

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження вихідних сигналів сенсора кисню, за  
різних швидкісних характеристик двигуна з точковою  
подачею палива»

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

(шифр і назва)

Дмитро БУВАНИК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 631.359.1: 89

Буваник Д. І. Дослідження вихідних сигналів сенсора кисню, за різних швидкісних характеристик двигуна з точковою подачею палива: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 59 с.

Табл. 2; рис. 15; бібліогр. джерел 25.

Представлено засоби і методику комп'ютерної діагностики автомобіля з електронним блоком управління, із застосуванням віртуального середовища "Electude".

Розраховано та представлено тепловий баланс бензинового двигуна, в умовах некоректної роботи датчика кисню, що спричиняє перехід електронного блоку управління в аварійний режим ДВЗ.

Досліджено та подано особливості впливу сенсора кисню на функціонування електронних виконавчих механізмів і систем бензинового двигуна за різних його швидкісних характеристик.

Розглянуто заходи безпеки, під час діагностики автомобіля, за різних режимів його роботи.

Розраховано зону захисту будівлі від природних негод, де знаходиться обладнання з комп'ютерної діагностики автомобілів.

Представлено експлуатаційні, річні втрати автомобіля, спричинені переходом двигуна в аварійний режим роботи.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	8
1.1 Особливості електронних систем керування автомобільними двигунами, за використання сенсорів із зворотнім зв'язком .....	8
1.1.1 Критерії оцінки технічного стану сенсора кисню.....	9
1.1.2 Особливості контролю інжекторних двигунів з електронним управлінням .....	11
1.2 Особливості електронних систем управління.....	13
1.3 Особливості роботи і конструкції сенсорів кисню.....	16
Висновки до розділу 1.....	19
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Дослідження теплового балансу інжекторного двигуна, за сталих режимів роботи сенсора кисню .....	20
2.2 Теоретичні дослідження сенсорів електронно-іонного виду в основі яких, знаходяться анодні плівки вентильних металів .....	22
Висновки до розділу 2.....	25
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	26
3.1 Особливості впливу факторів на роботу сенсора кисню.....	26
3.2 Особливості використання датчиків кисню.....	27
3.3 Конструктивно-технологічні особливості широкосмугового датчика кисню.....	30
3.4 Методика та результати діагностичних спостережень сенсора кисню, за різних швидкісних характеристик інжекторного двигуна.....	35
3.5 Результати теплового балансу .....	37
Висновки до розділу 3.....	38
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	39

4.1 Існуючі небезпечні ситуації на підприємствах.....	39
4.2 Пожежна безпека. ....	41
4.3 Охорона праці .....	44
4.4 Організаційно-технічні рекомендації .....	45
Висновки до розділу 4.....	49
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
5.1 Економічні витрати.....	50
5.2 Вплив сенсора кисню на економічні показники бензинового двигуна....	51
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	52
Висновки до розділу 5.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57

## ВСТУП

Сучасні електронні системи автоматичного керування автомобільними бортовими пристроями, мають фактично однакове конструктивне рішення. Різноманітні електронні датчики, перетворюють інформацію про значення контрольованих неелектричних параметрів в електричні сигнали, такі як: напругу, струм. Ці сигнали перетворюються в цифровий код і надходять до електронного блоку управління. На основі отриманих електричних сигналів, і відповідно до запрограмованого в ньому програмного забезпечення, мікроконтролер приймає рішення та керує виконавчими механізмами (реле, соленоїди, електродвигуни та інш.).

Можливість вдосконалення автомобільних електронних систем, значною мірою залежить від наявності надійних, точних і доступних за вартістю датчиків. Починаючи із 90 років, більшість автовиробників, почали активно працювати над зменшенням кількості токсичних викидів. Це спричинило встановлення додаткових датчиків, для контролю роботи силової установки, електронного випуску, системи впорскування палива, трикомпонентного нейтралізатора, а також для точного регулювання зміни повітря і палива в суміші, що дозволило зменшити токсичність відпрацьованих газів.

Тому, основними завданнями вдосконалення автомобільного транспорту, є покращення його паливної ефективності та екологічних характеристик.

Ефективність використання енергетичного ресурсу визначається з одного боку, його енергоємністю, а з іншого — витратами під час експлуатації та якістю перетворення в споживчий вид енергії. Відповідно, комп'ютерна діагностика автомобіля, вимагає застосування спеціалізованих комп'ютерних систем і програмного забезпечення, що дозволить дослідити технічний стан різних систем та їх електронні елементи. Цей підхід, дозволяє оперативно та точно виявляти несправності, аналізувати електронні системи,

а також виправляти помилки, які можуть проявлятися під час експлуатації автомобіля.

Для оперативного та точного аналізу впливу кисневого сенсора на формування робочої суміші у камерах згоряння двигуна з електронним управлінням, слід обов'язково використовувати сучасне діагностичне обладнання (адаптери, осцилографи, мультиметри та інш.).

**Метою кваліфікаційної роботи**, є дослідження впливу сенсора кисню, на роботу інжекторного двигуна, за різних його швидкісних характеристик.

Для цього необхідно:

1. Провести огляд літературних джерел, щодо впливу кисневого сенсора на правильність функціонування системи живлення сучасного двигуна;
2. Виконати розрахунок теплового балансу двигуна з працездатним і несправним кисневим сенсором.
3. Здійснити комп'ютерну діагностику сучасного автомобіля та дослідити форму і значення вихідних електричних імпульсів кисневого датчика, в режимі змінних швидкісних характеристик ДВЗ.
4. Розробити заходи з охорони праці та техніки безпеки під час проведення діагностичних робіт.

## 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 1.1 Особливості електронних систем керування автомобільними двигунами, за використання сенсорів із зворотнім зв'язком

Автомобільна електроніка продовжує розвиватися під впливом глобальних комп'ютерних технологій. Останніми роками вона швидко та ефективно інтегрується у функціональні системи управління.

Більшість сучасних автомобілів з бензиновими двигунами оснащені системами упорскування палива з електронним управлінням, які забезпечують датчик концентрації кисню, рис.1.1.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд сенсора кисню.

Датчик кисню, використовується для визначення концентрації кисню у відпрацьованих газах. Він взаємодіє з електронним блоком управління, який коригує кількість поданого палива. Даний електронний елемент, використовується тільки в системах з каталітичним нейтралізатором: для відповідності нормам токсичності Євро 2 (використовується один датчик), а для Євро 3 – два (до і після нейтралізатора). Датчик, встановлений після нейтралізатора, виконує діагностичну функцію, контролюючи ефективність роботи нейтралізатора. При зниженні ефективності, він вносить додаткові корективи подачі палива у циліндри двигуна. [7]-[14].

У процесі експлуатації автомобіля, відбувається зміна технічного стану датчиків кисню, що призводить до погіршення експлуатаційних характеристик автомобільних двигунів - знижується їх потужність, зростає витрата палива, збільшується токсичність відпрацьованих газів.

Забезпечення працездатності датчика кисню, полягає у своєчасній діагностиці та усунення несправностей.

Основним завданням технічних дослідників, це розробка та використання ефективної методики діагностування датчика кисню. В результаті проведених експлуатаційних спостережень встановлено, що ресурс датчика кисню, становить приблизно 60–80 тис. км [12].

### **1.1.1 Критерії оцінки технічного стану сенсора кисню**

Причини передчасного виходу зладу датчика кисню, можна умовно розділити на дві частини:

1. Виникнення несправності через неналежну експлуатацію автомобіля: застосування етилованого бензину або невідповідної марки палива; багаторазові невдалі спроби запуску двигуна, через невеликий проміжок часу; попадання на керамічний наконечник датчика будь-яких експлуатаційних рідин; обрив, поганий контакт або замикання на "масу" вихідного ланцюга датчика; не герметичність випускної системи.

2. Несправність через неякісне обслуговування: погане встановлення датчика (використання невідповідних герметиків); неправильно встановлений кут випередження запалювання; проведення процесу перевірки роботи циліндрів двигуна з вимкненням свічок запалювання.

Характерними ознаками несправності датчика кисню є:

- нестійка робота двигуна, на холостому ходу;
- підвищена витрата палива;
- погіршення динамічних характеристик автомобіля;
- потріскування у місці розташування нейтралізатора;



- підвищення температури у магістралі нейтралізатора;
- загоряння індикаторної лампочки "Check engine".

Внаслідок впливу перерахованих вище факторів, сприяє погіршенню швидкодії датчика.

У табл. 1, представлені результати експериментального встановлення взаємозв'язків між відмовами датчиків кисню (системи з зворотним зв'язком) на вихідні показники. Значення  $ДК_1$  – для датчика, встановленого перед нейтралізатором.  $ДК_2$  – для датчика кисню, встановленого після нейтралізатора.

Існуюча методика діагностування датчика кисню передбачає зчитування кодів несправностей на першому етапі. Якщо коди відповідні несправності датчика не висвітлюються на панелі приладів, це ще не означає, що датчик справний. Деякі системи самодіагностики визначають тільки граничні стани (обрив або замикання сигнального дроту або нагрівача), але для них недоступне визначення зниження швидкодії датчика та зменшення діапазону вихідної напруги.

Таблиця 1.1 - Результати взаємозв'язків між відмовами датчиків кисню та вихідними енергетичними показниками бензинового двигуна

Показники	Нормативні значення	Значення (за несправних датчиків)	
		$ДК_1$	$ДК_2$
Потужність, кВт	68,6	60,9	64,4
Розхід палива $Q$ , л/100км	8,8	12,6	10,4
Вміст кисню, $\lambda$	1	0,85	1,085

Наявність коду несправності датчика, є необхідним, але недостатньою умовою для його заміни. Обрив електропровідника, його замикання або інші причини, можуть спричинити появу коду несправності. Слід перевіряти вихідну напругу за допомогою осцилографу, тестера чи сканера,

підключаючись до сигнального провідника датчика при працюючому та прогрітому двигуні.

Вихідна напруга датчика, за відлагодженої системи та холостих оборотах прогрітого двигуна, повинна постійно змінюватися від високого і до низького рівня. Така зміна напруги, є ознакою того, що електронний блок управління знаходиться в режимі замкнутого зворотного зв'язку і постійно відстежує та регулює склад паливо повітряної суміші. Зазвичай вихідна напруга змінюється в діапазоні від 0,1 до 0,9 [14]-[16].

### **1.1.2 Особливості контролю інжекторних двигунів з електронним управлінням**

У процесі експлуатації автомобілів (особливо в умовах міста) двигуни внутрішнього згорання у більшості випадках, працюють в несталих режимах, таких як запуск, прогрівання, розгін і гальмування, робота під підвищеним навантаженням та зупинка. Ці режими складають від 93 до 97% часу в умовах інтенсивного міського руху, від 30 до 45% — при русі по обґрунтованих дорогах, та від 30 до 35% загального часу на заміських трасах. У таких умовах потужність двигуна коливається від 13 до 78% від номінальної [12]-[17].

Доведено, що під час несталих режимів, витрати палива зростає на 5-7%, а знос двигуна збільшується в середньому в 1,2-2 рази.

Слід зазначити, що виконавчі електронні механізми, які суттєво впливають на технічний стан двигуна, змінюються в процесі експлуатації. Це відбувається, через зношування спряжених елементів, таких, як паливна апаратура, циліндро-поршнева група та газорозподільний механізм, а також через поступове зниження властивостей пружних елементів (поршневих кілець і пружина), зазначено у джерелі [16]. Загалом, частка відмов і несправностей двигунів серед усіх несправностей автомобіля, в деяких

моделях може досягати 35-55%. Найбільша кількість відмов серед систем і вузлів автомобіля припадає саме на ДВЗ і електрообладнання.

Інженерами експлуатаційниками доведено, що у більшості випадків, відмови електронних елементів сучасного двигуна виникають у наступній процентній послідовності [19]-[22]:

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

На рис.1.2, відображено графічний перерозподіл відмов електронних елементів.

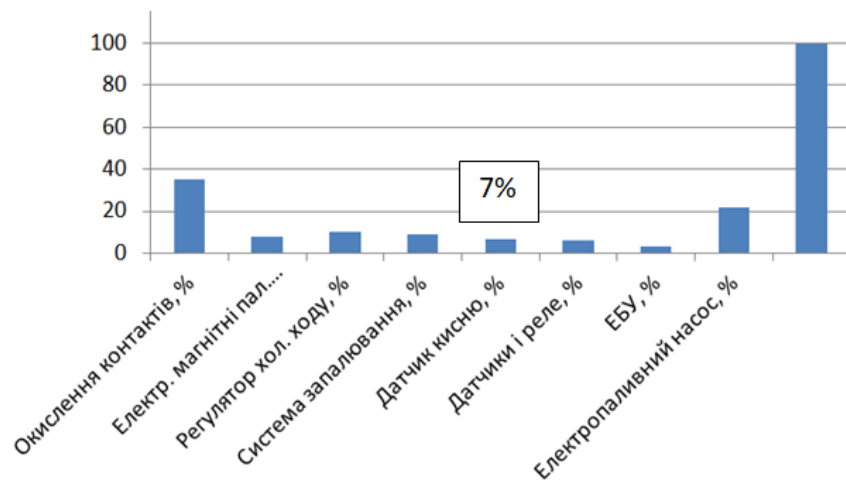


Рисунок 1.2 – Діаграма несправностей електронних елементів

У роботі [9] досліджено оптимальну продуктивність діагностики основних компонентів системи з електронним впорскування палива, яка відповідає послідовності проведення ТО<sub>2</sub>. Встановлено, що деякі елементи цієї системи, мають оптимальну експлуатаційну придатність близько 2 мільйонів кілометрів пробігу, що вказує на їх високу надійність і

необхідність у планових діагностичних заходах. Туди можна віднести: витратомір повітря, сенсор обертів колінчастого валу, датчики температури.

Підвищення зносу виконавчих електронних елементів, у більшості випадків відбувається через збільшення неповноти згоряння робочої суміші, зниження в'язкості оливи та змивання оливної плівки зі стінок циліндра. Якщо прийняти знос (під час роботи двигуна в найекономічнішому режимі) за 100%, то за максимальної потужності ДВЗ - він збільшується на 30–60%.

## **1.2 Особливості електронних систем управління**

Системи керування двигуном та трансмісією, включаючи датчики, мікроконтролери, ІС контролю живлення, становлять приблизно третину всієї електроніки автомобіля.

Причому, кількість датчиків Power drivetrain, щодо загальної кількості автомобільних датчиків перевищує 50%. Передбачається, що така електронна компоновка, не зміниться протягом першого десятиліття XXI століття.

Найважливішими завданнями електроніки Power train є підвищення ефективності способів та характеристик керування та оптимізація роботи двигуна - досягнення максимальної паливної ефективності та зниження викидів отруйних речовин.

На сучасних автомобілях, електронні системи керування двигуном «Power train», здійснюють такі основні функції керування, як:

- оптимізація упорскування та згоряння палива за допомогою контролю циклів інжекції, стиснення та запалювання;
- розширення функціональності діагностики (OBDII), що необхідно для

відповідності вищим стандартам контролю та збільшення складності, як електроніки Power train, так і функцій та числа датчиків. Відповідно, використовувані технології змінюються, системи постійно вдосконалюються.

Робота систем контролю двигуна та вихлопу взаємопов'язана: практично всі датчики систем двигуна, працюють на обидві системи (насамперед датчик кисню, а також датчики масової витрати повітря та тиску).

Оптимізація процесів згоряння (паливна ефективність) надає можливість економити бензинове паливо. Оптимальне згоряння дозволяє зменшувати викиди шкідливих газів CO, HC та NO<sub>x</sub>, а також частинок сажі, які утворюються при згорянні бензинового або дизельного палива, що контролюється датчиками зворотного зв'язку систем контролю двигуна та нейтралізації вихлопів.

Оскільки випускні гази шкідливо впливають на якість навколишнього повітря та здоров'я людини, для автовиробників та дилерів розробляються обов'язкові стандарти по випускних газах.

У США, регулювання загазованості здійснюється стандартами Агентства захисту навколишнього середовища (Environmental Protection Agency, EPA) та деякими іншими урядовими установами [13]-[17]. Найсуворіші стандарти реалізовані у Каліфорнії, завдяки діяльності Департаменту повітряних ресурсів California Air Resources Board (CARB).

Європейський Союз, розробив свої стандарти по кількості викидів для транспортних засобів (різні для бензинових, дизельних двигунів та автомобілів вагою понад 3,5 т), поїздів, барж, позашляхових машин (наприклад, тракторів) крім океанських судів та літаків.

У Європі з 2005 року діють норми Euro IV. Наступне покоління стандартів, розроблених Євросоюзом, Euro V, однак, існує і проект Euro VI.

Головні компоненти автомобільних вихлопів – вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , а також пари води  $\text{H}_2\text{O}$  - не відображені в європейських стандартах, хоча на даний час, Європейський Союз розглядає питання прийняття стандартів на вихлоп  $\text{CO}_2$ .

Європейські стандарти поширюються, як на вироблені, так і автомобілі, що імпортуються до Європи, і значно впливають на світову ринкову ситуацію.

На табл. 1.1, зображено вміст отруйних речовин у випускних газах, згідно стандарту ЄВРО:

Таблиця 1.1 – Стандарти вмісту отруйних речовин у випускних газах (дизельних двигунів і бензинових двигунів)

Показники	Euro-2	Euro-3	Euro-4	Euro-5
Дизелів				
CO, г/км	1,0	0,64	0,5	0,5
HC	-	-	-	-
HC+NO <sub>x</sub>	0,7/0,9	0,56	0,3	0,25
NO <sub>x</sub>	-	0,5	0,25	0,2
Бензинових				
CO, г/км	2,2	2,30	1,0	1,0
HC	-	0,20	0,1	0,075
HC+NO <sub>x</sub>	0,5	-	-	-
NO <sub>x</sub>		0,15	0,08	0,06

Для відповідності стандарту нормам Euro IV та у зв'язку із запланованим переходом до Euro V, всі світові автовиробники зайняті пошуком конкурентоспроможних рішень, що передбачають удосконалення та

розробку нових концепцій двигунів, палива, інноваційних систем контролю відпрацьованих газів, рециркуляції та очищення вихлопів, уловлювання паливних парів, а також інтенсивне впровадження нових датчиків.

### 1.3 Особливості роботи і конструкції сенсорів кисню

Дедалі суворіші норми регулювання вмісту отруйних речовин у вихлопних газах, прийняті у багатьох країнах, зокрема у Європі (Euro IV та Euro V), створюють значний ринок для збуту датчиків контролю вихлопних газів, серед яких виділяються два типи, рис. 1.3:

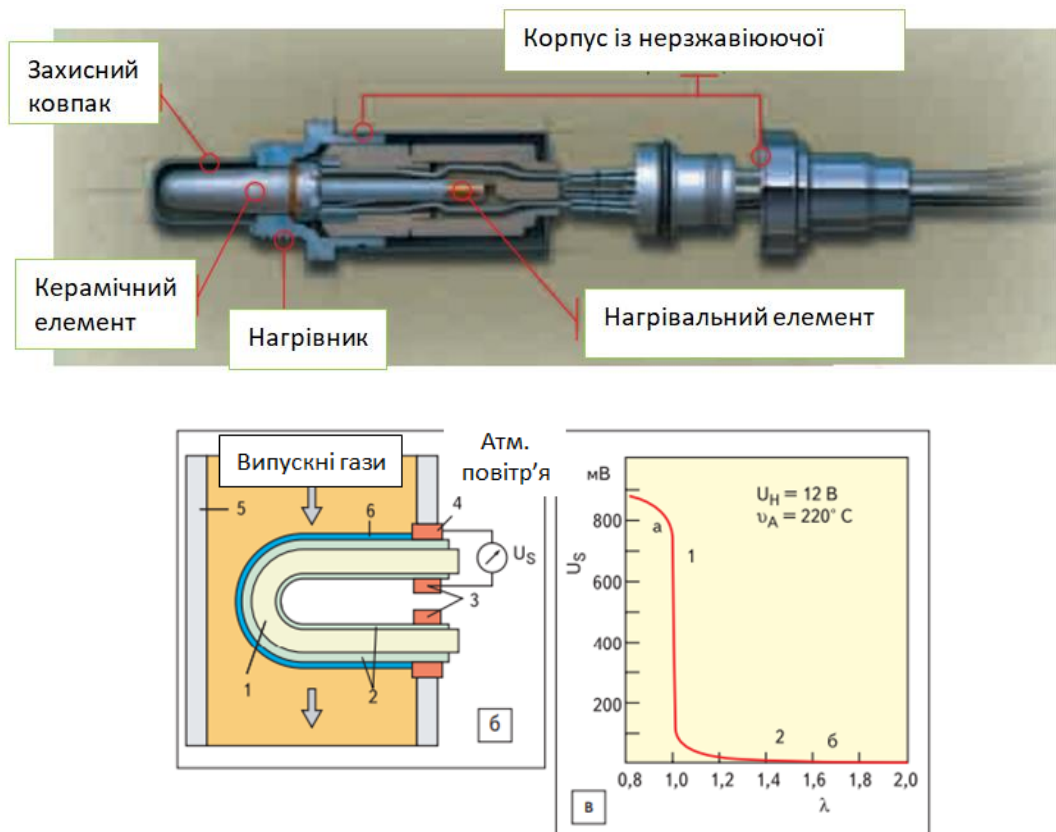


Рисунок 1.3 – Будова і технічна характеристика сенсора кисню.

- 1) датчики концентрації кисню (oxygen sensors), або  $\lambda$ -зонди,
- 2) датчики оксиду азоту ( $\text{NO}_x$  чи nitrogen oxide sensors) [9-11].

Основне завдання датчика кисню - контролювати випускну систему двигуна за вмістом  $O_2$  у відпрацьованих газах,

щоб при коефіцієнті надлишку повітря  $\lambda = 1$ , досягти стехіометричного співвідношення повітря/палива, відповідного суміші, в якій все паливо витрачається в процесі горіння. Для бензинових двигунів, це співвідношення становить приблизно 14,7:1. Якщо повітря менше, паливо залишатиметься після згорання – така суміше багатою. Порушення процесу повноти згорання палива, частина якого виходить із випускними газами, стає джерелом забруднення навколишнього середовища. Якщо у випускних газах надлишок повітря, спостерігаються викиди кисню (бідна суміш). Це сприяє утворенню забруднень, як оксиду азоту та у деяких випадках, викликає порушення роботи двигуна.

Звичайний стехіометричний датчик, також відомий як switching oxygen sensor, heated exhaust gas oxygen (HEGO) sensor, lambda sensor, або датчик вузького діапазону narrow range sensor — здатний розпізнавати багаті або бідні суміші, індикуючи сигналами (On/Off), присутність чи відсутність кисню у випускних газах.

Компанія Bosch – світовий технологічний лідер у виробництві датчиків oxygen sensor — понад 20 років тому, в 1976 році створила датчик, що не нагрівається [16]-[21]. Наступні унікальні розробки компанії були спрямовані на підвищення ефективності, надійності (у технологіях Bosch застосовується спеціальний водостійкий, теплостійкий з'єднувач; датчики також захищені від забруднень та стійкі до вібрацій двигуна) та полегшення інсталяції.

У 1982 році, Bosch вперше представила датчик Thimble Type Oxygen, що нагрівається. Sensor, 1997 року - планарний датчик концентрації кисню.

Активна керамічна частина ( $ZrO_2$ ) Thimble-датчик являє собою твердий електроліт у формі трубки, закритої на одному кінці, який нагрівається зсередини. Електрично підігріваються (а не від випускних газів) датчики



особливо зручні для вимірювання параметрів двигуна, що діє на збідненій паливній суміші.

При високій температурі (понад 350 °C), електроліт стає провідним і реагує на вміст кисню у вихлопному газі, утворюючи характерний гальванічний заряд, який знімається з електродів, що покривають внутрішню та верхню поверхні кераміки, - шарів платини з мікропорами. Максимальне значення заряду відповідає  $\lambda = 1$ . Заряд перетворюється на вихідну ступінчасту напругу, зазвичай від 0,1 до 0,9 В. Типовий опір нагрівального елемента становить 2 - 6,5 Ом. Даний тип датчика функціонує, за рахунок порівняння чистого атмосферного повітря із вихлопами, і тому дуже чутливий до різних забруднень.

Датчики кисню, на основі оксиду титану  $TiO_2$ , що випускаються, компанією NGK Spark Plugs, не здатні виробляти напругу самостійно. Натомість, варіюється опір елемента - в діапазоні 1-20 кОм. Ця значна зміна зчитується ECU, який генерує вихідну напругу, живлячи датчик  $TiO_2$  опорною напругою приблизно в 1 В. При багатій суміші опір датчика швидко падає, і рівень сигналу напруги ECU стає високим; при бідній суміші опір швидко збільшується, а напруга в ECU перемикається до низького рівня. Існують датчики, які нагріваються, на основі діоксиду титану, що дозволяє знизити його опір до 4-7 Ом.

Необхідно враховувати, що автомобілі, які обладнані ECU з датчиком на основі діоксиду титану, або діоксиду цирконію, не взаємозамінні. Датчики на основі  $TiO_2$  більш надійні, оскільки здатні функціонувати в умовах сильних забруднень і не залежать від стану навколишнього повітря в опорній камері та інших факторів, важливих для датчиків на основі діоксиду цирконію. Вплив вихлопних газів (насамперед  $NO_x$ ), які викликають смог та кислотні дощі, зумовила виробників розробити нові датчики. Уряди багатьох країн, вимагають від автовиробників, як зниження шкідливих речовин так і

обмеження у вихлопних газах інших продуктів горіння — наприклад, CO, SO<sub>x</sub> та CO<sub>2</sub>.

Аналізуючи роботу кисневих датчиків у двигунах з електронним управлінням, можна стверджувати наступне, що лівова частка наукових праць, зосереджена на формуванні якісної робочої суміші у умовах номінальних навантажень.

Але, на наше переконання і практичний досвід, науковим персоналом недостатньо приділено уваги взаємозв'язку сенсорів із зворотнім зв'язком на роботу системи живлення (за незначних і несталих навантажень в умовах населених пунктів), що значно вимагає диференційних підходів до кожного режиму роботи ДВЗ (особливо швидкісних).

## **Висновки до розділу 1**

Аналіз бібліографічних джерел із техніко-економічної точки зору свідчить про недостатнє вивчення впливу кисневого сенсора на швидкісні характеристики паливної системи інжекторних двигунів. Це особливо актуально для режимів роботи, які характеризуються нестабільністю (тобто, експлуатація автомобіля в умовах житлових масивів).

У наступних розділах нашої роботи, ми зосередимося на дослідженнях взаємодії кисневого сенсора з впускною і паливною системами сучасного двигуна, приділяючи особливу увагу періодам часткової нестабільності їхньої роботи.

## 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Дослідження теплового балансу інжекторного двигуна, за сталих режимів роботи сенсора кисню

Приготування та згоряння робочої суміші в циліндрах двигуна залежать від своєчасності та правильності змін у робочих процесах. Ефективність згоряння визначається оптимальними моментами впорскування палива та відкриття клапанів для впуску повітря і випуску відпрацьованих газів.

Повітряна індукція в двигуні внутрішнього згоряння, включає різні компоненти та функції, які забезпечують оптимальний приплив повітря, необхідного для ефективного згоряння паливно-повітряної суміші. Ключову роль у регулюванні кількості повітря, відіграє дросельна заслінка, яка змінює своє положення, обмежуючи потік повітря. Це дозволяє контролювати обсяг повітря, що потрапляє в циліндри двигуна, впливаючи на рівень його швидкісні характеристики.

Відповідно, сенсор кількості кисню є ключовим елементом управління оптимізації роботи системи живлення двигуна.

У випадку несправностей, спричинених нестабільністю паливної системи, електронна система двигуна переходить в аварійний режим, що призводить до збільшення витрати палива.

Отже, використовуючи методику розрахунку теплового балансу сучасного бензинового двигуна, можна оцінити втрати корисної теплоти  $Q_e$ , які виникають у результаті нестабільної роботи сенсора кисню.

Загальна кількість теплоти  $Q$ , що виділяється після згоряння робочої суміші, визначиться за формулою [11].

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

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

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

Годинна витрата палива визначиться добутком ефективної потужності  $N_e$ , до питомої витрати палива  $g$

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

Теплота  $Q_e$ , визначимо за відомим виразом:

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

Теплота  $g_e$ , визначиться

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

Теплота  $Q_B$ , (витрачена у навколишнє середовище) визначиться за наступним виразом:

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

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

$i$  – кількість циліндрів;

$D$  – діаметр циліндра, мм;

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

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Теплота  $g_B$ , витрачена із системою охолодження, буде мати вигляд:

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

Теплота  $Q_r$ , що витрачається з випускними газами:

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

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

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

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

Кількісне значення повітря  $G_{пов.}$  (що поступає у камери згоряння) визначиться за формулою:

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

Приймаємо  $G_{п.} = 5,7$  кг/год.

Частка теплоти  $q_r$ , (у відпрацьованих газах), отримається із формули:

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

Інші втрати теплоти  $Q_{ін.в.}$ :

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

Частку  $q_{ін.в.}$  отримаємо із відношення:

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

Використовуючи методику теплового балансу, ми визначили процентне співвідношення теплових втрат, після згоряння паливо-повітряної суміші (підготовленої системою живлення у камерах згоряння двигуна), у випадках некоректної роботи сенсора кисню.

## **2.2 Теоретичні дослідження сенсорів електронно-іонного виду в основі яких, знаходяться анодні плівки вентильних металів**

Функціональна залежність ЕРС твердоелектролітних сенсорів, від концентрації вимірюваного компонента, визначається співвідношенням Нернста і кисневопровідного електроліту:

$$E = \frac{t_i \cdot R \cdot T}{2xF} \cdot \ln \frac{a}{P}, \quad (2.12)$$

де  $T$  – температура чутливого елемента;

$t_i$  – число перенесених аніонів;

$R$  – постійна Больцмана;

$a$  і  $P$  – активність і атмосферний тиск кисню на вимірювальній камері та електроді порівняння сенсора;

$2x$  – валентність металу.

Принцип дії сенсорів електронно-іонного типу, ґрунтується на ефекті модуляції ЕРС структур та електронної складової, що виникає в результаті гетерогенних каталітичних реакцій на поверхні анодної плівки, за наявності (СО, СН<sub>4</sub>, Н<sub>2</sub>, етанол та ін.) газів при температурах 400-600 К [11]. Функціональна залежність ЕРС АОП від концентрації газів визначається:

$$E = \alpha P n (1 + \alpha P n)^{-1} t_i (RT/2xF) \cdot \ln a/P, \quad (2.13)$$

де  $\alpha$ -коефіцієнт чутливості;

$n$  - показник ступеня (0,3–0,6);

$P$ - величина тиску кисню у шаровій підкладці перерізу плівки МО<sub>x</sub>, при якому, іонні та електронні числа на рівні  $t_i = t_e = 0,5$ ;

$a$  - активність кисню на поверхні АОП.

Ефект зміни ЕРС під впливом концентрацій СО (при температурах 600 К) розглядався, як основа отримання сенсорів нового типу, названих сенсорами змішаного потенціалу [12].

Генерація ЕРС забезпечується реакцією окислення металу-підкладки за рахунок дифузії кисню О<sup>2</sup> до металу:  $M + xO^2 = MO_x + 2xe$ . Величина ЕРС АОП в нормальній атмосфері, визначається співвідношенням Нернста [9]:

$$E_0 = t_i (RT/2xF) \ln a/P \quad (2.14)$$

Динаміка низькотемпературного процесу окислення, полягає у дисоціації молекул кисню на атоми і наступної хемосорбції кисню на поверхні оксиду в формах  $O$  і  $O_2$  шляхом переходу до поверхні АОП і передачі трьох електронів від металу атомам кисню.

Процес здійснюється за реакцією:



У разі «нормального» високотемпературного окиснення:



Тоді, відповідно до закону чинних мас, рівняння буде мати вигляд:

$$[O_2] \cdot [e]^3 = k[O^{2-}] \cdot [O^-] \quad (2.17)$$

Молекули впускного газу взаємодіють із найбільш реакційноздатною формою адсорбованого кисню  $O^-$ , рис. 2.1, відповідно до каталітичної реакції, наприклад, із  $CO$ :

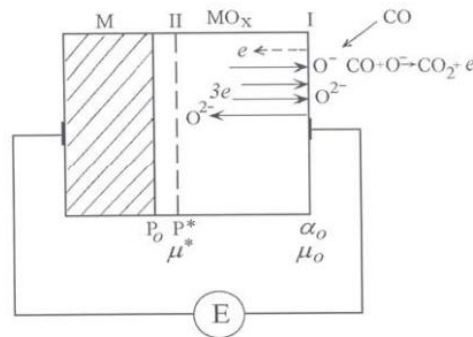


Рисунок 2.1 - Схема генерації ЕРС низькотемпературного окислення при  $T = 600$  К.

В результаті реакції, інjektуються вільні електрони (пунктирна стрілка, див. рис. 2.1), знижуючи ЕРС, внаслідок шунтування її відповідно до співвідношення виду [13]:

$$E = E_0(1 - \Delta t_e) \quad (2.19)$$

де  $\Delta t_e = \Delta \sigma_e / \Delta \sigma_e + \sigma_0$

Тоді зміну ЕРС АОП,  $\Delta E = E_0 - E$ , можна записати:

$$\Delta E = E_0 \Delta \sigma_e^{\text{отн.}} / (1 + \Delta \sigma_e^{\text{отн.}}) \quad (2.20)$$

де  $E_0$  – ЕРС АОП у нормальній атмосфері;

$\Delta t_e$  – зміна числа перенесення електронів;

$\sigma_0$  – електропровідність АОП у нормальній атмосфері,  $\Delta \sigma_e^{\text{отн.}} = \Delta \sigma_e / \sigma_0$  – відносне збільшення електропровідності АОП за рахунок виникнення електронної складової.

Необхідно зауважити, що якість приготування та згорання робочої суміші в процесі роботи бензинового двигуна з точковою подачею палива, значною мірою відрізняється від електротехнічного кисневого датчика ДК<sub>1</sub>. У разі збоїв у роботі цього сенсора, блок керування двигуном формує збагачену паливну суміш, що призводить до збільшення витрат палива приблизно на 10% від нормального рівня.

## Висновки до розділу 2

Виконано розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням, у результаті чого, визначено диференціальні значення теплот, що виділяються під час згорання робочої суміші. Це дає можливість, провести порівняльний аналіз кількості ефективної теплоти  $Q_e$ , що утворилася за якісної і неякісної дії сенсора концентрації кисню у випускних газах.

Також, проведений розрахунок широкосмугового сенсора кисню, що формує електричні імпульси (силу струму) на змінному переході напруги від 0,1 до 1 В. (для подачі оптимального паливно-повітряного заряду в камери згорання двигуна, що відповідно суттєво впливає його економічну роботу).



### 3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Особливості впливу факторів на роботу сенсора кисню

Зазвичай, довговічність кисневих датчиків становить приблизно від 100 до 160 тис. км.

Причинами передчасного виходу із ладу датчика кисню, є:

- продукти згоряння насичених вуглеводнів моторної олії (при низькій пружності маслоснімних кілець або оливозгінних сальників клапанів);
- застосування етилованого бензину, а також бензину із залізо- та марганець – що містять добавками, що підвищують детонаційні властивості палива;
- попадання у чутливий елемент продуктів кремнійорганічних (силіконових) герметиків;
- різні "присадки", "очисники паливних систем", розчинники, сольвенти чи добавки до палива. Використовувати слід лише рідини, сертифіковані для систем з датчиками кисню та каталітичними нейтралізаторами;
- складові охолоджуючої рідини (антифризу), що потрапили в систему випуску.

На рис. 3.1, зображено загальний вигляд несправних сенсорів кисню із пошкодженими активними робочими елементами.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд несправних сенсорів кисню.

Внаслідок впливу перерахованих факторів погіршується швидкодія датчика. Це є початковим етапом погіршення його вихідних параметрів і викликає запізнення електричного імпульсу зворотного зв'язку за підтримки оптимального складу паливно-повітряного суміші, що значно знижує ефективність керування. При цьому можливе погіршення характеристик керованості автомобіля (втрата потужності, зниження економічності, підвищення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах). Слід зазначити, що деякі несправності датчиків (зниження чутливості, зменшення швидкодії та діапазону вихідного напруги) БУ фіксує не завжди. Алгоритм визначення цієї несправності, залежить від року випуску, моделі, комплектації тощо. Тому, і судити про справність датчиків із зворотнім зв'язком, можна тільки після відповідної перевірки і не обмежуватися лише зчитуванням кодів самодіагностики.

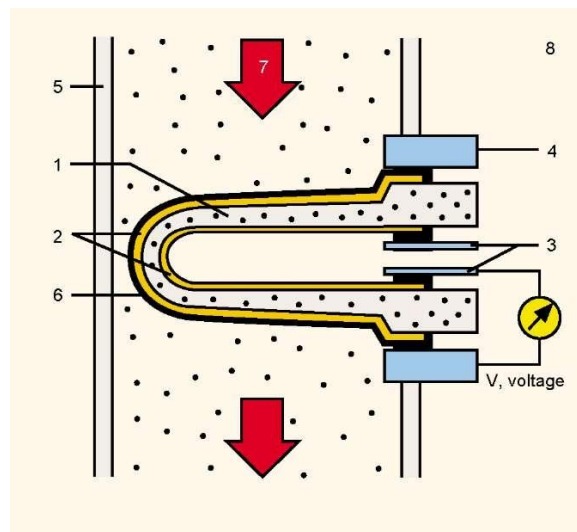
Бувають випадки механічних пошкоджень та обриву нагрівача. Цю несправність ЕБУ визначає відразу, і інформує про це індикатором «Check Engine».

Часто, при значному забрудненні, датчик перестає реагувати на склад робочої суміші, тобто, настає його повна непрацездатність. Як наслідок, напруга датчика не змінюється. Система самодіагностики, зазвичай, ідентифікує цю несправність, та інжекторна система переходить у режим керування, без зворотного зв'язку.

### **3.2 Особливості використання датчиків кисню**

Датчики кисню сьогодні затребувані завдяки жорстким вимогам щодо токсичності вихлопних газів, що постійно зростають. Один датчик кисню встановлюють у випускному колекторі, безпосередньо перед каталізатором. Іноді другий датчик встановлюється у вихлопній системі після каталітичного конвертера для того, щоб забезпечити його максимальну ефективність.

Інформація, що отримується з датчиків, показує, наскільки повно відбувається згоряння палива в камерах двигуна внутрішнього згоряння. Оптимальні показання виходять, коли співвідношення повітря до палива становить 14.7 : 1. Стехіометричне співвідношення повітря/паливо - це коли на 1 кілограм бензину, припадає 14.7 кілограм повітря, теоретично необхідного для повного згоряння. Чинник надмірної кількості повітря ( $\lambda$  - «лямбда») показує ставлення дійсної кількості повітря (в суміші повітря+паливо) до теоретично необхідного. Тобто  $\lambda = (\text{дійсна маса повітря})/(\text{теоретична потреба у повітрі})$ , рис. 3.2.



1 - керамічне покриття; 2 – електроди; 3 – контакти; 4 – контакти корпусу; 5 - випускна магістраль; 6 - керамічна підтримуюча пориста оболонка; 7 - відпрацьовані гази; 8 - зовнішнє повітря.

Рисунок 3.2 – Конструктивно-технологічна схема сенсора кисню.

Датчик кисню, є гальванічним осередком Нернста з твердим електролітом. Як електроліт, використовується газонепроникна кераміка з діоксиду цирконію ( $ZrO_2$ ), стабілізованого оксидом ітрію (YO). З одного боку (зовні) охоплюється вихлопними газами, з другого (зсередини) — з атмосферою. На зовнішню і внутрішню сторону кераміки, нанесені газопроникні електроди з тонкого шару платини.

Платиновий електрод, працює як мініатюрний каталізатор, що підтримує у прилеглому шарі хімічні реакції, що відбуваються за рахунок залишкового кисню з відпрацьованих газів. Сторона чутливої кераміки, контактує з відпрацьованими газами. Щоб уникнути її забруднення, покрита шаром пористої шпинелевої (тетраоксиду діалюмінію-магнієвої) кераміки. Металева трубка зі щілинами, оберігає кераміку від ударів та надмірних теплових динамічних впливів. Внутрішня порожнина також контактує із атмосферою і служить опорною стороною датчика.

На рис. 3.3, відображено графіки взємозв'язку коефіцієнта надлишку повітря  $\lambda$ , із питомою витратою палива та ефективною потужністю ДВЗ.

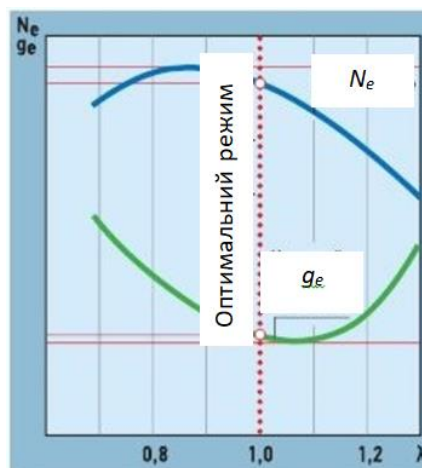


Рисунок 3.3 - Графіки взємозв'язку коефіцієнту надлишку повітря  $\lambda$ , із питомою витратою палива та ефективною потужністю ДВЗ.

Робота датчика, заснована на принципі гальванічного осередку Нернста. Керамічний матеріал, пропускає іони кисню при температурах від  $350^{\circ}\text{C}$  і вище. Різниця в кількості кисню з різних сторін чутливої зони датчика, призводить до утворення електричного потенціалу між цими двома поверхнями. Величина напруги, є показником кількості кисню між двома поверхнями, що відповідає точній пропорції між паливом та повітрям, що надходять у двигун.

### 3.3 Конструктивно-технологічні особливості широкопсмугового датчика кисню

Широкопсмуговий  $\lambda$  - датчик кисню, використовує принцип комірки Нернста, але конструктивно і поспособу роботи відрізняється від попередників. Наявність двох камер (комірок): вимірювальної та «насосної», супроводжується незначним отвором у стінці насосного міні простору, через яку потрапляють вихлопні гази, рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Розміщення та конструктивно-технологічна схема широкопсмугового сенсора кисню.

Датчик кисню, передає сигнал (напругу) електронному блоку керування двигуном. Цей сигнал використовується системою, для збагачення або збіднення робочої суміші, відповідно до величини напруги датчика. Таким чином система збагачує бідну суміш, збільшуючи кількість палива, що впорскується, і збіднює багату, зменшуючи кількість палива.

Лямбда-зонд порівнює рівень вмісту кисню у вихлопних газах та навколишньому повітрі і представляє результат цього порівняння у формі аналогового сигналу.

Застосовуються дворівневі зонди, чутливий елемент яких, виконаний з оксиду цирконію або з оксиду титану, але на зміну їх широко почали використовувати широкопсмугові лямбда-зонди (особливо на дизелях). За

умови згоряння стехіометричної паливо-повітряної суміші, напруга вихідного сигналу лямбда-зонда дорівнює 445...450 mV.

Слід зазначити, що відстань від випускних клапанів газорозподільного механізму до місця розташування датчика і значний час реакції чутливого елементу датчика, призводять до деякої інерційності системи, що дозволяє безперервно підтримувати стехіометричний склад паливо-повітряної суміші. Відповідно, під час роботи двигуна, склад суміші постійно відхиляється від стехіометричного в діапазоні  $\pm 2...3\%$  з частотою 1...2 рази в секунду. Цей процес, чітко простежується за осцилограмою напруги вихідного сигналу лямбда-зонда, рис. 3.5.

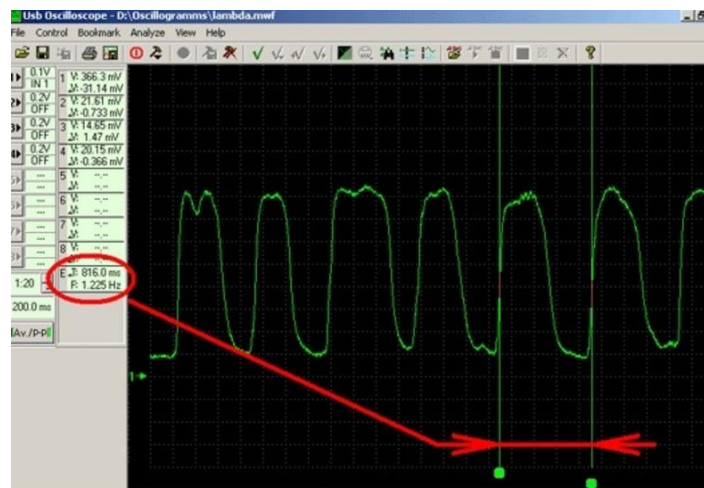


Рисунок 3.5 – Осцилограма вихідної напруги справного сенсора фірми «Bosch».

Аналізуючи осцилограму вихідного сигналу, частота його зміни сигналу становить  $\sim 1,2$  Гц.

Вимірювання напруги вихідного сигналу лямбда-зонда, блок управління двигуном підводить сигнальну «масу». Сигнальна «маса» двох- і чотирьох-провідних лямбда-зондів Bosch, виведена через окремий електропровідник (сірого кольору) на роз'єм датчика. Сигнальна «маса» одно- та трьох-провідних лямбда-зондів, з'єднана з металевим корпусом датчика і при встановленні датчика автоматично з'єднується з «масою»

автомобіля, через різьбове кріплення датчика. Виведена через окремий провідник на роз'єм датчика, сигнальна маса лямбда-зонда в більшості випадків, з'єднана з масою автомобіля. Зустрічаються блоки керування двигуном, де провідник сигнальної "маси" лямбда-зонда, зєднаний не до "маси" автомобіля, а до джерела опорної напруги. У таких системах, вимірювання напруги вихідного сигналу лямбда-зонда блок управління двигуном виробляє відносно джерела опорної напруги, до якого підключений провід сигнальної «маси» лямбда-зонда. Для перегляду осцилограми напруги вихідного сигналу лямбда-зонда, роз'єм осцилографічного щупа повинен бути підключений до будь-якого з аналогових входів осцилографа, чорний затискач типу «крокодил» осцилографічного щупа повинен бути під'єднаний до «маси» двигуна діагностованого автомобіля.

На рис. 3.6, відображена осцилограма вихідного сигналу, за неякісно працюючого сенсора кисню.

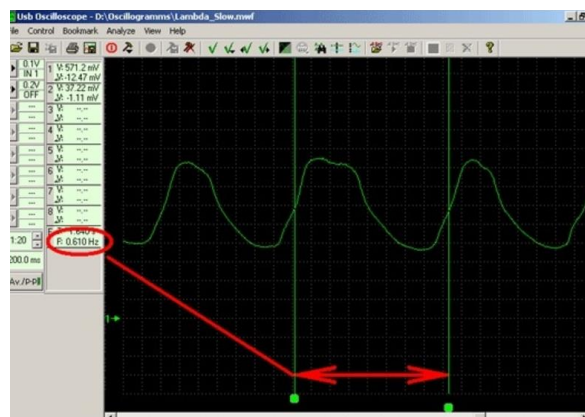


Рисунок 3.6 – Вихідний сигнал неспраного сенсора кисню, на ХХ інжекторного двигуна.

У даному випадку, аналізуючи вище наведену форму сигнального імпульсу, двигун працює на ХХ. Частота перемикання сигналу занижена та становить  $\sim 0,6$  Hz. Зниження частоти перемикання вихідного сигналу лямбда-зонда може бути викликано зростанням часу переходу вихідної напруги зонда від одного рівня до іншого, через старіння або хімічного засмічування датчика. Несправність може призвести до розширення частоти

обертання валу двигуна у режимі холостого ходу і втрати «прийомості». Ресурс датчика вмісту кисню у випускних газах, становить 20 000...80 000 км. Через старіння, електричний опір лямбда-зонда знижується при значно вищій температурі чутливого елемента до значення, при якому датчик набуває здатності відхиляти опорну напругу. Через збільшений вихідний електричний опір, розмах вихідної напруги сигналу лямбда-зонда зменшується. Тому, даний технічний стан сенсора, легко можна виявити по осцилограмі напруги (його вихідного сигналу за режиму роботи двигуна, коли потік і температура випускних газів, знижуються). Це режим холостого ходу та незначні навантаження. Практично, старіючий лямбда-зонд може працювати, але як тільки навантаження на двигун знижується (холостий хід), розмах сигналу швидко починає зменшуватися, аж до зникнення коливань, рис. 3.7.

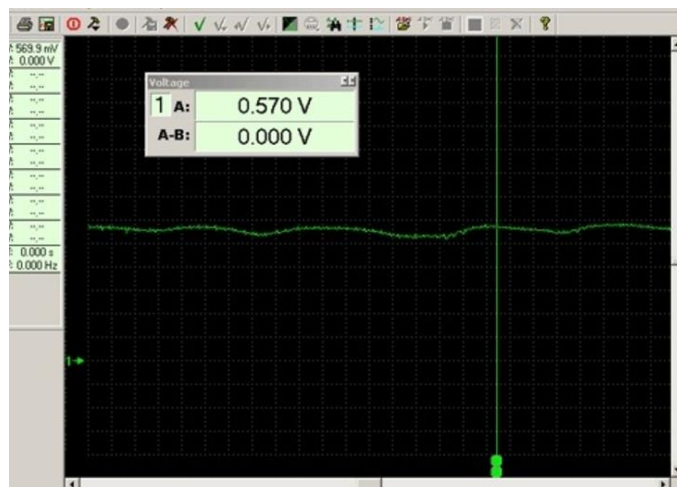


Рисунок 3.7 – Вихідний сигнал старіючого сенсора кисню.

Напруга вихідного сигналу старіючого лямбда-зонда при роботі двигуна на холостому ходу стає майже стабільним, і становить близько 300...600 мВ.

Рівень вмісту кисню в камері з атмосферним повітрям при цьому виявляється значно вищим, за рівень вмісту кисню у вихлопних газах.



Внаслідок чого, зонд генерує напругу 1 В позитивної полярності. У разі розгерметизації лямбда-зонда, у камеру з атмосферним повітрям проникають відпрацьовані гази з низьким вмістом кисню. У режимі гальмування двигуном (закрита дросельна заслінка при обертанні двигуна з високою частотою, подача палива при цьому відключена), у вихлопну систему поступає майже чисте атмосферне повітря. У такому разі, рівень вмісту кисню у вихлопній системі різко зростає і рівень вмісту кисню в атмосферній камері зонда виявляється значно нижчим від рівня вмісту кисню у відпрацьованих газах. Внаслідок чого, зонд генерує напругу 1В негативної полярності. Блок управління, у даному випадку вважає лямбда-зонд справним, оскільки незабаром після пуску двигуна та прогріву, датчик відхилив опорну напругу і знизив її до  $\sim 0$  В.

Вихідна напруга зонда напругою  $\sim 0$  В свідчить про близький рівень вмісту кисню у газах, що відпрацювали, і в розгерметизованій атмосферній камері зонда. На блок керування двигуном надходить сигнал зонда низького рівня, що є для нього свідченням збідненої паливоповітряної суміші. Внаслідок цього блок управління двигуном збагачує паливоповітряну суміш. Таким чином, розгерметизація лямбда-зонда призводить до значного збагачення паливоповітряної суміші. При цьому багато систем самодіагностики виявити цю несправність зонда не здатні.

Вихідний сигнал широкосмугового лямбда-зонда на відміну від дворівневих зондів несе відомості не лише про напрям відхилення складу робочої суміші від стехіометричного, а й про його чисельне значення. Аналізуючи рівень вихідного сигналу широкосмугового лямбда-зонда, блок керування двигуном, розраховує чисельне значення коефіцієнта відхилення складу робочої суміші від стехіометричного складу, що по суті є коефіцієнтом лямбда.

Для широкосмугових зондів виробництва Bosch, вихідна напруга чутливого елемента зонда змінюється в залежності від рівня вмісту кисню у

відпрацьованих газах і від величини та полярності електричного струму, що протікає по кисневому насосу зонда.

Блок управління двигуном генерує та подає на кисневий насос зонда електричний струм, величина та полярність якого забезпечує підтримку вихідної напруги чутливого елемента зонда на заданому рівні (450 мВ). Якби двигун працював на паливоповітряній суміші стехіометричного складу, то блок управління двигуном встановив би на червоному дроті напругу рівну напрузі на жовтому дроті, і струм, що протікає через червоний провід і кисневий насос зонда дорівнював би нулю.

При роботі двигуна на збідненій суміші, блок управління двигуном на червоний провідник, подає позитивну напругу щодо жовтого проводу, і через кисневий насос починає текти струм позитивної полярності. При роботі двигуна на збагаченій суміші блок управління змінює полярність напруги на червоному дроті щодо жовтого дроту, і напрям струму кисневого насоса так само змінюється на негативне.

Величина струму кисневого насоса, що встановлюється блоком управління двигуном, залежить від величини відхилення складу паливоповітряної суміші від стехіометричного складу. В електричне коло кисневого насоса, включений вимірювальний резистор, падіння напруги на якому є мірою рівня вмісту кисню у відпрацьованих газах.

### **3.4 Методика та результати діагностичних спостережень сенсора кисню, за різних швидкісних характеристик інжекторного двигуна**

Дослідження сигнальних електричних імпульсів сенсора кисню, ми проводили у середовищі віртуального продукту «Electude», що дозволило суттєво зберегти витрати на проведення експериментів.

Перший етап наших спостережень, полягав у визначенні початку вмикання сенсора у режимі прогрівання двигуна, рис. 3.8.

1200 об/хв; покази сенсора кисню – стабілізовані на напрузі - 0,8 В;

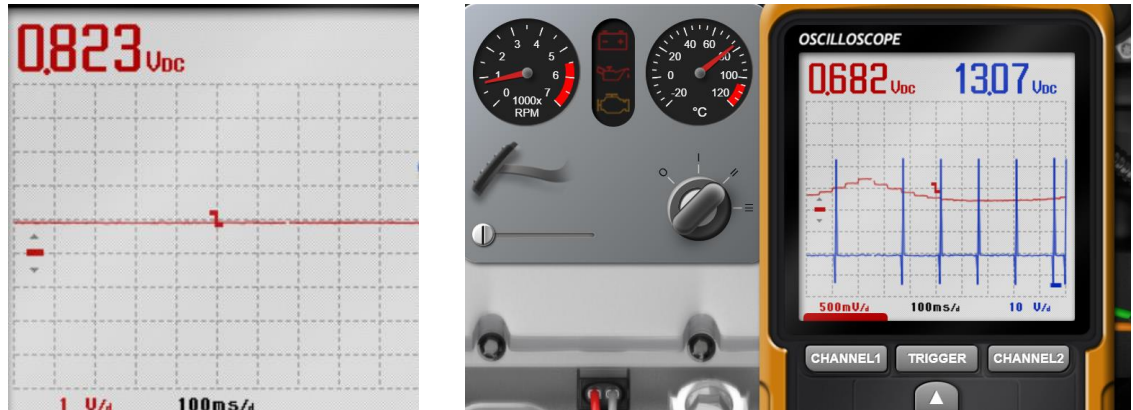


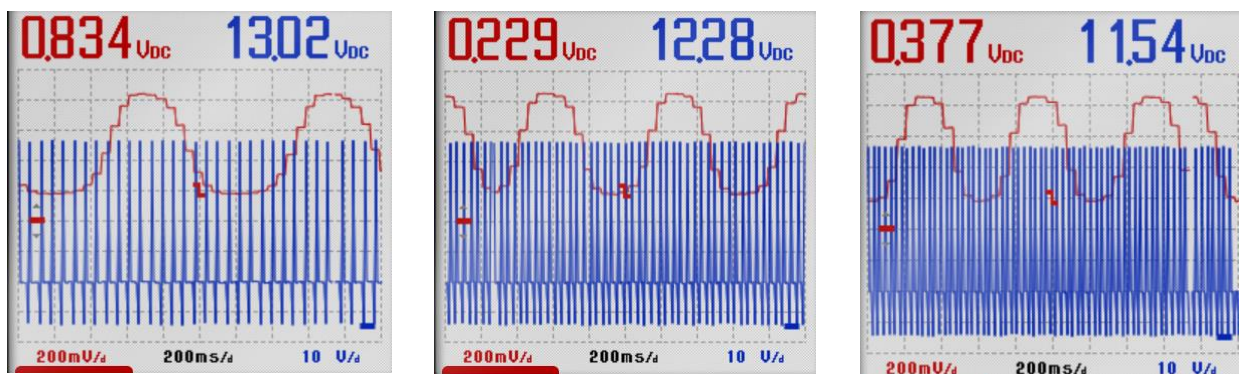
Рисунок 3.8 – Початок вмикання сенсора кисню.

Аналізуючи результати віртуального осцилографа встановили:

- В процесі прогрівання, вихідні електричні імпульси стабілізувалися на значенні 0,8 В;

За температури ДВЗ 78°C, відбувся процес вмикання сенсора з вихідними значеннями 0,6-0,8 В.

У процесі продовження експериментів, змінюючи швидкісні режими двигуна, отримали наступні осцилограми, рис. 3.9.



2000 об/хв

3000 об/хв

4000 об/хв

Рисунок 3.9 – Вигляд осцилограм сигнальних імпульсів сенсора кисню, за змінних швидкісних режимів бензинового ДВЗ

Під час проведених досліджень, можна цілком стверджувати, що лямда-зонд із вмонтованим підігрівником, в процесі прогрівання двигуна до  $78^{\circ}\text{C}$  – не працює і не переводить електронний блок у аварійний режим.

Відповідно, що стосується змінних швидкісних режимів двигуна, то згідно даних осцилограм, вихідні імпульси змінюються від 0,2 до 0,8 В (що є нормою) та прямопропорційно збільшується їхня частота.

### 3.5 Результати теплового балансу

За методикою теплового балансу (див. розд. 2), для двигуна з електронним управлінням, отримано значення показників, які враховують некоректну роботу датчика кисню, що висвітлюється на табло панелі приладів (рис. 3.10).

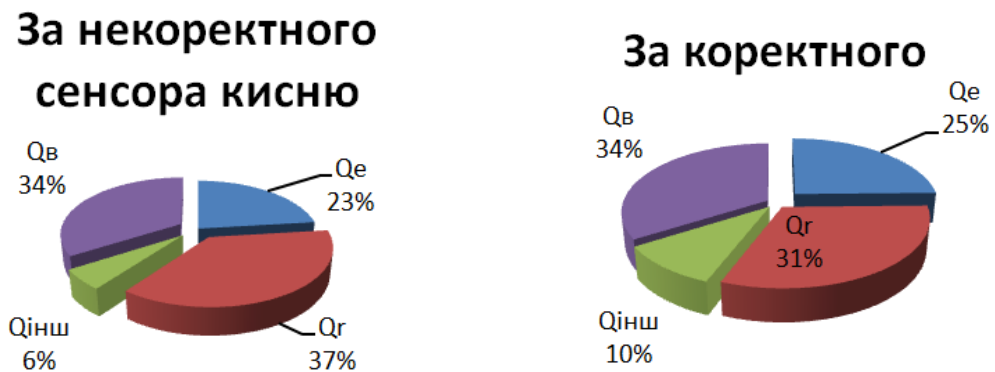


Рисунок 3.8 – Тепловий баланс досліджуваного інжекторного двигуна.

Порівнюючи діаграми теплового балансу бензинового двигуна підтвердив, що за умов некоректної роботи датчика кисню ефективна теплота становить приблизно 23%. У разі коректної роботи датчика, цей показник зріс на 2%, що пояснюється повнотою згорянням робочої суміші.

### Висновки до розділу 3

Згідно з розрахунками теплового балансу, втрати ефективної теплоти  $Q_e$  становили 23%. Це обумовлено некоректними електричними імпульсами датчика кисню, які сприймалися ЕБУ, що, у свою чергу, призводило до збільшення витрати палива та повнотою його згоряння.

Використання програми "Electude" та електронного осцилографа, дозволило оцінити вплив датчика кисню на робочі параметри бензинового двигуна:

- Електричний сигнал лямбда-зонда у режимі прогрівання склав 0,8 В.
- Увімкнення датчика кисню відбулося за температури двигуна 78°C.
- За умов некоректної роботи датчика кисню ширина імпульсу електромагнітних паливних форсунок збільшувалася до 0,0036 с у порівнянні з нормальним значенням 0,0026 с.
- За змінних швидкісних характеристик двигуна, значення вихідних імпульсів змінюються від 0,2 до 0,8 В, а їхня частота пропорційно росте, згідно підвищених обертів колінчастого валу.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Існуючі небезпечні ситуації на підприємствах

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [2]:

- не допускати відключення акумулятора від бортової електромережі автомобіля за працюючого двигуна.

- під час дозарядки (від зовнішнього джерела) акумулятора, слід вимкнути бортову електромережу.

- перед демонтажем будь-яких елементів ЕСУД, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.

- не допускається підключення або відключення елементів (давачів та виконавчих пристроїв функціональних систем) ЕСУ під час увімкненого запалювання.

- перед проведенням електрозварювальних робіт, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї та елементи ЕСУ.

- не допускається піддавати ЕБУ, впливу температури вище 80 °С.

- для виключення корозії з'єднувальних електричних пинів (під час очистки), забороняється спрямовувати струмінь пари на елементи ЕСУД.

- щоб уникнути пошкодження справних вузлів, не допускається застосування контрольно-вимірювального обладнання, не зазначеного в діагностичних картах.

- вимірювання напруги, слід виконувати вольтметром з номінальним внутрішнім опором 10 МОм.

- для запобігання пошкодження електронного обладнання електростатичним зарядом, забороняється торкатися контактних пинів (з'єднувачів або елементів) друкованої плати ЕБУ.

Відповідно, з впровадженням стандартів OBD-II та EOBD, процес діагностики ЕБУ автомобіля уніфікується. На вимогу цих стандартів, одне діагностичне обладнання можна використовувати для тестування автомобілів різних марок. Основною відмінністю стандарту EOBD від OBD-II, є закріплення в наборі його протоколів обміну даними протоколу CAN, впровадженого фірмою BOSCH.

Небезпечні умови відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

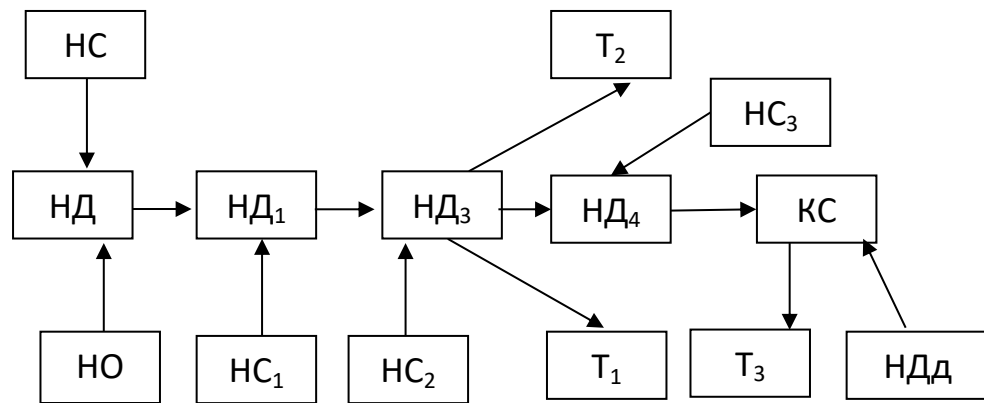
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого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

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);

- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

Нами розроблена схема травмонебезпечних ситуацій, під час проведення комп'ютерної діагностики електронного блоку керування сучасним двигуном, рис, 4.1.



НД – відкриття капоту; НС – можливе падіння капоту під час проведення ТО; НО<sub>1</sub> – наявність незначного схилу; НД<sub>1</sub> – зняття заглушки із роз’єму; НС<sub>1</sub> – можливе побиття кінцівок рук; НД<sub>3</sub> – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз’єм; НС<sub>2</sub> – можливе падіння капота та побиття кісті рук; Т<sub>1</sub> – травма пальців; Т<sub>2</sub> – побиття ліктів рук; НД<sub>4</sub> – фіксація регулювальної шторки; НС<sub>3</sub> – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; Т<sub>3</sub> – пошкодження пушок пальців рук; КС – защемлення кінцівок; НДд – необхідна допомога іншої особи

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

## 4.2 Пожежна безпека

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

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

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 50x20x8 м).



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

Радіус захисту  $r_x$  подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 4.2) визначиться за відношенням [2]:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (4.1)$$

де  $h$  – висота блискавковідводу, м;

$h_x$  – висота будівлі, м.

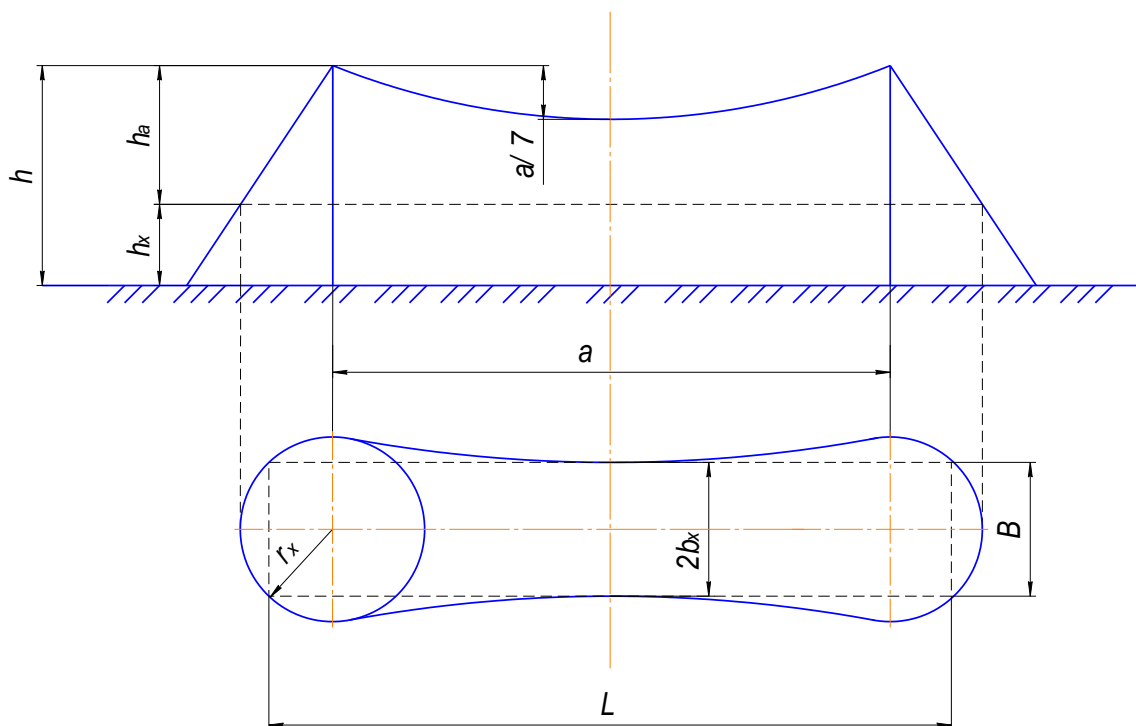


Рисунок 4.2 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

Приймаємо висоту блискавковідводу  $h = 20$  м.

Тоді ,

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{20-8}{20+8} = 13,7 \text{ м}$$

Захисна дія блискавкозахисту характеризується коефіцієнтом захисту

$k_x$ :

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}. \quad (4.2)$$

Тоді,

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{8}{20}} = 1,14$$

Граничний коефіцієнт  $k_x$  за висоти блискавковідводу менше 30м становить 1,14.

Ширина внутрішньої захисної зони  $2b_x$  на висоті  $h_x$  визначиться за формулою:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x \quad (4.3)$$

де  $h_a$  – активна висота блискавковідводу, м;

$a$  – віддаль між блискавковідводами, м.

$$h_a = h - h_x, \quad (4.4)$$

тоді,

$$20 - 8 = 12 \text{ м}$$

Для прямокутних будівель

$$a = L - B. \quad (4.5)$$

Відповідно,

$$a = 50 - 20 = 30 \text{ м}$$

Тоді, розрахункова ширина внутрішньої захисної зони буде рівна:

$$2b_x = \frac{7 \cdot 12 - 30}{14 \cdot 12 - 30} \cdot 4 \cdot 13,7 = 27,43 \text{ м}$$

Отже, навівши контури захисної зони на контури будівлі СТО, отримали захисну зону від ударів блискавки.

### 4.3 Охорона праці

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 4.4 Організаційно-технічні рекомендації

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

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

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

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

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

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів. Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водяним екосистемам, ведуть до знищення фауни, викликають підвищену корозію металів і руйнування будівельних конструкцій. Крім того, оксиди азоту сприяють фарбуванню повітря в коричневий колір, а в сполученні з різними аерозолями викликають грязьовий туман (смог), погіршуючи видимість.

Реальні кількісні оцінки шкідливих викидів від автомобільного транспорту вкрай важкі. Це зв'язано з тим, що автомобіль є мобільним джерелом з несталим процесом виділення шкідливих речовин.. Головними причинами підвищеного забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом є: незадовільна якість автотранспортного палива; низькі техніко-експлуатаційні показники парку автотранспортних засобів. Обидва ці фактори впливають на забруднення атмосфери як безпосередньо (наприклад, через неефективне спалювання палива), так і побічно (через невиправдано високу витрату палива).

Основними проблемами, зв'язаними з якістю автотранспортних палив, є :

- низьке октанове число в більшій частині реалізованих бензинів;
- незначні обсяги виробництва зимових сортів дизельного палива.

І тому, такий стан речей не дає гарантій ефективного використання нафтопродуктів, призводить до необхідності підвищеного споживання автотранспортних палив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина так званих етилованих (тобто утримуючих свинець, бензину). Формулювання " значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафторосподільному секторі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

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

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

Практика виробничо-дослідного господарства переконливо показує, що проблема боротьби з ерозією ґрунтів має розвиватись на основі планового проведення комплексу протиерозійних заходів. Найбільш поширеними заходами є організаційно-господарські, протиерозійні, агротехнічні, агролісомеліораційні та гідротехнічні. Вони передбачають безпечне в ерозійному відношенні сільськогосподарське використання земель і найбільш ефективно використання різних способів і методів боротьби з ерозією. Боротьба з водною ерозією ведеться різними способами, а саме проводиться ґрунтозахисна сівозміна. А боротьба з вітровою ерозією передбачає захист полів від вітру, збереження в ґрунті вологи.

Дуже часто на автомобільних підприємствах, технічне обслуговування автомобілів проводиться не на належному рівні: а) відпрацьовані оливи зливаються на землю; б) зношені шини спалюються безпосередньо на землі. Злив відпрацьованих олив приводить до забруднення ґрунту, а спалювання шин, приводить до вигорання родючого шару ґрунту і забруднення атмосфери продуктами згоряння. Щоб уникнути таких негативних явищ, слід відпрацьовані оливи збирати в ємність для подальшої переробки, а зношені шини відправляти на утилізацію у відповідні спеціалізовані підприємства.

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

Спалюючи велику кількість палива, автомобільна техніка викидає у повітря значну кількість шкідливих речовин, що спричиняють значне

забруднення атмосфери. Тому, правильне зберігання і використання нафтопродуктів - один із найважливіших чинників охорони атмосферного повітря. Для запобігання підтікання паливо - мастильних матеріалів з автомобільних засобів, на у автомобільних підприємствах проводиться контроль стосовно періодичних технічних обслуговувань або усунення несправностей окремих вузлів.

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

При зберіганні бензину, вільне сполучення внутрішнього середовища резервуарів з атмосферою недопустиме, оскільки це призводить до його значних втрат. Тому всі отвори резервуарів з нафтопродуктами, що легко випаровуються, повинні бути щільно закриті.

Одним з найбільш використовуваних ресурсів у побуті - вода. Найбільшим її споживачем є сільське господарство.

Основним завданням охорони довкілля є дбайливе ставлення до неї, збереження та створення сприятливих умов для життя суспільства.

Біля території СТО знаходиться незначна кількість невеликих потічків та відкритих водойм. Тому, від робочого персоналу по обслуговуванню автомобілів вимагається належне ставлення до відпрацьованих рідин (зливати у відповідні ємкості для подальшої утилізації у відповідних передбачених законом місцях)[1]. Хімічні рідини, що призначені для миття агрегатів чи кузова автомобіля, необхідно зберігати в типових складських приміщеннях.

Також, пост зовнішнього миття автомобілів та вантажної техніки, необхідно обладнати устаткуванням для повторного використання води, а стічні води від інших приміщень (загального користування), направляти у

відстійники та після певного часу зберігання, вивозити спеціальним транспортом.

#### **Висновки до розділу 4**

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

- Стану вентиляційної системи та своєчасного видалення шкідливих речовин, що утворюються в процесі діагностики.
- Рівня підготовки персоналу з питань дотримання правил безпеки під час проведення діагностичних робіт.
- Технічного стану обладнання, яке використовується для діагностики.
- Наявності наочних інформаційних матеріалів щодо подій, які можуть вплинути на безпеку під час проведення діагностичних робіт.
- Проведено розрахунку пожежної безпеки будівлі, у якій проводяться ремонтні роботи автомобілів. Розрахована захисна зона громовідводом із радіусом дії приблизно 27,40 м.



## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Економічні витрати

Економічні витрати автомобіля з електронним керуванням під час аварійного режиму роботи, можуть бути значними і включати різні аспекти.

Ось деякі із можливих:

Ремонт електроніки. В аварійних ситуаціях, може виникнути необхідність у серйозному ремонті або заміні електронних компонентів і систем. Вартість зазначених вище робіт може бути значною, через високу складність сучасних електронних систем [13].

Вартість заміни частин. Якщо аварійний режим призвів до пошкодження виконавчих елементів автомобіля (датчики, блоки управління і інш.), то вартість їх заміни або відновлення можуть бути досить значні.

Втрати від зупинки. Якщо автомобіль перебуває в аварійному режимі, це може призвести до зупинки або обмеження його функцій. А також спричинити втрати для власників, пов'язані з невикористанням транспортного засобу.

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

Вартість діагностики та трудовитрат. Визначення та усунення проблем у системах електронного керування, може вимагати великих трудовитрат та витрат на діагностику.

У загальному, слід зазначити, що економічні витрати в аварійному режимі для автомобіля з електронним керуванням, можуть бути значними через високотехнологічні компоненти, складність діагностики та ремонту.

## 5.2 Вплив сенсора кисню на економічні показники бензинового двигуна

Давач кисню, також відомий, як лямбда-зонд, важливий для регулювання суміші повітря та палива в бензинових двигунах. Його вплив на економічні показники може бути дуже значним.

Ось деякі аспекти, які пам'ятати:

- Ефективність споживання палива (паливна ефективність). Давач кисню на автомобільному двигуні, оптимізує вміст повітря та палива у робочій суміші, що забезпечує ефективне їхнє згоряння. А це відповідно, позитивно впливає на споживання палива та зменшує викиди.

- Зменшення шкідливих викидів. Сенсор кисню дозволяє уникнути збільшення витрати палива, для його згоряння. Це дозволяє двигуну працювати оптимально і зменшує кількість шкідливих викидів у атмосферу.

- Збереження каталізатора. Давач кисню, дуже важливий для роботи каталізатора, який відповідає за зниження рівня шкідливих викидів. Правильна робота сенсора, дозволяє підтримувати ефективність каталізатора і зменшує його зношення.

- Максимальна потужність. Зазначений сенсор, також може впливати на максимальну потужність двигуна, підтримуючи його функціонування на оптимальному рівні.

- Тривалість експлуатаційного періоду двигуна. Правильна робота сенсора кисню, може сприяти збереженню двигуна, зменшуючи його знос та забезпечуючи оптимальні умови роботи.

Узагальнюючи, сенсор кисню відіграє ключову роль в оптимізації роботи бензинового двигуна, що може призвести до покращення його економічних показників, таких, як споживання палива та екологічних показників.

### 2.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Використання комп'ютерного діагностичного обладнання для аналізу електронного блоку керування автомобілем, дозволяє вчасно виявляти проблеми у роботі виконавчих електронних компонентів, які формують або коригують електричні сигнали від робочих механізмів, що контролюються блоком управління. Для розрахунку економічних витрат, коли досліджуваний автомобіль потрапляє в аварійний режим роботи (за неякісної роботи сенсора кисню), використовується методика, яка детально описана у джерелі [7].

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

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

де  $Z_n$  – витрати на паливо;

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

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

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

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

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

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

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

де,  $C_n^{\delta}$  – 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:

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

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

Отже:

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

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 ( $\epsilon = 0,01$  - 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

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

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

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

### **Висновки до розділу 5**

У разі несправності сенсора кисню, інжекторний двигун з електронним блоком управління, заходить у режим самодіагностики, з появою на панелі приладів індикатора «Check», що викликає підвищене споживання палива, економічні збитки та зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Внаслідок цього, витрати палива збільшуються приблизно на 3 літри на кожні 100 кілометрів, що призводить до річних фінансових втрат у розмірі близько 21829,50 гривень.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз бібліографічних джерел із техніко-економічної точки зору свідчить про недостатнє вивчення впливу кисневого сенсора на швидкісні характеристики паливної системи інжекторних двигунів. Це особливо актуально для режимів роботи, які характеризуються нестабільністю (тобто, експлуатація автомобіля в умовах житлових масивів).

Виконано розрахунок теплового балансу двигуна з електронним управлінням, у результаті чого, визначено диференціальні значення теплот, що виділяються під час згоряння робочої суміші. Це дає можливість, провести порівняльний аналіз кількості ефективної теплоти  $Q_e$ , що утворилася за якісної і неякісної дії сенсора концентрації кисню у випускних газах.

Також, проведений розрахунок широкосмугового сенсора кисню, що формує електричні імпульси (силу струму) на змінному переході напруги від 0,1 до 1 В. (для подачі оптимального паливно-повітряного заряду в камери згоряння двигуна, що відповідно суттєво впливає його економічну роботу).

Згідно розрахунків теплового балансу, втрати ефективної теплоти  $Q_e$  становили 23%.

Використання програми "Electude" та електронного осцилографа, дозволило оцінити вплив датчика кисню на робочі параметри бензинового двигуна:

- Електричний сигнал лямбда-зонда у режимі прогрівання склав 0,8 В.
- Увімкнення датчика кисню відбулося за температури двигуна 78°C.
- За змінних швидкісних характеристик двигуна, значення вихідних імпульсів змінюються від 0,2 до 0,8 В, а їхня частота пропорційно росте, згідно підвищених обертів колінчастого валу.

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

- Стану вентиляційної системи та своєчасного видалення шкідливих речовин, що утворюються в процесі діагностики.
- Рівня підготовки персоналу з питань дотримання правил безпеки під час проведення діагностичних робіт.
- Технічного стану обладнання, яке використовується для діагностики.
- Проведено розрахунок пожежної безпеки будівлі, у якій проводяться ремонтні роботи автомобілів. Розрахована захисна зона громовідводом із радіусом дії приблизно 27,40 м.

У разі несправності сенсора кисню, інжекторний двигун з електронним блоком управління, заходить у режим самодіагностики, з появою на панелі приладів індикатора «Check», що викликає підвищене споживання палива, економічні збитки та зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Внаслідок цього, витрати палива збільшуються приблизно на 3 літри на кожні 100 кілометрів, що призводить до річних фінансових втрат у розмірі близько 21829,50 гривень.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

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



11. Двигуни внутрішнього згоряння : [підручник]: у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова].:Т. 2 : Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. Харків : Видавн. центр НТУ «ХП», 2004, 367 с.
12. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. К.: Каравела, 2009, 400с.
13. Дяченко В.Г., Саловський В.С., Кропівний В.М. Розрахунок автомобільних двигунів. Навчальний посібник; За ред. к.т.н. В.Г. Дяченка, к.т.н. В.С. Саловського. Кіровоград: КДТУ, 2003. 266 с.
14. Навчальне середовище «Electude»/ Електронний ресурс, режим доступу: <https://lnau.electude.eu>.
15. Войтов В. А., Чепурний Ю.В. Метод віброакустичного дослідження клапанного механізму двигуна внутрішнього згорання. Збірник наукових праць. 2020. N 2. 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 згоряння. 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. Сирота В. І., Сахно В. П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія. Навчальний посібник К.: Арістей, 2007, 288 с.

21. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля. Наука і техніка, 2012, 392с.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.