотні або аналогові).

На рис. 1.4, зображено давач кількості повітря, що розташований після повітряного фільтра у впускній магістралі системі живлення двигуна.

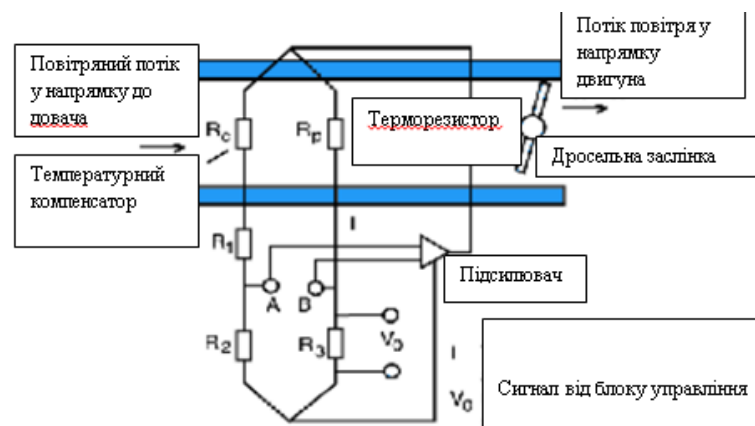


Рисунок 1.4 – Електрична схема давача масової витрати повітря.

В першому варіанті використання давача (частотного), процес вимірювання відбувається, залежно від витрати повітря - змінюється частота сигналу, а у другому варіанті використання чутливих елементів (аналогових) – змінюється величина напруги. За використаною електричною інформацією, електронний блок управління формує тривалість електричних імпульсів, що сприяють відкриттю електромагнітних форсунок у необхідний момент (відповідно, до порядку роботи циліндрів).

На рис. 1.5, рис. 1.6 зображено давач витрати повітря фірми BOSCH.



Рисунок 1.5 - Давач витрати повітря фірми BOSCH.

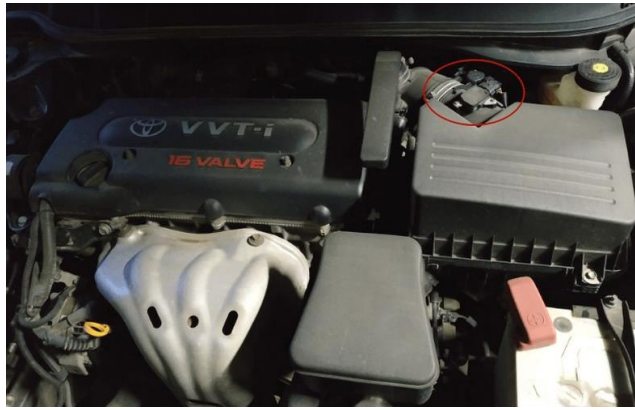


Рисунок 1.6 – Розміщення давача масової витрати повітря на двигуні

1.3 Особливості давачів масової витрати палива

Давач масової витрати повітря (ДМРВ)[1] або MAF-сенсор[2][3] від англ. mass (air) flow sensor) - пристрій, призначений для оцінки кількості повітря, що надходить у двигун внутрішнього згоряння. Він являється одним із давачів електронних систем керування двигуном з точковою подачею палива. Слугує для визначення та балансування кількості повітря, що надходить у циліндри двигуна. Давач масової витрати повітря, може застосовуватися спільно з давачами температури повітря та атмосферного тиску, що у подальшому коригують його показники [11]-[16].

Як правило, як давачі масової витрати повітря застосовують термоанемометри опору (у яких в потік повітря поміщається чутливий елемент, що нагрівається електричним струмом і виконує функцію термоопіру [1], так і давач DENSO комплектуваний двома платиновими нитками, що нагріваються електричним струмом [17]. Через одну нитку (охладжуючи її) проходить повітря, друга є контрольною. За зміною струму, що проходить через платинову нитку, що охолоджується повітряним потоком, обчислюється кількість повітря, що потрапляє у циліндри двигуна.

Давач масової витрати повітря, завжди розміщується в повітряному патрубку між повітряним фільтром і шлангом, що веде до дросельного модуля та патрубка.

На рис.1.7, відображено місця, через які можливе розгерметизування впускної магістралі, що може призвести до аварійної роботи ЕБУ, тобто появи загоряння діодної лампи на панелі приладів «Check».



Рисунок 1.7 – Місця розгерметизації впускної магістралі.

З інформації, що отримується від давача, електронний блок управління (ЕБУ) визначає тривалість імпульсу відкриття форсунок [5], відповідно — для обчислення необхідного обсягу палива щоб підтримувати стехіометричне співвідношення палива і повітря та відповідно, заданих режимів роботи двигуна. Також, інформація з ДМВП використовується ЕБУ для розрахунку режимної точки двигуна. Електронний блок управління, враховуючи значення масової витрати повітря (для розрахунків, він переводиться в параметр «Циклова витрата повітря», або «Навантаження на двигун» у найсучасніших ЕБУ), температуру двигуна та його частоту обертання колінчастого валу, може визначити навантаження на двигун. Виходячи з цієї інформації, він спроможний керувати не тільки кількістю палива, що подається у двигун, але і кутом випередження запалення, що відповідно впливає на крутний момент ДВЗ.

Аналізуючи системи впуску сучасних двигунів та їх надійність, можна цілком стверджувати, що за оптимальних умов експлуатації, вони не завжди залишаються безпомилковими. Під впливом різних факторів, ці системи можуть пошкоджуватися, що в свою чергу призводить до спотворення вихідних сигналів. Такі спотворення обробляються електронним блоком керування (ЕБК), що може призвести до аварійного режиму роботи

двигуна. А це відповідно впливає на різні аспекти, такі як: збільшені норми витрати палива, екологічні показники та швидкісні характеристики.

Для ефективного вирішення проблем, пов'язаних з надійністю системи впуску, рекомендується використовувати електронне діагностичне обладнання та спеціальні програмні продукти. У кваліфікаційній роботі, використано віртуальне середовище "Electude", у якій максимально до реальних умов, відображено систему впуску сучасного бензинового двигуна з електронним управлінням.

Дана кваліфікаційна робота, спрямована на розкриття методики дослідження вхідних і вихідних сигналів датчика кількості повітря за різних режимів роботи інжекторного двигуна, а також вивчення впливу неякісної роботи цього електронного елемента на експлуатаційні характеристики автомобіля.

Висновки до розділу 1

Техніко-економічне обґрунтування літературних джерел вказує, що ефективність роботи датчика масової витрати повітря у сучасних системах живлення інжекторних двигунів, суттєво залежить від: від чистоти впускного повітря та від можливого потрапляння у впускну магістраль неякісно згорених вуглеводневих мас (коли відбувається процес продувки камер згорання), що може призвести до сажового залипання чутливих терморезисторів даної системи.

Необхідно також зазначити, що стан роботи датчика масової витрати повітря, суттєво залежить від вчасної заміни повітряного фільтру та правильності експлуатації автомобіля, особливо в умовах міста.

Тому, нами у подальшому, будуть проводитися дослідження, відповідно до вище вказаних завдань, що стосується роботи витратоміра повітря у впускній магістралі двигуна з точковою подачею палива.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок швидкості руху повітряного потоку у впускній магістралі

Підвищити метрологічні та експлуатаційні характеристики вимірювача витрати повітря можна за допомогою ультразвукового методу. З цією методикою у більшості витратомірів використовується цей принцип вимірювання із застосуванням двох і більше ультразвукових перетворювачів [5].

У цьому випадку, точність вимірювання швидкості повітряного потоку, в основному визначається вимірюванням часу поширення ультразвукових сигналів, випромінюваних проти супротивного потоку. Недоліком подібних технічних рішень, є невисока точність вимірювання, через суттєву залежність швидкості ультразвуку від температури. Цей спосіб обчислення витрати газу, повітря чи рідини, прийнятний для побутових пристроїв, де параметри потоку незначно змінюються. Крім того, існуючі ультразвукові витратоміри рідин та газів, що застосовуються в промисловості, автомобілебудуванні вимірюють об'ємну, а не масову витрату, як того вимагає система керування двигуна внутрішнього згорання автомобіля. Якщо застосувати його для автомобільного витратоміра, то буде значна похибка при зміні температури повітря, що всмоктується.

З метою підвищення метрологічних характеристик вимірювача масової витрати повітря, пропонується використовувати, як інформаційного сигналу не час поширення ультразвукових сигналів, а фазовий зсув між ультразвуковими хвилями, що розповсюджуються по потоку повітря та проти нього.

У цьому випадку конструктивно ультразвуковий давач (рис. 2.1) складається з трьох ультразвукових перетворювачів, один з яких є джерелом (випромінюючим ультразвуковим перетворювачем – ІУЗП), а два інших –

приймачами ультразвукових імпульсів (приймають ультразвукові перетворювачами – ПУЗП1,2), двох підсилювачів напруги У1,2 та двох фазового детектора ФД1,2.

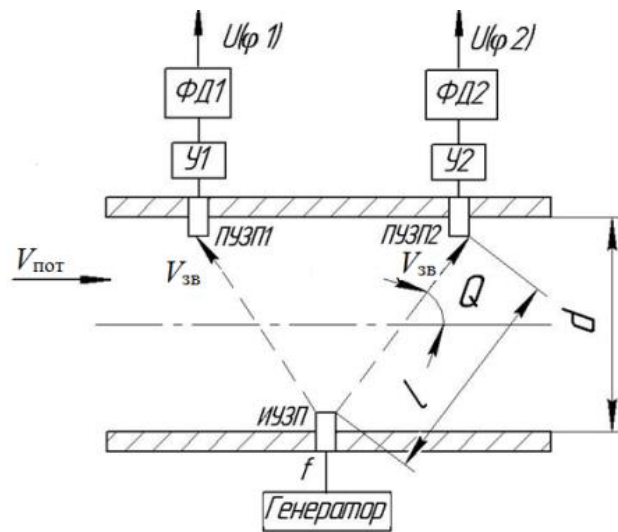


Рисунок 2.1 - Конструкція ультразвукового давача витратоміра повітря

Час проходження ультразвуковим сигналом повітряного потоку, залежить від довжини шляху l у потоці, що визначається діаметром трубопроводу d , кутом введення ультразвуку в потік θ , а також швидкістю ультразвуку у повітряному потоці $V_{зв}$ і швидкістю руху потоку $V_{пот}$.

Вихідними даними для обчислення масової витрати повітря, є фазові зсуви сигналів з ультразвукових перетворювачів, що приймають:

$$\varphi_1 = \frac{l}{V_{зв} - V_{пот} \cdot \cos\theta} \cdot \omega, \varphi_2 = \frac{l}{V_{зв} + V_{пот} \cdot \cos\theta} \cdot \omega, \quad (2.1)$$

де - частота ультразвукових коливань.

У результаті наведених вище рівнянь, можна визначити швидкість потоку повітря:

$$V_{пот} = \frac{l \cdot \omega \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{2 \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \cos\theta} \quad (2.2)$$

Із отриманої формули видно, що швидкість потоку повітря залежить від зсуву фаз φ_1, φ_2 і не залежить від швидкості ультразвуку в повітряному потоці $V_{зв}$. Параметри l, ω, \cos є константами, що визначаються конструкцією ультразвукового давача.

Визначивши швидкість потоку повітря $V_{пот}$, можна визначити об'ємну витрату повітря W за формулою:

$$W = V_{пот} \cdot S = V_{пот} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}, \quad (2.3)$$

де S – площа перерізу магістралі.

Маса витраченого повітря m у вхідному колекторі двигуна внутрішнього згоряння пов'язана із її густиною ρ та об'ємом W

$$M = W \cdot \rho \quad (2.4)$$

Уеснбуе повітря можна знайти за відомою формулою

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}, \quad (2.5)$$

де P - абсолютний тиск; M – молярна маса; R – універсальна газова стала; T – температура, K .

Для вимірювання абсолютного тиску у розробленому вимірнику, використовується промисловий давач абсолютного тиску. Температура повітря, обчислюється за температурною залежністю швидкості ультразвуку за емпіричною формулою:

$$V_{зв} = V_{зв}(0^\circ) + 0,59 \cdot T_c \quad (2.6)$$

де $V_{зв}(0^\circ)$ – швидкість звуку повітря при $0^\circ C$, приймаємо 331 м/с; T_c – температура за шкалою Цельсія.

У результаті перетворень, кінцева формула для обчислення миттєвої масової витрати повітря буде мати вигляд:

$$m = \frac{l \cdot \omega \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{2 \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot \cos \theta} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \frac{P \cdot M}{R \cdot (1,695 \cdot \left(\frac{l \cdot \omega (\varphi_1 + \varphi_2)}{2 \varphi_1 \cdot \varphi_2} - V_{зв}(0^\circ) \right) + 273)} \quad (2.7)$$

Відповідно до отриманої формули, для обчислення масової витрати повітря розроблено структурну схему ультразвукового вимірювача миттєвої масової витрати повітря. У штатному режимі, синусоїдальний сигнал надходить з генератора на випромінюючий ультразвуковий перетворювач. Ультразвукова хвиля, проходячи через потік повітря, надходить на ультразвукові перетворювачі, що знаходяться в напрямку потоку повітря і у зворотньому напрямку. Залежно від швидкості потоку повітря, змінюються фази ультразвукових хвиль.

Для більш точного визначення передавальної функції ультразвукового давача миттєвої масової витрати повітря, необхідне використання задавача потоку повітря з нормованими метрологічними характеристиками, з точними підвищеними параметрами, ніж у розробленого давача в усьому діапазоні зміни повітряного потоку, тобто. від 0 до 500 кг/год.

У витратомірах повітря, в яких використовується спосіб визначення масової витрати через швидкість ультразвукової хвилі що виходить, ультразвуковий сигнал приймається з деяким запізненням, який залежить від рівня фонового шуму двигуна, табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Залежність кількості повітря від фаз газорозподілу

$\Delta\Phi$, град.	m , кг/год
0	0
121,7	3
284,2	7
446,7	11
609,5	15
772,7	19
977,2	24

Конструкція та принцип дії даного витратоміра виключають фактор впливу шуму двигуна. Це пояснюється наслідком того, що ультразвукові хвилі поширюються безперервно, і швидкість потоку визначається через зміну фази, а не через поширення імпульсу ультразвукової хвилі. Також відмінністю від застосовуваних датчиків є те, що температура повітря обчислюється з температурної залежності швидкості ультразвуку, що забезпечує меншу похибку вимірювання.

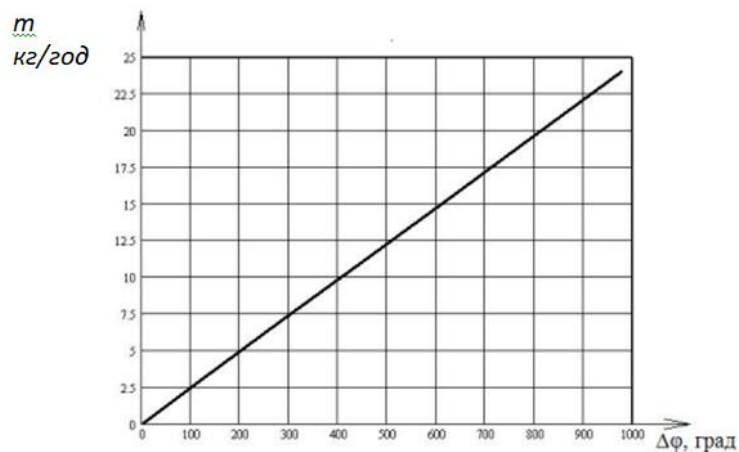


Рисунок 2.2 – Графік залежності кількості повітря від фаз газорозподілу.

Даний спосіб, дає можливість вимірювати масову витрату повітря у двох напрямках з підвищеною точністю, використовуючи результати вимірювань миттєвого значення температури та щільності повітряного середовища.

2.2 Розрахунок теплового балансу інжекторного двигуна за неякісної роботи давача кількості повітря

Якість готовності та згоряння робочої суміші в камерах згоряння залежить від належного та своєчасного налаштування робочих процесів. Визначення оптимального моменту для впорскування палива та відкриття

клапанів впуску і виведення відпрацьованих газів суттєво впливає на ефективність згоряння.

Система контролю індукції повітря в інжекторних двигунах включає різноманітні компоненти та функції, спрямовані на оптимізацію впуску повітря та забезпечення ефективного згоряння паливно-повітряної суміші. Одним з ключових елементів системи контролю кількості повітря є дросельна заслінка, яка регулює об'єм повітря, що втягується в двигун, впливаючи на його завантаження.

У випадку неправильної роботи давача витрати повітря, спричиненої засмічуванням його виконавчих елементів, електронний блок управління двигуном переходить у аварійний режим.

Отже, за допомогою методики розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, можна визначити втрати ефективної (корисної) теплоти Q_e під час аварійного режиму роботи двигуна.

Для цього необхідно визначити загальну кількість теплоти Q , після згоряння робочої суміші, за відомою формулою.

$$Q = Q_H \cdot G_{\Pi}, \text{ кДж/год} \quad (2.8)$$

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

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

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

$$G_{\Pi} = N_e \cdot g. \quad (2.9)$$

А теплоту газів Q_e , отримаємо:

$$Q_e = 3600 N_e \quad (2.10)$$

Теплота g_e (як корисна робота), визначиться за відношенням

$$g_e = \frac{Q_e}{Q} \cdot 100 \% \quad (2.11)$$

Кількісне значення теплоти Q_B , (що витрачається у атмосферу), розрахується за виразом:

$$Q_B = C \cdot i \cdot D^{23} \cdot n^{0,65} \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot 3,6, \text{ кДж/год} \quad (2.12)$$

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$) [9];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

n – частота обертів колінчастого валу, об/хв;

α – коефіцієнт надлишку повітря.

А теплоту g_B , витрачену з системою охолодження, визначаємо наступною формулою:

$$g_B = \frac{Q_B}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.13)$$

Теплота Q_r , що втрачається із системою випуску, розрахується за:

$$Q_r = C_p \cdot (T_r - T_{o.c.}) \cdot (G_{пов.} - G_{п.}), \text{ кДж/год} \quad (2.14)$$

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

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

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

Масову кількість повітря $G_{пов.}$, що потрапляє у циліндри двигуна, знаходимо за формулою

$$G_{пов.} = 14,5 \alpha \cdot G_{п.}, \text{ кг/год} \quad (2.15)$$

Приймаємо $G_{\text{п}} = 5,6$ кг/год.

Частка теплоти q_r , у відпрацьованих газах, визначиться

$$q_r = \frac{Q_r}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.16)$$

Інші витрати теплоти $Q_{\text{ін.в.}}$:

$$Q_{\text{ін.в.}} = Q - (Q_e + Q_r + Q_B) \quad (2.17)$$

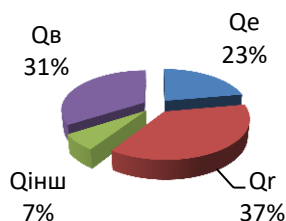
А частку $q_{\text{ін.в.}}$ визначимо за виразом:

$$q_{\text{ін.в.}} = \frac{Q_{\text{ін.в.}}}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.18)$$

Ця методика розрахунку теплового балансу дозволила визначити обсяг тепла, який виділяється після згоряння робочої суміші, у випадках, коли моменти подачі палива системою "Motronic" виявляються неправильно налаштованими.

На основі зазначеної вище методики розрахунку, побудовані діаграми теплового балансу досліджуваного двигуна, рис. 2.3.

**За некоректно працюючого
давача кількості повітря**



**За коректно працюючої
впускної системи**

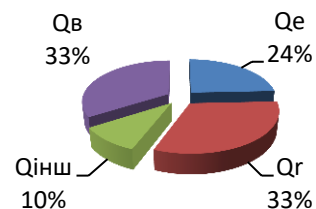


Рисунок 2.3 – Порівняльний тепловий баланс досліджуваного інжекторного двигуна.

Аналізуючи діаграми теплового балансу інжекторного двигуна отримали, що при неналежному функціонуванні давача кількості повітря, вихідне значення ефективної теплоти склало - 23%, тоді, як за його правильної роботи досягає 24%. Це вказує на вищу ефективність роботи двигуна, в останньому випадку.

Висновки до розділу 2

Представлена методика розрахунку кількості повітря у впускній магістралі, необхідного для проходження через активні електронні елементи давача витрати повітря, залежно від обертів та зміни фаз газорозподілу досліджуваного бензинового двигуна.

Проведено тепловий розрахунок досліджуваного двигуна, за коректної і некоректної роботи давача кількості повітря у впускній магістралі, і отримали, що ефективна теплота склала, Q_e - 23%, відносно справної – 24%.

3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Робота давача витрати повітря

Переконатись у справності ДМВП допоможе розуміння принципів його функціонування. Знання роботи пристрою дає можливість швидко помітити його перешкоди та своєчасно на них відреагувати.

Конструкція давача оснащена спеціальними терморезисторами, виготовленими з платини або вольфраму. Ці елементи пропускають через себе напругу та нагріваються до певної межі. Розташовані вони у двох місцях – усередині корпусу давач та в окремій камері для переміщення повітря.

Це дозволяє одному, резистори охолоджуватися, що створює різницю температур. Вона, у свою чергу, подається до системи управління, де й виконується підрахунок обсягів повітря. Також тут коригується положення заслінки, яка відповідає за регулювання пропорцій палива та повітря у робочих сумішах.

Відповідно, якщо відбудеться відмикання давача масової витрати повітря, то вузол контролю не отримає повних чи коректних даних. В результаті чого, у сумішах будуть порушені відсоткові співвідношення палива та повітря.

Сучасні моделі давачів, мають вбудовані високоточні вимірювачі температури повітря, що працюють за стандартним принципом. Точна інформація дозволяє ще коректніше відстежувати зміни.

3.2 Основні ознаки несправностей давача витрати повітря

Для вимірювання та визначення показників повітря у двигуні автомобіля, використовується давач масової витрати повітря. Повітря перенаправляється в камеру згоряння, де відбувається процес змішування його із паливом для забезпечення роботи ДВЗ.

Давач збирає показники цього процесу, передає їх на електронний блок управління (ЕБУ), де дросельна заслінка регулюється відповідно до потреб зменшити або збільшити потік повітря. Така інформація важлива для коректної витрати повітря та двигуна в цілому, щоб він відповідав показникам своєї потужності та забезпечував ефективну роботу, рис. 3.1



Рисунок 3.1 – Розміщення та положення давача кількості повітря у впускній магістралі.

Оскільки функціонування давача є основою коректної роботи двигуна, необхідно регулярно відстежувати роботу цього елемента. При появі сигналів про його несправність, слід перевстановити елемент, щоб відсутність сигналів про масові витрати повітря не призвели до більш серйозних дефектів та поломок у механізмі автомобіля.

3.3 Методика для визначення несправної роботи ДМВП

Якщо спостерігаються прояви, які описані вище, то наступною дією буде визначення чи необхідний ремонт або заміна ДМВП. Перевірити допоможе, це вимикання давача. Виконують даний процес, за наступною інструкцією:

- Запускають автомобіль.
- Легко натискають на педаль екселератора на холостому ходу, щоб пришвидшити прогрів двигуна.

- Вимкнути двигун.
- Здійснити вимкнення клеми у пошкодженого електронного елементу.
- Запустити двигун.

Якщо після роведених дій, частота обертів колінчастого валу на холостому ході стала рівнішою, тоді причина збоїв у роботі двигуна є у давачі. У наслідок чого, ЕБУ двигуном перемикається у аварійний режим роботи (що породжує збільшені норми витрати палива та екологічні показники), рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Неякісне з'єднання електропроводників.

Після визначення несправності давача не рекомендується використовувати автомобіль. Це може призведе до посилення ситуації і серйозніших поломок двигуна.

3.4 Методика перевірки давача ДМВП

Існують різні способи перевірки давача кількості витрати повітря. Деякі з них, вимагають його демонтажу, для якого знадобиться виконати наступні етапи:

- Необхідно ослабити хомут (для демонтажу повітряного патрубку).
- Демонтувати кріплення давача.
- Зняти чорну мінусову клему з акумуляторної батареї, щоб уникнути помилок.
- Вимкнути роз'єми з корпусу давача.

Метод 1. Візуальна оцінка стану.

За неякісної роботи ДМВП виникає необхідність провести візуальний огляд даного електронного елементу. Це найпростіший і надійніший прийом перевірки, адже наявність забруднень, механічних пошкоджень або дефектів терморезисторів, сприяє негативній роботі пристрою.

При огляді, слід особливу увагу приділити цілісності резисторів та нагрівальної плівки, що розміщені у модулі зчитування давача, рис. 3.3.

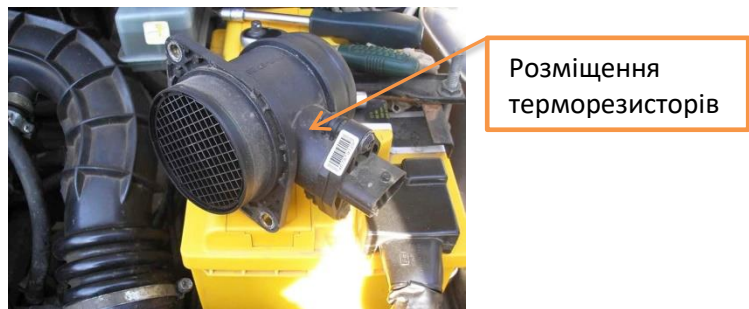


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд давача кількості повітря

Пошкоджений давач відновленню не підлягає, оскільки електронний елемент зчитування не піддається налагодженню чи промиванню спеціальною рідиною.

Давачі такого типу можуть показувати неправильну інформацію через можливе забруднення. Проведення процесу промивання активних елементів, сприяє покращенню їхньої працездатності. Такими рідинами можуть служити: «Kerri», «Hi-Gear», «CRC». Також, для очищення давача може використовуватися технічний спирт.

Датчик масової витрати повітря можна перевірити без мультиметрів. Просто вимикається роз'єм підключення датчиків до електричної енергії транспортного засобу. Після цього необхідно запустити двигун. Якщо двигун вже працює без руху автомобіля, то причина знаходиться саме в датчику.

У такому положенні, електронний блок перемикається на резервний потік зі стандартним об'ємом повітря від норм, затверджених виробником.

Методика перевірки ДВП № 2.

Якщо попередні операції по відновленню давача, була можливість виконати у найкоротші терміни, то для перевірки мультиметром, знадобиться незначна підготовка. Важливо уважно оглянути, де знаходяться плюсові та мінусові клеми, щоб була можливість коректно приєднати щупи мультиметра. Після приєднання щупів до з'єднувальних контактів, необхідно слідкувати за показниками. Якщо мультиметр показує від 0,7 до 1,04 В (за увімкненого запалювання), давач вважається справним. За підвищених показників, електронний елемент слід замінити, рис. 3.4.

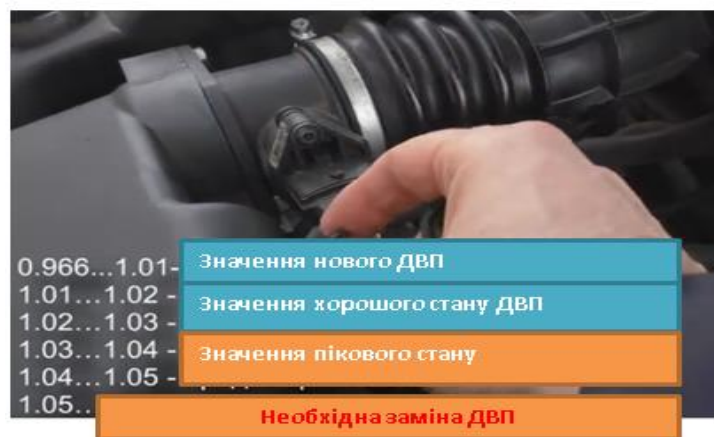


Рисунок 3.4 – Вихідні значення показників давача масової витрати повітря.

3.5 Захист впускної системи від пошкодження давача кількості повітря

Головна причина проблем з ДМВП – це нехтування своєчасної заміни повітряного фільтра. Пил і інші забруднення можуть осідати на пластині давача, що приводить до його пошкодження або несправності. Багато проблем можливо запобігти, завдяки регулярному очищенню повітряного фільтра чи вчасній його заміні. Хоча сам ДМВП, також можна піддати промиванню, але такий процес не завжди є ефективний.

Значну загрозу для давача створюють дешеві газові установки, що не піддаються якісному регулюванню. Хоча у сучасних газових установках, вибухи у впускному колекторі практично відсутні, але не виключено, що у деяких автомобілях з LPG конструкцією газового обладнання, зазначений вище процес все ж таки присутній, що приводить до закіпчування незгореними вуглеводнями активних елементів давача.

3.6 Принцип роботи давача масової витрати повітря фірми DENSO

Досить широкого використання у впускній системі двигунів внутрішнього згорання, набув давач витрати повітря DENSO. Його ще називають, знімним датчиком із провідником розжарювання. У його конструкцію входять: нагрівальний резистор, резистор для вимірювання температури впускного повітря, датчика температури повітря та засобів управління.

Для вимірювання об'єму повітря, що надходить у циліндри двигуна зі сторони повітроочисника, перепускається в зону вимірювання з гарячим провідником, рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Давач масової кількості палива DENSO.

Цей вимір, перетворюється на пропорційну напругу у електричному колі управління, а потім передається до ЕБУ для розрахунку об'єму повітря,

що поступає у камери стиску. У той же час, датчик температури впускного повітря, здійснює вимірювання і передає їх в ЕБУ, повідомляючи про ступінь нагріву чи охолодження. Після цього, ЕБУ визначає густину повітря і скоригує на подачу певну кількість палива через форсунки.

3.7 Результати досліджень датчика витрати повітря за різних режимів роботи інжекторного двигуна

На рис. 3.6 представлено осцилограму вихідних сигналів ДМВП фірми DENSO на холостому ходу інжекторного двигуна.



Рисунок 3.6 – Форма електричних імпульсів ДМВП на холостому ходу інжекторного двигуна.

Слід зазначити, що один і той же датчик масової витрати повітря, встановлений на двигуни із різним літражем. Їхня форма осцилограм електричних імпульсів буде змінюватися, рис. 3.7.

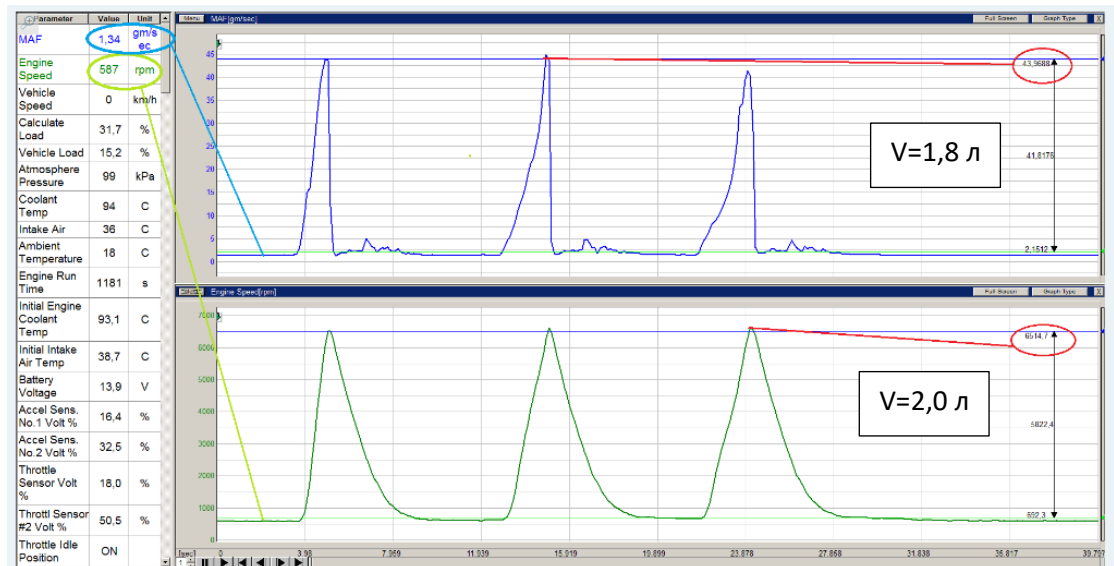


Рисунок 3.7 – Осцилограми електричних імпульсів ДМВП на двигунах із різним літражем циліндрів.

Аналізуючи осцилограми, можна цілком стверджувати, що у двигуна із загальним літражем 2,0 л – основа графіків більш пологіша, відносно двигуна із літражем 1,8 л, що відображається на роботі двигуна з більш затягнутим і плавним спадом обертів колінчастого валу двигуна.

У табл. 3.1, відображено стандартні значення вихідних електричних імпульсів ДМВП на різних видах двигунів.

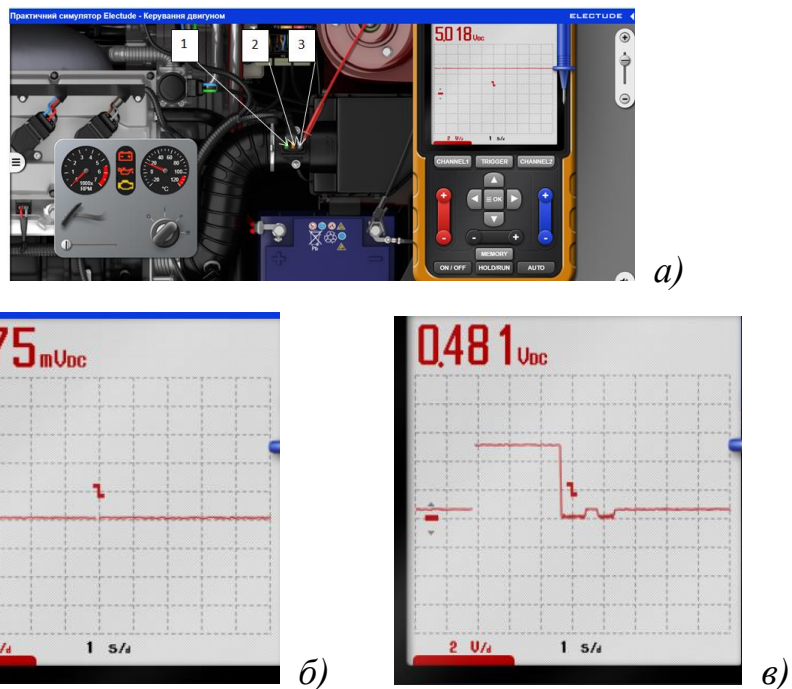
Таблиця 3.1 - Стандартні значення вихідних електричних імпульсів ДМВП DENSO.

Тип двигуна	XX	1250	1500
1SZ-FE 1.0 л.	1,1	5,1	7,7
2SZ-FE 1.3 л.	1,4	5,3	8,0
1NZ-FE 1.3 л	1,6	5,5	8,5
1ZZ-FE 1794	1,8	7,5	11,0
2ZR-FE 1,8 л	1,8	6,5	10,0
1AZ-FSE 2.0 л	2,4	8,0	12,0
3ZR-FE 2L	2,0	7,5	11,0
3ZR-FAE*2 1998	1,9	6,5	10,0
2AZ-FE 2.4L	2,7	9,0	14,0
3GR-FSE 2994	4,0	11,5	18,0
2GR-FSE 3456	3,4	14,5	22,5
3UZ-FE 4292	5,0	16,0	24,5
1UR-FSE 4608	4,7	18,0	27,5

3.7.1 Результати дослідження ДМВП BOSCH, за різних швидкісних характеристик бензинового двигуна з ЕБУ

Використовуючи програмне середовище «Electude», нам вдалося дослідити вихідні електричні імпульси датчика масової витрати повітря у режимі різних швидкісних характеристик двигуна з електронним управлінням.

На рис.3.8, відображено значення вихідних і вхідних сигналів зі сторони ЕБУ та осцилограми у режимі холостого ходу та підвищених обертах валу двигуна.



1 – подача «-»; 2 – вихідний електричний сигнал; 3 – вхідний електричний сигнал.

- a) осцилограма та значення вхідного електричного імпульсу;
- б) значення вихідного сигналу;
- в) значення подачі «-»

Рисунок 3.8 – Дослідження вихідних і вхідних сигналів ДМВП за увімкненого запалювання.

За використання електронного осцилографу та віртуального інжекторного двигуна, нами досліджено електричні імпульси давача масової витрати повітря, за різних швидкісних характеристик двигуна із системою «Motronic», що занесені у табл. 3.2.

Номер провідника ДМВП та одиниці вим.	1200 об/хв	2000 об/хв	3000 об/хв	4000 об/хв	4500 об/хв	5000 об/хв	5500 об/хв
1 (В)	0,012						
2 (В)	0,6	0,82	0,93	1,22	1,38	1,51	1,68
3 (В)	5						

Згідно табличних даних, побудовано графік залежності вихідних електричних сигналів давача масової витрати повітря, від швидкісних режимів роботи двигуна, рис. 3.9.

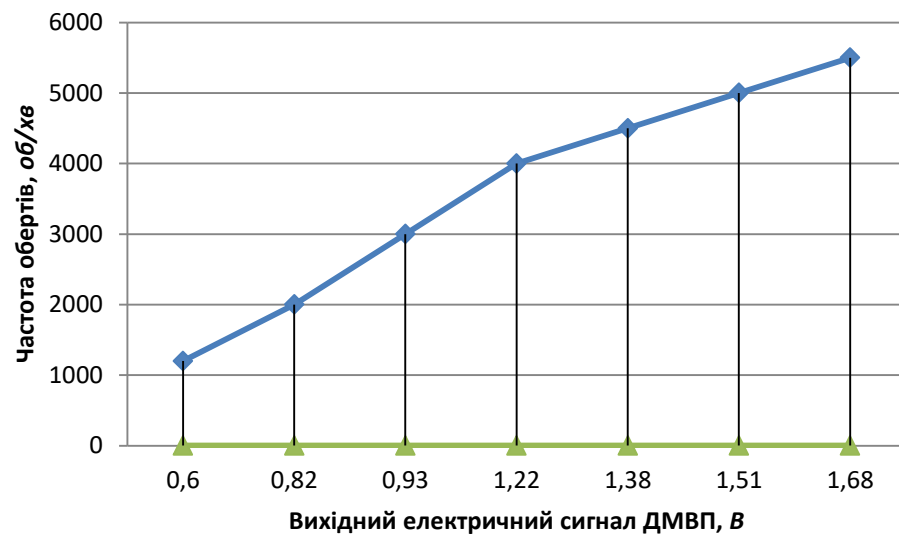


Рисунок 3.9 – Графік залежності вихідних електричних імпульсів ДМВП від обертів колінчастого валу досліджуваного двигуна.

Висновки до розділу 3

Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень показав, що серед елементів ЕСУД автомобільних двигунів на ДМВП припадає 17,6%

несправностей та його середній ресурс становить 30,9 тис. км, що супроводжується збільшенням витрати палива, падінням потужності та зниженням екологічної безпеки. Узагальнення виконаних раніше теоретичних та експериментальних досліджень показало наявність можливості забезпечення працездатності ДМВП, а тим самим – якості вихідних електричних параметрів.

Нами встановлено, що за увімкненого запалювання, вихідний електричний імпульс давача витрати повітря фірми BOSCH, набув значення 0,6 В (трохи занижений, але знаходиться у межах норми).

Максимальний вихідний робочий імпульс 1,68 В спостерігається за оптимальних обертів - 5500 об/хв.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Небезпечні обставин під час проведення комп'ютерної і дистанційної 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 [4]-[9]:

- 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:

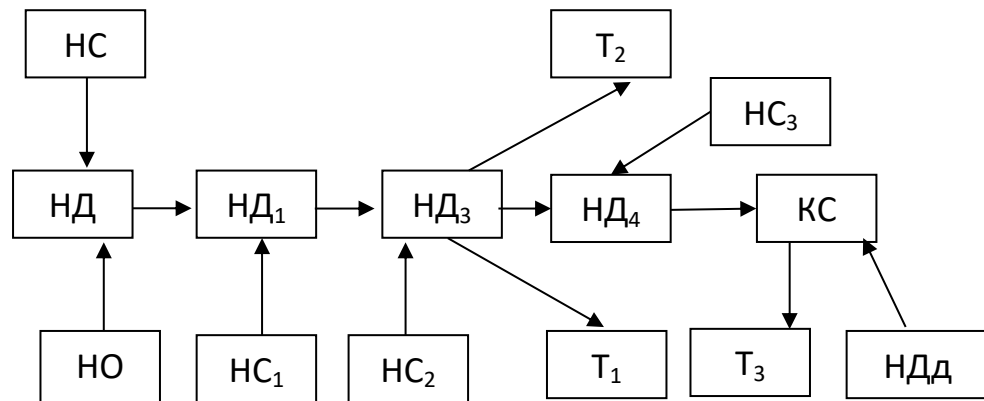
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого 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; КС – заземлення кінцівок; HDд – необхідна допомога іншої особи

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

4.2 Особливості пожежної безпеки

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.

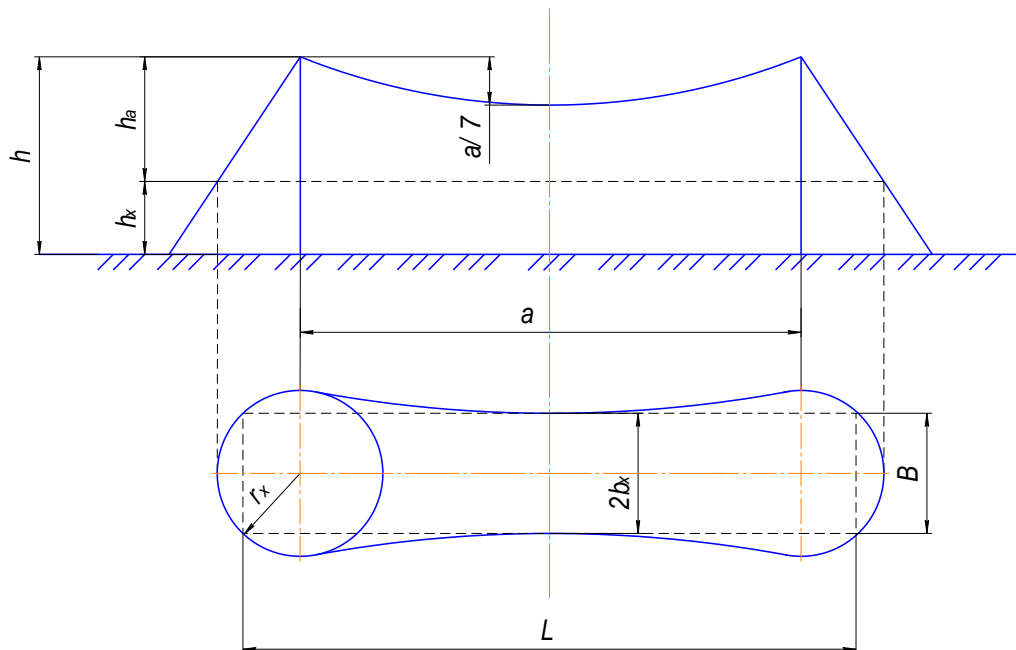


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

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 персоналу робочого персоналу

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Організаційно-технічні рекомендації

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

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

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

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

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

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів. Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водняним 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

Розроблено заходи для забезпечення безпеки та охорони праці, під час проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики автомобіля.

Змодельовано небезпечні обставини під час проведення дистанційної діагностики автомобіля.

Описано заходи із пожежої безпеки у приміщенні, де відбуваються експериментальні та діагностичні спостереження.

Доведено і методично представлено організаційно-технічні рекомендації у період проведення дистанційної діагностики автомобілів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Дослідження економічних витрат

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 (давачі, 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.

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

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 електронних елементів впускної системи на економічність роботи інжекторного 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 Дослідження експлуатаційних витрат автомобіля, за некоректної роботи давача масової витрати повітря двигуна

Використання комп'ютерного діагностичного обладнання для аналізу електронного блоку керування автомобілем, дозволяє вчасно виявляти проблеми у роботі виконавчих електронних елементів, 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 ДМВП), використовується методика, яка детально описана у джерелі [5].

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:

$$Z_n^6 = \frac{C_n^6 \cdot g}{100} \quad 6.2$$

де, C_n^6 – вартість палива, $C_n^6 = 53,00$ грн./л;

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

Тоді:

$$Z_n^6 = \frac{53,00 \cdot 10,00}{100} = 5,30 \text{ грн/км}$$

Тоді, із справною системою:

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

де, $g_{п.п}$ – витрата палива із справною системою, $g_{п.п} = 7,5$ л/100 км.

Отже:

$$Z_{п}^в = \frac{53,00 \cdot 7,5}{100} = 3,70 \text{ грн./км}$$

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

$$Z = 5,30 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 17,65 \text{ грн./км};$$

- за справної

$$Z = 3,70 + 1,8 + 0,0822 + 0,22 + 0,25 + 10,00 = 16,05 \text{ грн./км.}$$

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

- зі справною

$$Z_{д} = 16,05 \cdot 14850 = 238342,50 \text{ грн./рік};$$

- несправної

$$Z_{д} = 17,65 \cdot 14850 = 262102,50 \text{ грн./рік.}$$

Отже, річні економічні витрати від некоректної роботи витратоміра повітря, склали:

$$E = 262102,50 - 238342,50 = 23760,00 \text{ грн./рік}$$

Висновки до розділу 5

Неякісна робота давача масової витрати повітря впускної системи двигуна із точковою подачею палива, приводить електронний блок управління у аварійний режим роботи. А це відповідно, сприяє на підвищені норми витрат палива та збільшення викидів отруйних речовин у повітряний простір навколишнього середовища.

Даний негативний процес роботи давача, веде до щорічних економічних витрат, близько на 23760,00 грн./рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Техніко-економічне обґрунтування літературних джерел вказує, що ефективність роботи давача масової витрати повітря у сучасних системах живлення інжекторних двигунів, суттєво залежить від: від чистоти впускного повітря та від можливого потрапляння у впускну магістраль неякісно згорених вуглеводневих мас (коли відбувається процес продувки камер згоряння), що може призвести до сажового залипання чутливих терморезисторів даної системи.

Необхідно також зазначити, що стан роботи давача масової витрати повітря, суттєво залежить від вчасної заміни повітряного фільтру та правильності експлуатації автомобіля, особливо в умовах міста.

Представлена методика розрахунку кількості повітря у впускній магістралі, необхідного для проходження через активні електронні елементи давача витрати повітря, залежно від обертів та зміни фаз газорозподілу досліджуваного бензинового двигуна.

Проведено тепловий розрахунок досліджуваного двигуна, за коректної і некоректної роботи давача кількості повітря у впускній магістралі, і отримали, що ефективна теплота склала, Q_e - 23%, відносно справної – 24%.

Аналіз теоретичних та експериментальних досліджень показав, що серед елементів ЕСУД автомобільних двигунів на ДМВП припадає 17,6% несправностей та його середній ресурс становить 30,9 тис. км, що супроводжується збільшенням витрати палива, падінням потужності та зниженням екологічної безпеки. Узагальнення виконаних раніше теоретичних та експериментальних досліджень показало наявність можливості забезпечення працездатності ДМВП, а тим самим – якості вихідних електричних параметрів.

Нами встановлено, що за увімкненого запалювання, вихідний електричний імпульс давача витрати повітря фірми BOSCH, набув значення 0,6 В (трохи занижений, але знаходиться у межах норми).

Максимальний вихідний робочий імпульс 1,68 В спостерігається за оптимальних обертів - 5500 об/хв.

Розроблено заходи для забезпечення безпеки та охорони праці, під час проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики автомобіля.

Змодельовано небезпечні обставини під час проведення дистанційної діагностики автомобіля.

Описано заходи із пожегової безпеки у приміщенні, де відбуваються експериментальні та діагностичні спостереження.

Доведено і методично представлено організаційно-технічні рекомендації у період проведення дистанційної діагностики автомобілів.

Неякісна робота давача масової витрати повітря впускної системи двигуна із точковою подачею палива, приводить електронний блок управління у аварійний режим роботи. А це відповідно, сприяє на підвищені норми витрат палива та збільшення викидів отруйних речовин у повітряний простір навколишнього середовища.

Даний негативний процес роботи давача, веде до щорічних економічних витрат, близько на 23760,00 грн./рік.

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

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

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

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

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

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

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

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

18. Яким Р. С. Приводи транспортних машин: навчальний посібник. Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету ім. 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. Дащенко: 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.
26. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003, 250 с.
27. Біліченко В.В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2012. 118 с.
28. Редзюк А. М., Устименко В. С., Клименко О. А. [та ін.] Уведення екологічних норм Євро-3 – Євро-6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками. Автошляховик України. 2011. № 4. С. 2 - 6.