

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження впливу показників роботи сенсора  
кисню на робочі параметри двигуна внутрішнього  
згоряння»

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

(шифр і назва)

Богдан ВЕРГУН

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Вергун Б. О. Дослідження впливу показників роботи сенсора кисню на робочі параметри двигуна внутрішнього згоряння: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 60 с.

Табл. 3; рис. 11; бібліогр. джерел 26.

Подано методику на проведення комп'ютерної діагностики автомобіля з електронним блоком керування у віртуальному середовищі "Electude". Проведено аналіз теплового балансу бензинового двигуна за некоректної роботи сенсора кисню, що спричинило перехід електронного блоку керування у аварійний режим роботи.

Представлено обладнання для комп'ютерної діагностики автомобіля, оснащеного інжекторним двигуном.

Обґрунтовано вплив сенсора кисню, на роботу електронних виконавчих механізмів і систем бензинового двигуна, у різних режимах його роботи.

Надано опис заходів, спрямованих на забезпечення безпеки праці під час проведення комп'ютерної діагностики автомобіля, у режимі холостого ходу двигуна.

Проведено розрахунок економічних витрат у процесі переходу двигуна в аварійний режим роботи, які становлять близько 21829,50 гривень на рік.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	8
1.1 Обладнання для діагностування стану електронних систем автомобіля.....	8
1.2 Обґрунтування необхідності своєчасного контролю технічного стану двигуна з електронною системою управління .....	11
1.3 Використання датчиків кисню у електронній системі управління двигуном.....	13
1.3.1 Особливості конструкції та принцип роботи двоточкового датчика.....	16
Висновки до розділу 1.....	19
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Дослідження теплового балансу двигуна за неякісної роботи сенсора кисню .....	21
2.2 Розрахунок стану паливо повітряного заряду від впливу сенсора кисню на ЕБК.....	23
Висновки до розділу 2.....	26
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	28
3.1 Фактори, що впливають на некоректну роботу лямбда-зонда .....	28
3.1.1 Етапи виходу із ладу лямбда-зонда .....	28
3.2 Вплив несправної роботи двох сенсорів кисню на робочі параметри двигуна .....	30
3.3 Методика, обладнання та результати досліджень ... ..	32
3.5 Результати теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректно працюючого сенсора кисню.....	38
Висновки до розділу 3.....	39

4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	40
4.1 Аналіз виникнення небезпечних ситуацій.....	40
4.2 Пожежна безпека. ....	42
4.3 Охорона праці під час комп'ютерної діагностики автомобіля.....	45
4.4 Організаційно-технічні рекомендації .....	46
Висновки до розділу 4.....	50
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
5.1 Економічні витрати.....	51
5.2 Вплив сенсора кисню на економічні показники бензинового двигуна....	52
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	53
Висновки до розділу 5.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	58

## ВСТУП

Комп'ютерна діагностика автомобіля - це процес використання спеціалізованих комп'ютерних систем та програмного забезпечення для визначення стану різних систем та компонентів автомобіля. Цей метод дозволяє швидко та точно виявляти проблеми, проводити аналіз електронних систем, а також читати та вирішувати помилки, які можуть виникнути в процесі експлуатації автомобіля.

Ключові аспекти комп'ютерної діагностики автомобіля включають в себе: сканування систем (використання діагностичних сканерів для зчитування інформації з електронних блоків управління автомобілем та інших систем), читання кодів помилок (аналіз кодів помилок, які генеруються автомобільною електронікою, щоб визначити конкретні проблеми), аналіз параметрів (можливість перевірки різних параметрів роботи автомобільних систем, таких, як тиск у паливній системі, температура, оберти колінчастого валу тощо).

Електронна самодіагностика, являється функцією електронних блоків управління, яка дозволяє автомобілю виявляти інші несправності та вживати заходів для їх виправлення.

Системи зчитування даних – це використання різноманітних сенсорів та датчиків для надання інформації про роботу автомобільних систем.

Відповідно, до перелічених вище можливостей комп'ютерна діагностика значно полегшує виявлення та усунення несправностей, дозволяючи швидко та ефективно обслуговувати автомобіль. Також, вона є важливим інструментом для професійних автомайстрів та сервісних центрів у вирішенні технічних проблем і забезпеченні якісного обслуговування транспортних засобів.

Збільшення кількості та різноманітності автомобілів, підвищення швидкісних характеристик, покращення комфорту, а також ускладнена будова вузлів і деталей - усе це є трендами в сучасній автомобільній

індустрії. Сучасна автомобільна діагностика, стає надійним джерелом інформації про технічний стан систем та агрегатів. Це дозволяє зменшити обсяг ремонтних робіт та передбачати працездатність компонентів і автомобільних систем взагалі, не вимагаючи їх розбирання. На ринку України компанія Robert Bosch GmbH пропонує значний внесок у забезпечення станцій технічного обслуговування, надаючи універсальне обладнання FSA та KTS, яке дозволяє здійснювати повний комплекс діагностичних робіт для більшості моделей сучасних автомобілів.

Тому, для швидкого і якісного дослідження впливу сенсора кисню (у стані його некоректної роботи) на робочі параметри сучасного бензинового двигуна, слід використати комп'ютерне діагностичне обладнання та електронний осцилограф.

Відповідно, своєчасне проведення комп'ютерної діагностики електронного блоку управління, дозволить вчасно відновити його оптимальну функціональність та забезпечити нормальну експлуатацію автомобіля.

**Метою кваліфікаційної роботи,** є дослідження впливу сенсора кисню, на робочі характеристики інжекторного двигуна.

Для цього необхідно:

1. Провести техніко-економічне обґрунтування впливу електронних виконавчих елементів, на роботу сучасного двигуна внутрішнього згоряння.
2. Провести порівняльний розрахунок теплового балансу двигуна з іскровим запалюванням, за неякісної роботи сенсора кисню.
3. Обґрунтувати результати роботи сенсора кисню (справного і несправного) у електронній системі керування двигуном.
4. Описати охорону праці та техніку безпеки, під час проведення комп'ютерної діагностики автомобіля.
5. Розрахувати економічні витрати автомобіля, коли двигун з електронним блоком керування, переходить у аварійний режим роботи.

## 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 1.1 Обладнання для діагностування стану електронних систем автомобіля

На сьогоднішній день, наявність доступних технічних засобів, для діагностики автомобілів є досить значним. Для оцінки стану основних частин та електронних систем управління автомобілем є можливим, за наявності набору засобів, зазначеного в [5]. А саме:

- Сканери для читання кодів помилок в електронних системах.
- Осцилографи для аналізу електричних сигналів у системах автомобіля.
- Вимірювальні пристрої для перевірки напруги, струму та опору.
- Газоаналізатори для вимірювання викидів і визначення ефективності системи вихлопу.
- Давачі тиску та температури для перевірки роботи різних систем.
- Термовізійні камери для виявлення проблем з охолодженням та іншими тепловими аномаліями.
- Вакуумні вимірювачі для перевірки роботи систем вакуумного управління.
- Апарати для перевірки гальмівних систем, включаючи гальмівні стенди.
- Електронні вимірювальні прилади для аналізу сигналів в електронних блоках управління.
- Інфрачервоні термометри для визначення температурних аномалій.

Це лише загальний перелік, і він може варіюватися, залежно від специфіки автомобільної діагностики та потреб особи, що проводить ТО.

Вибір конкретних моделей мотортестерів і сканерів, базується на оцінці їхніх функціональних можливостей, що передбаченні і сумісні з

різними моделями обслуговуваних автомобілів. Для прикладу [11]-[14], розглянуто більш детально основні технічні засоби діагностики.

Для вимірювання концентрації компонентів у відпрацьованих газах, застосовується електронно-оптичний пристрій - газоаналізатор. Вони можуть бути одно-, дво-, трьох-, чотири- або п'ятикомпонентними. Серед компонентів відпрацьованих газів, вимірюються: CO, CH, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Слід зазначити, що сучасні бензинові автомобілі за винятком тих, що використовують безпосереднє впорскування палива в циліндри та розподіл суміші за шарами, повинні функціонувати при оптимальному співвідношенні повітря/паливо (де коефіцієнт надлишку повітря - лямбда дорівнює - 1) у сталому режимі роботи, не включаючи режиму повного навантаження. Точність підтримки цього співвідношення є досить висока (в межах від 0,97 до 1,03). Лямбда - слугує інтегральним параметром для оцінки якості робочої суміші. Якість горіння суміші, можливе за складом відпрацьованих газів. Для ефективної діагностики рекомендується використовувати газоаналізatori, які можуть вимірювати чотири або п'ять компонентів, і при цьому здатні розраховувати коефіцієнт лямбда.

Для проведення діагностики електронних блоків управління та моніторингу електронних систем застосовуються сканери. Важливо розуміти функції електронних блоків управління автомобілем. Після появи перших ЕСУ, у них введена функція самодіагностики, яка дозволяє виявляти несправності в датчиках та виконавчих механізмах. Виявленні несправності електронної системи управління, зумовлюють її перехід у режим "аварійної" роботи, при цьому ігноруючи пріоритетні вихідні значення конкретного датчика, забезпечуючи все ж таки роботу двигуна.

Діагностичне обладнання (сканери), можна поділити на дві основні категорії: дилерські сканери, виготовлені фірмами-виробниками автомобілів, і універсальні пристрої (можуть мати додаткові функції, такі, як функція мультиметра або осцилографа). Система управління паливоподачею двигуна,



є однією з перших цифрових систем у сучасних автомобілях. Згодом до переліку електронно керованих елементів автомобіля додалися і інші пристрої, як: антиблокувальна система, автоматична коробка передач, подушки безпеки, кліматична установка і інші, кожен з яких має свій власний електронний блок управління.

На сучасних автомобілях, кількість перелічених вище блоків, може досягати кількох десятків. Повноцінний сканер, може отримувати діагностичну інформацію від багатьох електронних систем автомобіля, а не лише читати коди несправностей. Окрім цього, сканер відображає на дисплеї поточні параметри системи.

Ще однією важливою функцією сучасних сканерів, є управління виконавчими елементами електронної системи. Це не лише дозволяє перевіряти працездатність багатьох елементів, а й у деяких випадках сканер може виконувати роль дублера блоку управління, втручаючись в його роботу.

Дилерські сканери спеціально розробляються на замовлення конкретного автовиробника, для використання в їхніх спеціалізованих сервісах. Для прикладу, пристрій Monitor 2000, вироблений американською компанією OTC, взаємодіє з цифровими блоками автомобілів від GM, Chrysler і Ford.

Сучасне діагностичне обладнання, може ефективно працювати з автомобілями різних виробників, але на сьогоднішній день, абсолютно універсального сканера не існує. Зазначена функція сканера, визначається глибиною охоплення, тобто кількістю електронних систем, що може протестувати сканер для конкретної марки автомобіля. Специфіка автомобілів різних виробників, не обмежується лише використанням різних протоколів обміну, але також різними діагностичними роз'ємами, тобто конфігурацією. Для врахування цих відмінностей, сканери оснащені

комплексом кабелів-адаптерів, що дає можливість підключення до бортового порта ЕБУ.

За останнє десятиліття, спостерігається процес уніфікації в бортовій діагностиці автомобілів, спричинений введенням стандартів OBD II і EURO-OBD. Ці стандарти вимагають від виробників автомобілів використання єдиного протоколу обміну і стандартного діагностичного роз'єму.

Також, обладнанням перевірки технічного стану електронних систем управління автомобіля, є мотор-тестери. Це універсальні електронні прилади, призначені для вимірювання параметрів роботи двигуна, за допомогою спеціальних датчиків. Вони можуть вимірювати різні параметри: оберти колінчастого валу, температуру оливи, заряд акумуляторної батареї, та багато інш. Більшість таких приладів, мають цифровий осцилограф для графічного відображення вимірюваних величин та можливість запису зображень для подальшого аналізу. Процес настроювання досліджуваного параметру у ньому, здійснюється автоматично (за відповідного режиму вимірів). Для прикладу, за формою осцилограми у вторинному колі запалювання, є можливість виявити несправну роботу елементів: свічок запалювання, стан високовольтних провідників, кришки розподільника та стан робочої суміші у кожному циліндрі.

## **1.2 Обґрунтування необхідності своєчасного контролю технічного стану двигуна з електронною системою управління**

Під час роботи, двигун внутрішнього згоряння переважно функціонує у несталих режимах, таких як запуск і прогрів, розгін і гальмування, підвищених навантаженнях, скидання навантаження та зупинка двигуна. Несталий режим роботи, являється важливим етапом експлуатації, займаючи від 93 до 97% часу в умовах інтенсивного міського руху, від 30 до 45% при русі по ґрунтових дорогах та від 30 до 35% загального часу руху на замських

магістралях. При цьому, споживання потужності ДВЗ коливається у межах від 13 до 78% від його номінальної потужності. За несталих режимів – витрата палива зростає на 5-7% і збільшує знос двигуна в середньому в 1,2-2 рази [20]-[26].

Слід відмітити, що виконавчі механізми, які визначають технічний стан двигуна, не є постійними в процесі роботи, так, як зазвичай піддаються зносу спряжені елементи вузлів, таких як: паливна апаратура, циліндро-поршнева група, газорозподільний механізм та зменшується властивість пружних елементів (поршневих кілець та пружин) [14].

У загальному, частка відмов та несправностей двигунів в переліку відмов автомобіля може сягати від 35 до 55% для окремих моделей. Згідно з даними В. М. Власова, двигун та електрообладнання займають перше місце за кількістю відмов серед систем та вузлів автомобіля. За інформацією Е. С. Кузнєцова, відмови системи управління бензинових двигунів розподіляються на наступні елементи: окислення контактів і обрив провідників - 35%; електромагнітні паливні форсунки - 8%; регулятор холостого ходу - 10%; система запалювання - 9%; давач кисню - 7%; давачі і реле - 6%; електронний блок управління - 3%; електропаливний насос - 22%. У дослідженнях А. В. Гриценка, розподіл несправностей у бензинових двигунів відображений слідує таким чином: свічки запалювання до 20%, форсунки до 17%, давачі масової витрати повітря до 15%, регулятор холостого ходу до 13%, модуль запалювання до 9%, сенсор кисню до 7%, давачі температури до 4%, регулятор тиску палива до 3%, паливний насос до 2,5%.

У роботі [8], була визначена оптимальна частота проведення діагностики основних компонентів системи впорскування палива з електронним керуванням, яка збігається із періодичністю 2-го ТО. Доведено, що деякі елементи цієї системи, мають оптимальну періодичність діагностики близько 2 мільйони кілометрів пробігу, що свідчить про їхню надійність і відсутність необхідності в планових діагностичних заходах. До

таких елементів відносяться витратомір повітря, давач частоти обертання колінчастого валу, давачі температури охолоджувальної рідини.

Дослідниками доведено, що середній безвідмовний період роботи системи впорскування палива з електронним управлінням становить від 30 до 35 тисяч км. пробігу. Згідно з відомостями, склад робочої суміші впливає на повноту згорання палива, а отже, і на інтенсивність зносу двигунів. Збагачення суміші призводить до зростання зносу деталей двигуна.

Підвищення зносу викликане збільшенням неповноти згорання, зниженням в'язкості оливи (за рахунок наявності палива) та змиванням плівки оливи зі стінок циліндра. Якщо прийняти знос, за роботи двигуна на найекономічнішому режимі за 100%, то за складу робочої суміші (у режимі максимальної потужності), знос зростає на 30 - 60%, залежно від фракційного складу палива.

Причинами створення збагачення робочої суміші у двигунах з примусовою подачею палива є негерметичний процес закривання електромагнітних форсунок, несправність регулятора тиску палива, засмічення зливної магістралі, несправна робота давачів системи управління, засміченість повітроочисника [11]-[17].

### **1.3 Використання давачів кисню у електронній системі управління двигуном**

Початком використання сенсорів кисню в бензинових двигунах сягає з 1979 року, і з кожним роком все більше автомобілів і інших технічних засобів оснащуються більше ніж одним давачем, розташованим перед і після нейтралізатора. Починаючи з 1992 року, з метою відповідності вимогам щодо обмежень викидів отруйних газів, сенсори кисню стали стандартним елементом комплектації автомобілів. А з 2000 року давачі кисню, почали стати встановлюватися у системах випуску дизельних двигунів.

- На сьогоднішній день, існують чотири основних виробники лямбда-зондів у світі: NGK, Bosch, Denso, Delphi.

Свою назву сенсор кисню, отримав зву від літери "лямбда" ( $\lambda$ ), яка використовується для визначення співвідношення між кількістю повітря та кількістю палива у паливо - повітряній суміші. Робоча суміш вважається ідеальною (стехіометричною), якщо містить точну кількість повітря, скільки необхідно для повного згорання пального. Наприклад, для бензину це співвідношення складає приблизно 14,7кг (маса повітря) до 1кг (маса палива).

У стехіометрії,  $\lambda$  визначається як відношення реальної кількості повітря до необхідної кількості повітря.

- $\lambda = 1$  вказує на стехіометричну (теоретично ідеальну) суміш;
- $> 1$  вказує на бідну суміш;
- $< 1$  вказує на багату суміш (зайвий бензин, недостатньо повітря для повного згорання палива).

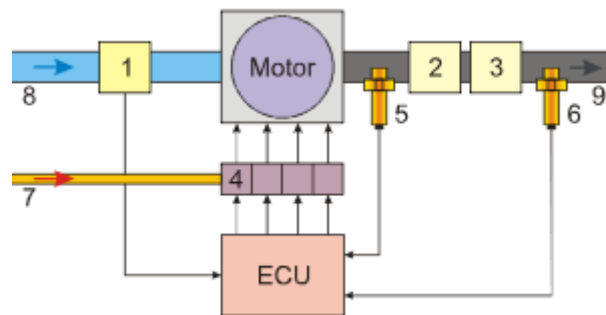
Оригінальні "лямбда-зонди" були резистивними, що означало зміну свого опору, залежно від вмісту кисню у відпрацьованих газах. Сучасні давачі працюють, як порогові елементи.

Для ефективного спалювання оксидів вуглецю і оксидів азоту на каталізаторі необхідна певна кількість кисню у відпрацьованих газах. Контролює даний процес додатковий давач, що розташований поза каталізатором, рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд давача кисню.

Робота лямбда-зонда ґрунтується за принципом, сформульованому вченим Вальтером Нернстом (рівняння Нернста). Лямбда-зонд, також відомий як гальванічний елемент, виготовлений із керамічного матеріалу - діоксиду цирконію ( $ZrO_2$ ). Кераміка, збагачена оксидом ітрію, а на її поверхню нанесені тонкі струмопровідні пористі електроди з платини. Конструкція зонда, була розроблена на початку 60-х років ХХ століття в компанії Robert Bosch під керівництвом вченого Гюнтера Баумана (нім. Günter Bauman). Сенсор розміщується у випускній магістралі двигуна внутрішнього згоряння так, що одна сторона знаходиться в контактi з гарячими вихлопними газами, температура яких, може сягати до 300 °С, а інша - із повітрям навколишнього середовища [1], рис.1.2.



1 - давач кількості повітря; 2 і 3 – каталізатори; 4 – паливні форсунки пального; 5 - лямбда-зонд перед каталізатором (для регулювання); 6 - лямбда-зонд після каталізатора (для контролю); 7 - паливо, 8 - подача повітря; 9 - відпрацьовані гази, ЕБУ - електронний блок управління

Рисунок 1.2 – Схема розміщення лямбда-зондів у системі випуску двигунів

При підвищенні температури понад 300°С, керамічний матеріал із діоксиду цирконію пройде процес розжарювання, перетворившись у твердий електроліт з іонною провідністю. Зонди можуть бути обладнані підігрівачем, для забезпечення відповідної температури. Тонкі шари платини, розташовані на їх поверхні, виконують роль електродів, електричний потенціал яких,

залежить від концентрації кисню у газах, що знаходяться в контакті з ними. У випадку значної різниці в концентрації кисню з обох сторін, давач генерує електрорушійну силу до 1 В.

Напруга, що створюється сенсором, подається до контролера, інформуючи про склад паливо-повітряної суміші. Цей модуль утримує оптимальний склад суміші, щоб при певних умовах навантаження двигуна, виду палива та погодніх умов, забезпечити максимально ефективну роботу двигуна та зменшити викиди монооксиду вуглецю (чадного газу) до мінімуму [9].

### 1.3.1 Особливості конструкції та принцип роботи двоточкового датчика

Підтримування стабільного температурного режиму, під час холостого ходу двигуна, особливо при низькій температурі відпрацьованих газів та скорочення часу прогрівання при запуску холодного двигуна, чутливі елементи давачів, в основному включають вбудований нагрівач. Свідченням цього, є наявність більше двох контактів і трошки інша конструкція від попередників. Давачі кисню з елементом підігріву (Heater Oxygen Sensors), вступають в робочий режим за кілька секунд, що сприяє зменшенню споживання палива, зниження рівня викидів шкідливих речовин та продовження терміну служби каталітичного нейтралізатора. На рис. 1.3, зображено схему типового двоточкового давача кисню [8].

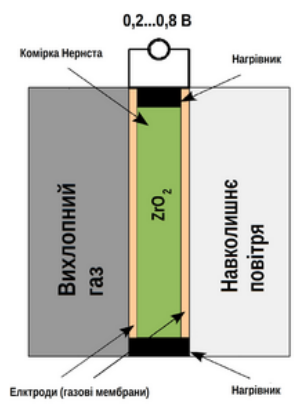


Рисунок 1.3 - Схема двоточкового давача кисню

У 1992 році компанією NTK Technologies був представлений багатосмуговий лямбда-зонд, виготовлений на основі діоксиду цирконію і відомий під назвою "wideband zirconia sensor". Цей зонд широко застосовується в системах управління автомобільними двигунами, щоб відповідати сучасним вимогам на підвищення ефективності пального споживання, зменшення викидів та одночасного підвищення коефіцієнта корисної дії двигуна, рис. 1.4 [24].

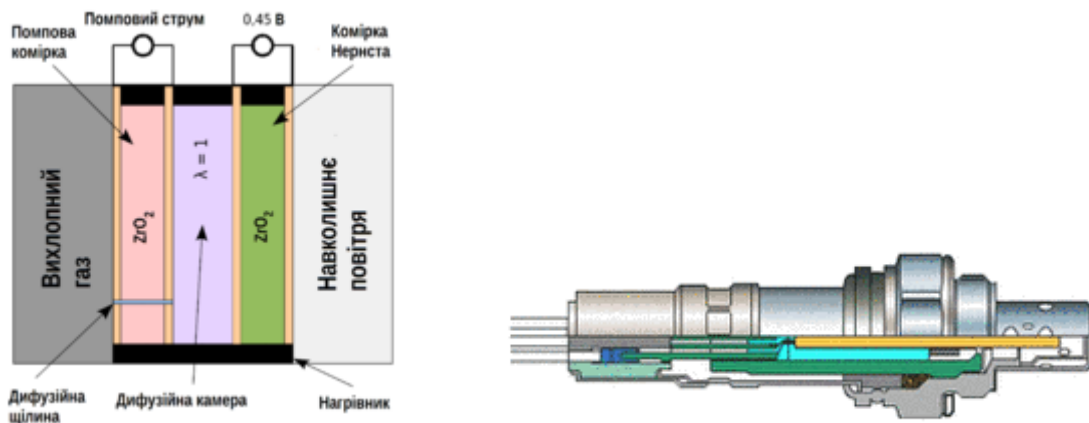


Рисунок 1.4 – Схема і загальний вигляд багатосмугового датчика кисню

Різниця широкосмугового зонда у порівнянні зі стандартним  $\lambda$ -зондом полягає в наявності двох цирконієвих камер: сенсорної (камери Нерста) та так званої помпової камери. Ці камери розділені дифузійною камерою шириною від 0,01 до 0,05 мм. Газовий склад у дифузійній камері завжди відповідає  $\lambda = 1$ , що для сенсорної камери вказує на напругу у 0,45 В. Склад газу в зазорі, разом із напругою датчика, підтримується за допомогою зміни напруги, яка подається до помпової камери. У випадку розрідженої суміші та напруги сенсора менше 0,45 В, камера виводить кисень з дифузійного простору. У разі багатого суміші та напруги, що перевищує 0,45 В, струм змінює свій напрям, і підкачувальна камера витискає кисень у дифузійний зазор.

Відповідно, напрямок та величина струму в підкачувальній камері служать індикатором вмісту кисню у випускних газах. При цьому



вбудований обігрівач підтримує температуру зони в діапазоні від 700 до 800 °С. Реальний склад паливної суміші визначається величиною прикладеної напруги. Відмінність даного давача від звичайного, полягає у тому, що напруга даного давача може бути як позитивною, так і від'ємною. Позитивна напруга - свідчить про збіднену суміш, в той час, як від'ємна напруга, вказує на збагачену суміш. Зазвичай, змінний діапазон напруги наближається приблизно до 1,5 В. В результаті чого, ЕБК регулює напругу в підкачувальній камері (для підтримання напруги на сенсорі, на рівні 0,45 В), що забезпечує можливість виявлення та реагування на зміну складу паливної суміші в діапазоні від 12:1 до 22:1.

Зазвичай, широкосмуговий давач має три елементи: іонно-киснева підкачувальна камера; вузькосмугова сенсорна камера; нагрівний елемент. Відповідно шість контактних виводи: резистивний нагрівний елемент (два контакти); сенсор; підкачувальна камера; калібрувальний резистор; корпус.

У табл. 1.1, занесено сила струму широкосмугового давача, відповідно коефіцієнта надлишку повітря  $\lambda$ .

Таблиця 1.1 – Вихідні значення широкосмугового давача, залежновід  $\lambda$

$I_{в.с}$	-5,000	-4,000	-3,000	-2,000	-1,000	-0,000	0,000	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	4,000
$\lambda$	0,673	0,704	0,753	0,818	0,900	0,948	1,000	1,118	1,266	1,456	1,709	2,063	2,592	5,211

Для ефективної роботи каталітичного нейтралізатора, транспортні засоби повинні мати щонайменше один лямбда-зонд. Він регулює оптимальне співвідношення повітря та палива у робочій суміші. Лише при ідеальному співвідношенні, відомому як "стехіометричний елемент", каталітичний нейтралізатор здатен перетворити практично всі небажані отруйні речовини.



що вплив сенсора кисню на робочі параметри двигуна внутрішнього згоряння розкрито не у достатній мірі. Це стосується роботи сенсора, за умов, коли у інжекторного двигуна із деякою періодичністю, не якісно працює система живлення.

Тому, наші подальші дослідження, будуть стосуватися взаємозв'язку сенсора кисню із іншими системами двигуна (особливо в період їхньої частково-неякісної роботи).

## 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Дослідження теплового балансу двигуна за неякісної роботи сенсора кисню

Якість підготовки та спалювання робочої суміші в камерах згоряння залежить від правильної та вчасної зміни робочих процесів. Оптимальний момент впорскування палива та відкриття клапанів впуску і виведення відпрацьованих газів, впливає на якість спалювання.

Система контролю індукції повітря в інжекторних двигунах, включає в себе різноманітні компоненти та функції, які спрямовані на оптимізацію впуску повітря та для забезпечення ефективного згоряння паливно-повітряної суміші. До основного аспекту системи контролю кількості повітря, відноситься – дросельна заслінка, що є елементом його дросилування (за рахунок зміни свого положення). Це дозволяє контролювати об'єм повітря, яке втягується в двигун, і відповідно впливає на ступінь завантаження двигуна.

Відповідно, інтегруючим засобом контролю всіх систем і механізмів двигуна, є сенсор повітря із зворотнім зв'язком. Даний електронний елемент оптимізує роботу інжекторного двигуна, що зумовлює його економічну і якісну експлуатацію. У випадку некоректної роботи (зумовленої нестабільною дією системи запалювання), ЕБУ двигуна, переходить у аварійний режим роботи.

Тому, за допомогою методики розрахунку теплового балансу інжекторного двигуна, ми отримаємо втрати ефективної (корисної) теплоти  $Q_e$ , під час роботи двигуна у аварійному режимі.

Для цього, нам слід визначити, загальну кількість теплоти  $Q$ , після спалювання робочої суміші [10].

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

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

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

Годинна витрата палива отримується, як добуток ефективної потужності  $N_e$ , і питомої витрати палива  $g$

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

А теплота газів  $Q_e$ , отримується за:

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

Теплоту  $g_e$ , як корисну роботу, визначимо

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

Теплота  $Q_B$ , що витрачається у навколишнє середовище, розрахуємо за відомою формулою:

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

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

$i$  – кількість циліндрів;

$D$  – діаметр циліндра, мм;

$n$  – оберти колінчастого валу, об/хв;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплота  $g_B$ , що втрачається з системою охолодження, визначиться наступним чином:

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

Теплота  $Q_T$ , що виводиться із системою випуску.

$$Q_T = C_p \cdot (T_T - T_{o.c.}) \cdot (G_{\text{пов.}} - G_{\Pi}), \text{ кДж/год} \quad (2.7)$$

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

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

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

Кількість повітря  $G_{\text{пов.}}$ , що поступає у робочі циліндри інжекторного двигуна, визначиться за виразом:

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

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

Частку теплоти  $q_{\text{r}}$ , у відпрацьованих газах, отримаємо:

$$q_{\text{r}} = \frac{Q_{\text{r}}}{Q} \cdot 100, \% \quad (2.9)$$

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

$$Q_{\text{ін.в}} = Q - (Q_{\text{е}} + Q_{\text{r}} + Q_{\text{в}}) \quad (2.10)$$

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

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

Дана методика розрахунку теплового балансу дала можливість розрахувати кількість виділеного тепла, після згоряння робочої суміші, яку система «Motronic» приготувала в камерах згоряння двигуна у тих випадках, коли моменти подачі палива, виявляться не належним чином налаштовані.

## 2.2 Розрахунок стану паливо повітряного заряду від впливу сенсора кисню на ЕБК

Значення  $\lambda$ , що визначається за допомогою газоаналіза, являє собою не реальний, а розрахунковий коефіцієнт. Він обчислюється процесором приладу, виходячи з кількості різних компонентів у складі відпрацьованих газів.

Розрахунок проводився за формулою Бретшнайдера [6].

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

де  $H_N$  - Концентрація відповідного газу, %;

$k_1$  – коефіцієнт перетворення одиниць виміру;

$HC_v$  – поправочний коефіцієнт водню, що у паливі;

$O_{cv}$  - поправочний коефіцієнт для кисню, що знаходиться в паливі.

За наявності каталітичного нейтралізатора формула перетворюється на вигляд:

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

Розрахункове значення  $\lambda$  відповідатиме реальному значенню тільки у випадку, якщо випускний тракт двигуна повністю герметичний, а вимірювальні елементи газоаналізатора відкалібровані. У тому випадку, якщо випускний тракт негерметичний (є підсмоктувачі атмосферного повітря), то розрахункове значення  $\lambda$  може виявитися невірним. Для встановлення експериментального дослідження використано комплекс діагностичних засобів, що включає чотирикомпонентний газоаналізатор і мотортестер.

Для встановлення розрахункового значення концентрації кисню використовуються, як значення газоаналізатора, так і дані мотортестера. Результати занесено до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Кількість викидів шкідливих речовин, відносно коефіцієнта надлишку повітря робочої суміші

Технічний стан електронних елементів двигуна	Параметри відпрацьованих газів				
	CO, %	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> , %	O <sub>2</sub> , %	$\lambda$
1	2	3	4	5	6
Суміш, наближена до стехометричної (без каталізатора)	0,54	252	14,12	1,09	1,027
Негерметичність випускної системи	0,60	256	13,45	1,26	1,036
Несправні свічки запалювання	0,34	384	12,86	2,02	1,085
Суміш, наближена до стехометричної (з каталізатором)	0	20	15,76	0,14	1,005
Несправна паливна форсунка	0,09	240	8,20	8,55	1,733

В результаті досліджень, одержано залежність концентрації кисню від вихідної напруги датчика кисню ДК<sub>2</sub>, розташованого після нейтралізатора, рис. 2.1

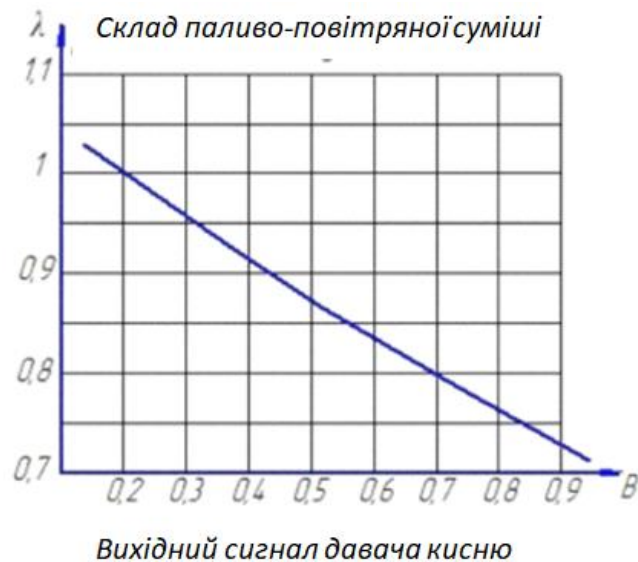


Рисунок 2.1 – Графік залежності між вихідними сигналами датчика кисню після нейтралізатора та коефіцієнтом надлишку повітря λ

Розрахунок різниці показань  $\Delta_1$  концентрації кисню здійснюється за формулою:

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

де - розрахункове значення концентрації кисню, отримане газоаналізатором;  
 $\lambda_{\text{дк2}}$  – розрахункове значення концентрації кисню, одержане мотор тестером.

Для дослідження зв'язку між концентрацією кисню та технічним станом регулюють датчик кисню перед каталізатором ((ДК<sub>1</sub>), необхідно вирахувати показники мотортестера), а також дані про стан датчика кисню ДК<sub>2</sub>.

Для визначення різниці між показаннями регулювання зміни датчик кисню ДК<sub>1</sub> та діагностичного датчика кисню ДК<sub>2</sub>, необхідно знайти середню



напругу регулювання давача за графіком зміни напруги ДК<sub>1</sub> та давача напруги за графіком зміни напруги ДК<sub>2</sub>.

Розрахунок середньої напруги ДК<sub>1</sub> виконується за наступною формулою:

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

де  $U_{\text{max}}$  - максимальна напруга ДК<sub>1</sub>, В;

$U_{\text{min}}$  - мінімальна напруга ДК<sub>1</sub>, В.

Розрахунок різниці показань ДК<sub>1</sub> та ДК<sub>2</sub> проводиться за виразом

$$\Delta_2 = U_{\text{сер}} - U_{\text{ДК2}} \quad (2.16)$$

де  $U_{\text{сер}}$  - середня напруга датчика ДК<sub>1</sub>, В;

$U_{\text{ДК2}}$  - напруга датчика ДК<sub>2</sub>, В

Також важливо відзначити, що повнота згоряння робочої суміші залежить від поперечного перерізу самої впускної магістралі. Тому, для забезпечення нормальної роботи двигуна у всіх його режимах (відповідно до коректних значень сенсора кисню), у впускній магістралі встановлені регулюючі заслінки.

## Висновки до розділу 2

За методикою розрахунку теплового балансу двигуна з електронним управлінням, отримуємо диференціальні значення теплот, що вивільнюються після згоряння паливно-повітряної суміші у камерах згоряння двигуна. Відповідно, є можливість провести порівняльну оцінку кількості виділеної ефективної теплоти  $Q_e$  (за коректно і некоректно працюючого сенсора кисню, в наслідок чого, бензиновий двигун переходить у аварійний режим роботи).

Представлено методику дослідження впливу сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, на формування паливо-повітряного заряду у камерах стиску циліндрів двигуна, що відповідно відображає його економічність.

### **3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **3.1 Фактори, що впливають на некоректну роботу лямбда-зонда**

Несправність давача кисню може виникнути з різних причин, що в своєму часі призводить до нестабільної роботи двигуна та збільшеної витрати палива.

На функціонування давача, можуть впливати різні негативні фактори, а саме:

- Механічні пошкодження, що можуть призвести до розгерметизації корпусу.
- Висока температура, що може спричинити порушення роботи системи подачі коректних сигналів від сенсора кисню до ЕБК.
- Довготрива експлуатація або велика кількість годин роботи двигуна.
- Блокування робочої поверхні давача продуктами згоряння, що часто відбувається при використанні низькоякісного палива.
- Проблема з електропровідниками.
- Механічна деформація корпусу давача або його падіння.

##### **3.1.1 Етапи виходу із ладу лямбда-зонда**

Нестабільну роботу лямбда-зонда, інформує поява на панелі приладів індикаторна лампа «Check». Це може проявитися, лише при високих обертах колінчастого валу або за значного навантаження на ДВЗ. Однак з часом, коли електромеханічні властивості погіршуються, нестабільна робота може виявлятися й на холостих обертах, спадаючи до 300-600 обертів від стабільних значень.

Також, несправність може проявитись, при роботі холодного двигуна. Коли двигун розігрітий, все може функціонувати нормально, але при

холодному стані виникають проблеми, схожі на несправність паливної системи. Ігнорування цих ознак, може призвести до повного виходу давача кисню, що викличе збільшення споживання палива на 10-15% та кількість викидів шкідливих речовин у атмосферу. На сучасних автомобілях, це може призвести до блокування можливості подальшого руху та переходу автомобіля в аварійний режим роботи.

Основна маса кисневих давачів не підлягає відновленню, за винятком забруднень від неякісного палива. У випадку, коли лямбда-зонд демонструє несправність, необхідно провести діагностику та вчасно піддати його заміні. Його заміна, працює не тільки на екологічні аспекти, але й сприяє подовженню терміну служби двигуна, підвищуючи його стабільність.

На рис. 3.1, зображено різновиди сенсорів кисню



Рисунок 3.1 – Різновиди сенсорів кисню

На сучасних автомобілях вже використовується система багатоканального вимірювання, яка оперує двома лямбда-зондами та забезпечує точне вимірювання у відсотковому співвідношенні. Ці покращені показники мають значний вплив на роботу двигуна, тобто забезпечується: стійка робота двигуна, зменшення холостих обертів, повнота згорання палива та його економія, що веде до зменшення кількості викидів отруйних речовин. Що стосується енергетики, то кисневий давач реагує на вміст кисню, змінюючи свій опір. Електронний блок управління, вимірюючи опір,

здійснює корекцію відповідності паливно-повітряної суміші що до кількості подачі палива у камери стиску.

### **3.2 Вплив несправної роботи двох сенсорів кисню на робочі параметри двигуна**

Використання автоматичного регулювання подачі палива та запалювання робочої суміші в двигунах, забезпечує їх ефективну та економічну роботу. Левова частка сучасних автомобілів, оснащені системами електронного управління та давачами кількості кисню для корекції подачі палива.

Інформація, що надходить від давача, використовується електронним блоком управління для регулювання обсягу поданого пального. Давач активно використовується в цих системах із каталітичним нейтралізатором: для стандартів токсичності Євро 2 - один давач, для Євро 3 - два давачі (перед каталізатором і після нього).

Давач кисню, встановлений після нейтралізатора, виступає як діагностичний і аналізує ефективну роботу нейтралізатора. У випадку її пошкодження, вносить додаткові корекції в систему подачі палива.

Надійна робота давача кисню, включає в себе вчасне виявлення й усунення його несправностей. Таким чином, головне призначення нашого дослідження є застосування ефективної методики діагностики давача кисню. За експлуатаційними спостереженнями встановлено, що ресурс роботи давача становить приблизно 60 – 80 тисяч кілометрів пробігу сучасного автомобіля.

Причинами передчасного виходу з ладу давача кисню можуть бути:

- Поява дефектів, може бути наслідком неправильної експлуатації, такої, як використання етилового бензину або непридатної марки палива, кілька неуспішних спроб запуску холодного двигуна із значним інтервалом,

утворенням будь-яких експлуатаційних рідин на керамічному наконечнику давача, обрив, неякісний контакт або замикання на «масу» вихідного сигналу давача, нещільність випускної системи.

- Погане обслуговування, при якому використовувалися неякісні герметики під час встановлення давача, некоректно встановлений кут випередження запалювання, або проводилась перевірка циліндрів двигуна на предмет якій роботи свічок запалювання.

У результаті впливу вищезазначених факторів, відбувається більша відчутність давача. Це є початковим етапом підвищення його характеристики, що призводить до затримки подачі електричного сигналу зворотного зв'язку, для забезпечення оптимального складу робочої суміші. У табл. 3.1, представлені результати досліджень взаємозв'язків між давачами кисню системи та вихідними параметрами двигуна.

Таблиця 3.1 - Результати взаємозв'язків між неякісно працюючими давачами концентрації кисню та експлуатаційними показниками бензинового двигуна

Показники	Нормативні значення	Значення за несправних давачів	
		ДК <sub>1</sub>	ДК <sub>2</sub>
Потужність, кВт	98	87	92
Розхід палива, л/100км	8,8	12,6	10,4
Коеф. надл. пов. $\lambda$	1	0,85	1,085

Для давача, розташованого перед каталізатором, із застосуванням значення ДК<sub>1</sub>, у той час, як ДК<sub>2</sub> вказує на давач, який розташований після каталізатора. Методи діагностики давача кисню, відрізняються за фізичною суттю та методами вимірювання діагностичних параметрів, які є найбільш відповідними в конкретних умовах експлуатації. Існуючий підхід до діагностики давача кисню - це зчитування кодів несправностей. Якщо не виявлено жодних кодів несправностей, це ознака справності давача. Деякі

системи самодіагностики можуть визначити тільки критичні стани, такі, як обрив чи замикання сигнального проводу або нагрівального елемента. Вони не можуть адекватно застосувати зниження чутливості давача (генерації певної вихідної напруги). Наявність коду несправності є необхідною, але недостатньою умовою для прийняття рішення про заміну давача. Наприклад, обрив електропроводника або його замикання, може призвести до несправності коду активації. Перевірка вихідної напруги за допомогою осцилографа, тестера або сканера, є необхідна при підключенні до сигнального проводу давача за працюючого і прогрітого двигуна.

Вихідний сигнал давача, повинен постійно підвищуватися від високого до низького рівня, при справній системі та стабільних обертах прогрітого двигуна. Ця зміна напруги служить ознакою того, що електронний блок управління, переходить у режим замкнутого зворотного зв'язку з напругою кисневого сенсора, постійно відслідковуючи та коригуючи склад паливно-повітряної суміші. В основному, вихідна напруга змінюється в межах від 0,1 до 0,9.

### **3.3 Методика, обладнання та результати досліджень**

Для дослідження впливу сенсора кисню на робочі характеристики сучасного інжекторного двигуна не можливо провести, якщо не використати сучасне комп'ютерне діагностичне обладнання.

Нами прийнято рішення, провести дослідження взаємозв'язку вище згаданого давача із робочими виконавчими електронними системами сучасного автомобіля, використовуючи при цьому віртуальний симулятор з навчального продукту «Electude», що майже 90% відображає роботу всіх систем і механізмів сучасного двигуна з електронним керуванням. Даний продукт дає можливість, значно зекономити кошти на пальне та прибрати

можливі неполадки механізмів, що можуть виникнути під час проведення експериментальних робіт.

Слід зазначити, що для отримання впливу сенсора кисню на робочі параметри бензинового двигуна нам слід провести прогрівання двигуна до робочої температури (коли почне працювати лямда-зонд), рис. 3.2.

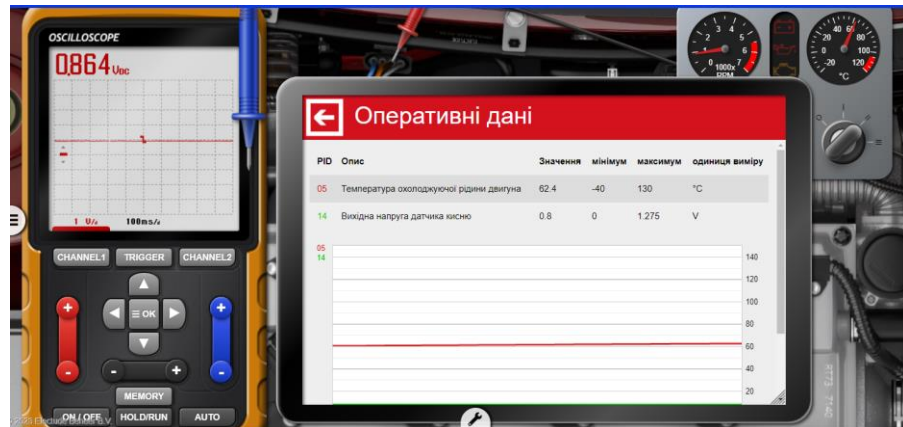


Рисунок 3.2 – Період прогріву сучасного інжекторного двигуна.

У нашому випадку, для даного двигуна, сенсор кисню прогривається і видає вихідний сигнал 0,8 В (відображеного на дисплеї осцилографу і діагностичному сканері). Даний сигнал інформує електронний блок управління про збіднену робочу суміш у циліндрах двигуна, заставляючи його, підвищувати час відкриття електромагнітних клапанів у паливних форсунках, збагатшуючи суміш.

Відповідно у подальшому, спостерігаємо при якій температурі увімкнеться у роботу сенсор кисню, рис.3.3.



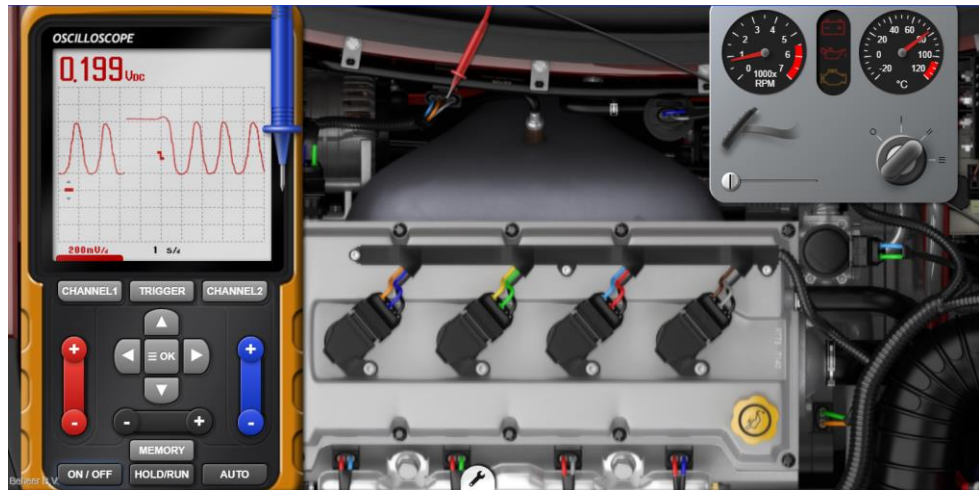


Рисунок 3.3 – Початок вмикання сенсора кисню для двигуна з «СОР» системою запалювання.

За даними осцилографу, сенсор кисню увімкнувся за температури 76°C.

Для подальшого спостереження, дусліджуємо тривалість відкриття електромагнітних клапанів паливних форсунок, період прогріву двигуна та вихідне значення за непрацюючого сенсора кисню, рис. 3.4.

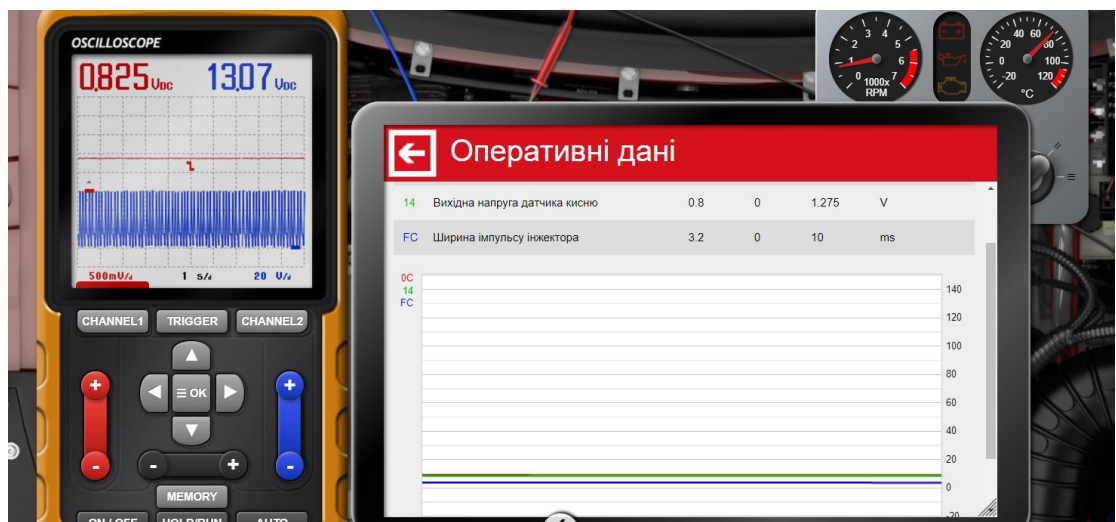


Рисунок 3.4 – Тривалість відкриття електромагнітних форсунок за непрацюючого сенсора кисню.

Значення, які ми спостерігаємо на дисплеї електронного тестера і моніторі компютера є наступними (за непрацюючого сенсора кисню):

Напруга на паливних форсунках – 13,07 В;

Ширина імпульсу (тривалість відкриття електромагнітних клапанів)  
паливних форсунок – 0,0032 с;

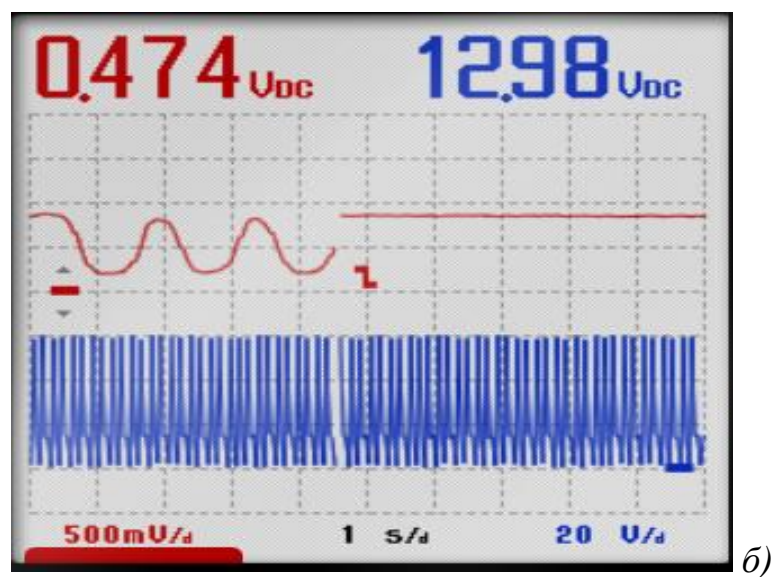
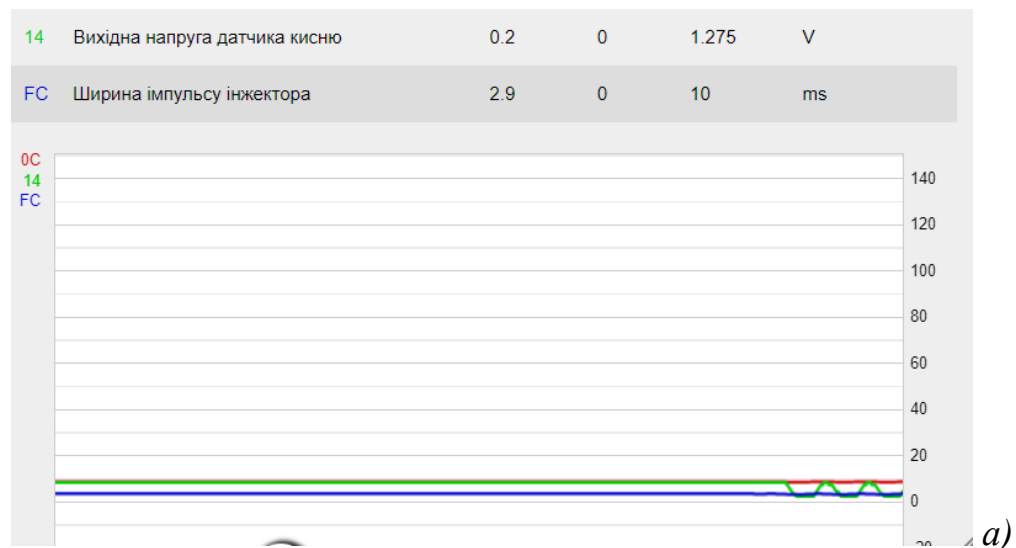
Вихідна напруга сенсора кисню – 0,8 В.

А за працюючого сенсора кисню, (рис.3.5):

Напруга на паливних форсунках – 12,08 В;

Ширина імпульсу (тривалість відкриття електромагнітних клапанів)  
паливних форсунок – 0,0029 с;

Вихідна напруга сенсора кисню – від 0,2 В до 0,8 В.



a) вихідні сигнали від сканера;

б) вихідні електричні імпульси на дисплеї електронного тестера  
 Рисунок 3.5 – Вплив увімкненого сенсора кисню на ширину імпульсу паливної форсунки (на холостому ході двигуна)

Слідуючий етап наших спостережень полягає удослідженні сенсора кисню, коли некоректно чи повністю вимкнена хоча б одна електромагнітна форсунка.

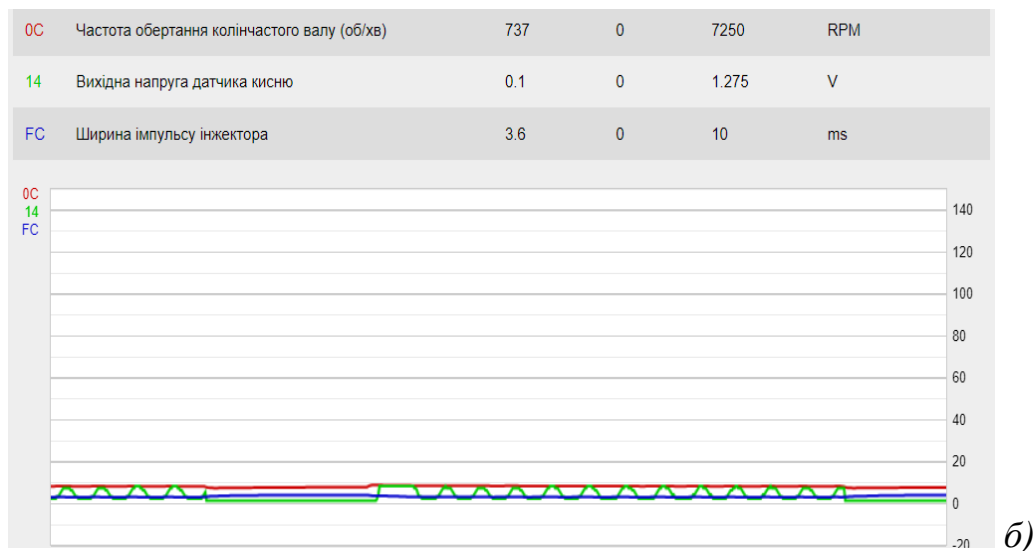
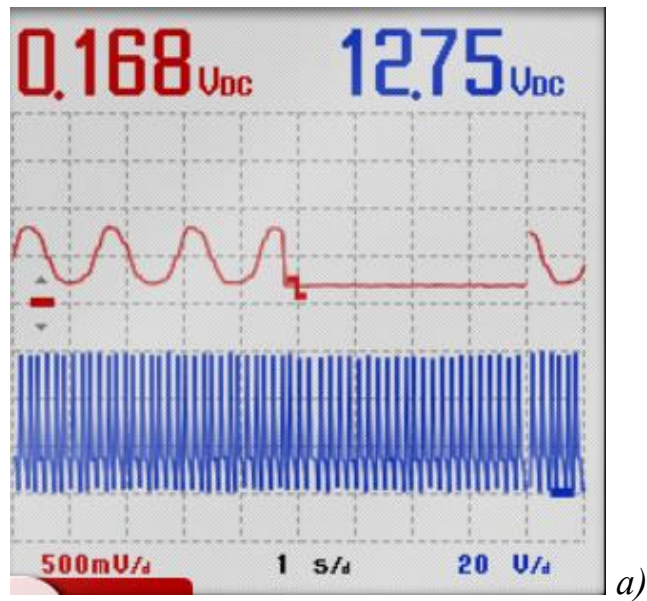


Рисунок 3.6 – Вихідні сигнали сенсора кисню за непрацюючої паливної форсунки

Аналізуючи покази електронного тестера і сканера, можна стверджувати наступне, що:

- Оберти колінчастого валу двигуна падають до нестабільних - 737 об/хв;
- Вихідна напруга встановилася на значенні 0,1 (що інформує ЕБУ прозбіднену робочу суміш);
- Ширина імпульсу паливних форсунок збільшилась до 0,0036 с. (про необхідність збільшення подачі палива у циліндри двигуна), рис. 3.7.

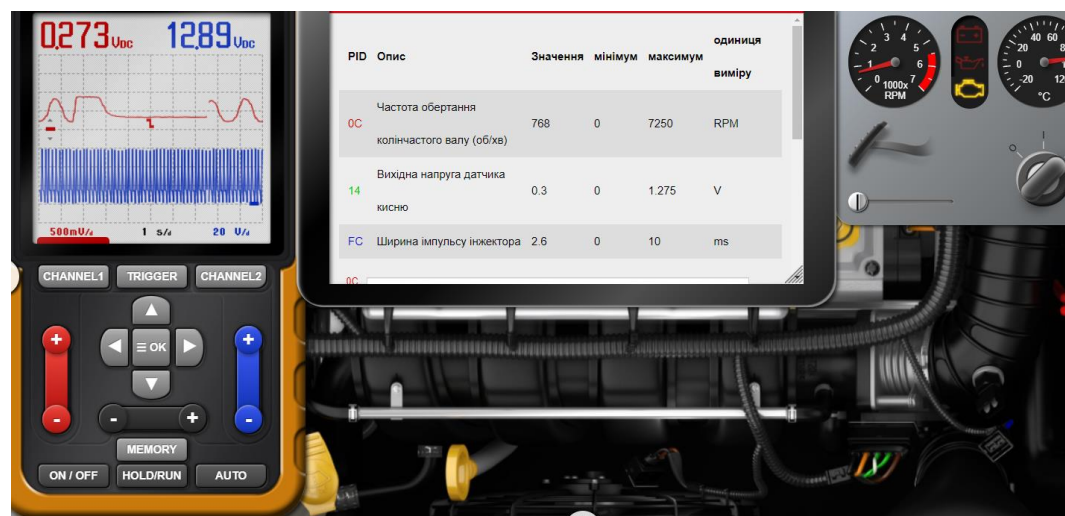


Рисунок 3.7 – Робота сенсора кисню, за непрацюючого давача температури впускного повітря.

На слідуючому етапі, проводимо симуляцію відмикання електронного модуля дросельної заслінки, та спостерігаємо вибрані нами досліджувані параметри двигуна, рис. 3.8.

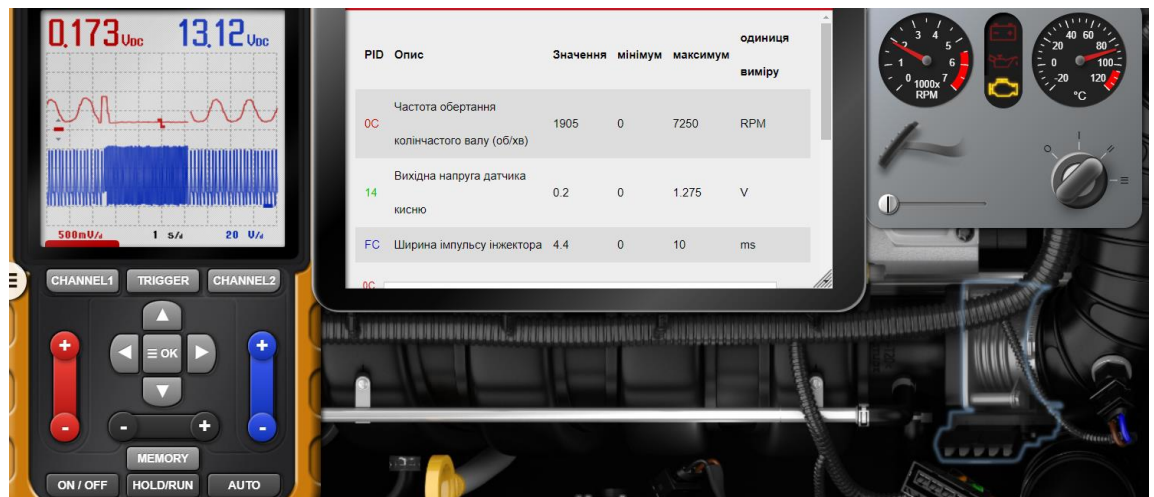


Рисунок 3.8 – Значення вихідних сигналів сенсора кисню, за некоректно працюючого модуля дросельної заслінки

Осцилограма інформує про суттєвий спад вихідних імпульсів сенсора кисню до 0,17 В та стабільній подачі напруги до нагрівача – 13.2 В.

За показами сканера, нами отримано:

- Частота обертання колінчастого валу підвищилась до 1905 об/хв. (на холостому ході);
- Вихідна напруга датчика кисню стабілізуалася на значенні 0,2 В (однакова, як за показами осцилографа);
- Ширина імпульсу інжектора збільшилася до 0,0044 с.(що інформує підвищену подачу палива ЕБК).

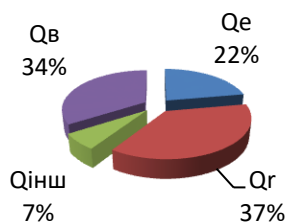
Провівши аналіз наших спотережень, стосовно зворотнього впливу сенсора кисню на електронний блок керування двигуном, можна однозначно здверджувати, що вище зазначений датчик, суттєво оптимізує роботу ДВЗ та зменшує викиди отруйних речовин у навколишнє середовище.

### **3.5 Результати теплового балансу інжекторного двигуна, за некоректно працюючого сенсора кисню**

Згідно методики теплового балансу для інжекторного двигуна з точковою подачею палива, було проведено розрахунок, враховуючи некоректно працюючий сенсор кисню (при якому електронний блок почергово переходить на аварійний режим роботи).

На основі методики розрахунку (див. розд. 2), нами побудовані діаграми, що представлені на рис. 3.9.

#### За некоректно працюючого сенсора кисню



#### За коректно працюючого сенсора кисню

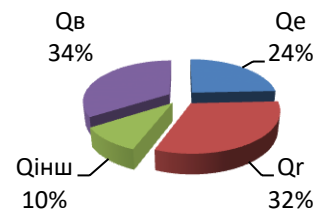


Рисунок 3.9 – Порівняльний тепловий баланс бензинового двигуна.

Провівши аналіз діаграм теплового балансу інжекторного двигуна, можна стверджувати наступне, що за некоректної роботи сенсора кисню, ефективна теплота досягає - 22%, а за коректної - 24%. Відповідно і вища економічність роботи двигуна.

### Висновки до розділу 3

Згідно розрахованого теплового балансу, втрати теплоти  $Q_e$  склали 2,0% від роботи інжекторного двигуна за невідповідних електричних імпульсів сенсора кисню, що сприймалися електронним блоком керування на встановлення збільшеної подачі палива електромагнітними форсунками.

За допомогою віртуального середовища "Electude", встановлено вплив сенсора кисню на робочі параметри сучасного бензинового двигуна з точковою подачею палива:

- у режимі прогрівання двигуна, вихідний сигнал сенсора кисню стабілізувався на значенні 0,8 В;

- момент вмикання сенсора кисню (для двигуна з «СОР» системою запалювання) відбувся за температури  $76^{\circ}\text{C}$ ;
- у випадку неякісної роботи сенсора кисню, ширина імпульсу електромагнітних паливних форсунок підвищується до 0,0032 сек., відносно 0,0029сек.;
- - погана робота паливної форсунки, сприяє стабілізації вихідного електричного сигналу лямда-зонда на значенні 0,1 В;
- - за неякісної роботи давача температури впускного повітря, вихідне значення сенсора кисню стабілізується на значенні 0,3 В;
- - некоректно працюючий модуль дросельної заслінки, сприяє стабілізації вихідного сигналу лямда-зонда на позначці 0,2 В та підвищенню ширини імпульсу паливних форсунок до 0,0044 сек.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз виникнення небезпечних ситуацій

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:

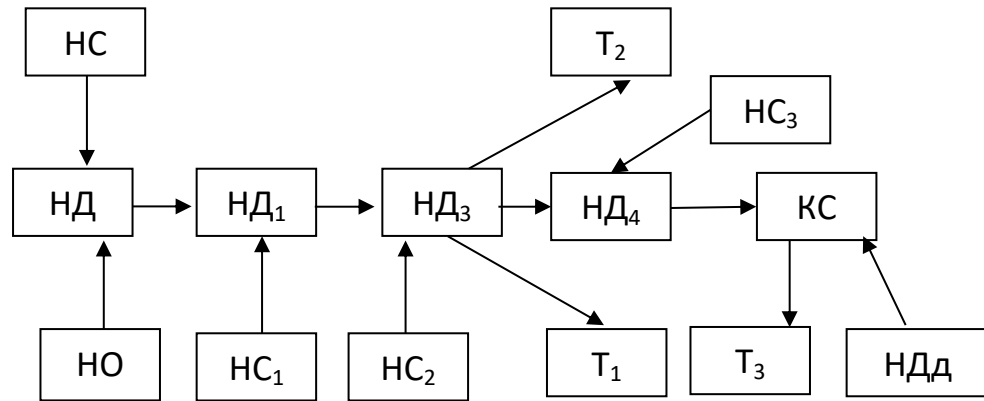
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого 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 травмонезбезпечної 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; NO<sub>1</sub> – наявність незначного схилу; HD<sub>1</sub> – зняття заглушки із роз'єму; HC<sub>1</sub> – можливе побиття кінцівок рук; HD<sub>3</sub> – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз'єм; HC<sub>2</sub> – можливе падіння капота та побиття кісті рук; T<sub>1</sub> – травма пальців; T<sub>2</sub> – побиття ліктів рук; HD<sub>4</sub> – фіксація регулювальної шторки; HC<sub>3</sub> – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; T<sub>3</sub> – 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 Пожежна безпека

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

Вони монтуються на відстані не менше як на 15 см і не більше 2 м вище підтримуючого стояка. Заземлення виконують із кутової сталі на

відстані 1 м від фундаменту будівлі. Опір розтікання заземлення не повинен перевищувати 10 Ом.

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

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

Радіус захисту  $r_x$  подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 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.

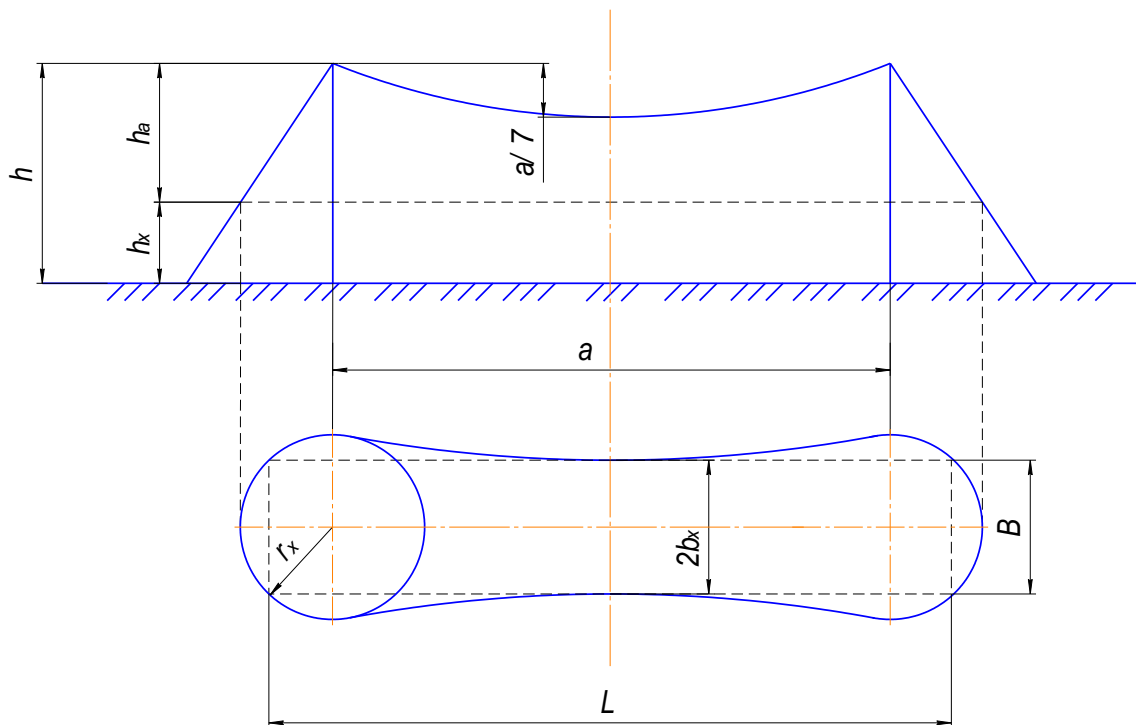


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування  
автомобілів

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 під час комп'ютерної діагностики автомобіля**

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 непрямой 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 водним 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 невиправдану 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

автомоторних палив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина так званих етилованих (тобто утримуючих свинець, бензину). Формулювання " значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафторосподільному секторі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

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

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

Практика виробничо-дослідного господарства переконливо показує, що проблема боротьби з ерозією ґрунтів має розвиватись на основі планового проведення комплексу протиерозійних заходів. Найбільш поширеними заходами є організаційно-господарські, протиерозійні, агротехнічні, агролісомеліораційні та гідротехнічні. Вони передбачають безпечне в ерозійному відношенні сільськогосподарське використання земель і найбільш ефективно використання різних способів і методів боротьби з ерозією. Боротьба з водною ерозією ведеться різними способами, а саме проводиться ґрунтозахисна сівозмінна. 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 згорання. Щоб уникнути таких негативних явищ, слід відпрацьовані оливи збирати в ємність для подальшої переробки, а зношені шини відправляти на утилізацію у відповідні спеціалізовані підприємства.

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

Спалюючи велику кількість палива, автомобільна техніка викидає у повітря значну кількість шкідливих речовин, що спричиняють значне забруднення атмосфери. Тому, правильне зберігання і використання нафтопродуктів - один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Для запобігання підтікання паливо - мастильних матеріалів з автомобільних засобів, на у автомобільних підприємствах проводиться контроль стосовно періодичних технічних обслуговувань або усунення несправностей окремих вузлів.

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

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з 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**

Для забезпечення безпеки під час технічної та комп'ютерної діагностики автомобіля, розроблено наступні заходи:

- перевірка системи вентиляції та видалення шкідливих речовин, які можуть виділятися під час діагностики
- методика проведення навчання персоналу з правил безпеки під час діагностики автомобіля;
- методика проведення перевірки та обслуговування обладнання, що використовується під час діагностики автомобіля, щоб уникнути можливих несправностей або аварій.

Змодельовані можливі події, що можуть вплинути на безпеку проведення комп'ютерної і дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

Проведено розрахунок пожежної безпеки будівлі, де відбуваються діагностичні і відновлювальні роботи автомобілів. Внутрішня захисна зона громовідвом для будівель, де розміщені лабораторії, становить близько 27,43 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.

## 5.2 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:

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

де  $Z_n$  – витрати на пальне;

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

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

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

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

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

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

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

де,  $C_n^{\delta}$  – 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:

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

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

Отже:

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

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

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

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

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

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

- 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 ( $b = 0,01$  - коеф., що враховує простій автомобіля, тобто пробіг рівний близько 14850 км/рік):

- з справною

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

- за несправної

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

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

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

### **Висновки до розділу 5**

За некоректної роботи сенсора кисню, інжекторний двигун, що управляється електронним блоком керування може перейти у аварійний режим роботи. А це відповідно, економічні витрати та підвищені норми використання палива та відповідно збільшені викиди отруйних речовин у навколишнє середовище. Тому, через цей негативний процес, споживання палива зросло на 3,0 літра на кожні 100 кілометрів, а річні економічні збитки становлять приблизно 21,829,50 гривень на рік.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Техніко-економічне обґрунтування бібліографічних джерел доводить, що вплив сенсора кисню на робочі параметри двигуна внутрішнього згоряння розкрито не у достатній мірі. Це стосується роботи сенсора, за умов, коли у інжекторного двигуна із деякою періодичністю, не якісно працює система живлення.

За методикою розрахунку теплового балансу двигуна з електронним управлінням, отримуємо диференціальні значення теплот, що вивільнюються після згоряння паливно-повітряної суміші у камерах згоряння двигуна.

Представлено методику дослідження впливу сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, на формування паливо-повітряного заряду у камерах стиску циліндрів двигуна, що відповідно відображає його економічність.

Згідно розрахованого теплового балансу, втрати теплоти  $Q_e$  склали 2,0% від роботи інжекторного двигуна за невідповідних електричних імпульсів сенсора кисню, що сприймалися електронним блоком керування на встановлення збільшеної подачі палива електромагнітними форсунками.

За допомогою віртуального середовища "Electude", встановлено вплив сенсора кисню на робочі параметри сучасного бензинового двигуна з точковою подачею палива:

- у режимі прогрівання двигуна, вихідний сигнал сенсора кисню стабілізувався на значенні 0,8 В;
- момент вмикання сенсора кисню (для двигуна з «СОР» системою запалювання) відбувся за температури 76°C;
- у випадку неякісної роботи сенсора кисню, ширина імпульсу електромагнітних паливних форсунок підвищується до 0,0032 сек., відносно 0,0029сек.;



- погана робота паливної форсунки, сприяє стабілізації вихідного електричного сигналу лямда-зонда на значенні 0,1 В;
- за неякісної роботи давача температури впускного повітря, вихідне значення сенсора кисню стабілізується на значенні 0,3 В;
- некоректно працюючий модуль дросельної заслінки, сприяє стабілізації вихідного сигналу лямда-зонда на позначці 0,2 В та підвищення ширини імпульсу паливних форсунок до 0,0044 сек.

Створені моделі потенційних подій, які можуть впливати на безпеку проведення комп'ютерної та дистанційної діагностики сучасного автомобіля.

За некоректної роботи сенсора кисню, інжекторний двигун, що управляється електронним блоком керування може перейти у аварійний режим роботи. А це відповідно, економічні витрати та підвищені норми використання палива та відповідно збільшені викиди отруйних речовин у навколишнє середовище. Тому, через цей негативний процес, споживання палива зросло на 3,0 літра на кожні 100 кілометрів, а річні економічні збитки становлять приблизно 21,829,50 гривень на 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. 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 «ХПІ», 2004, 367 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

21. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Навчальний посібник К.: Арістей, 2007, 288 с.
22. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля. Наука і техніка, 2012, 392с.
23. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інші. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570) : метод. посіб. за ред. О.Ф. Дащенко: Наука і техніка, 2012, 186с.
24. Оборський Г.О., Максимов В.Г., Ніцевич О.Д. та інші. Засоби та методи діагностування систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування (базовий прилад - комплекс FSA-740) : метод. посіб., за ред. М.Б. Копитчука: Наука і техніка, 2012, 188с.
25. Максимов В.Г., Ніцевич О.Д., Дрома І.А. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем. Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип.3(42), с. 60-65.
26. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет. 2003, 250 с