

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ім. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістерського рівня освіти

на тему: «Дослідження впливу котушки запалювання на
експлуатаційні характеристики двигуна»

Виконав: студент VI курсу групи Ат-63
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Анатолій БУНЯК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон МАГАЦ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 631.359.1: 89

Козак А. В. «Дослідження впливу котушки запалювання на експлуатаційні характеристики двигуна»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З.Гжицького, 2025. 62с.

Табл.6; рис. 18; бібліогр. джерел 27.

Проведено огляд літературних джерел, щодо застосування електронних систем запалювання в інжекторних двигунах внутрішнього згоряння. Особливий акцент направлено на характеристиці пробивної напруги індукційних котушок (між електродами свічок запалювання), що суттєво впливає на експлуатаційні характеристики бензинового двигуна.

Методика розрахунку індуктивності магнітного поля, що виникає у середовищі первинної обмотки доводить, що пробивна напруга на електродах свічок запалювання є на $\frac{1}{2}$ меншою. Тобто, якщо накопичувальна напруга досягла значення 25000 В, то пробивна (на ХХ двигуна) буде становити близько 10000 В.

Створено модель потенційно небезпечних ситуацій, що можуть виникнути в процесі дистанційного діагностування автомобілів.

Обґрунтовано та детально викладено організаційно-технічні рекомендації, яких необхідно дотримуватися робочому персоналу під час проведення діагностики автомобілів.

Часткова несправність модуля запалювання, зумовлює щорічні фінансові збитки, що орієнтовно становлять 23 760,00 грн.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Особливості системи запалювання	8
1.1.1 Принцип роботи системи апалювання	8
1.2 Вплив системи запалювання на експлуатаційні характеристики автомобіля.....	8
1.2.1 Переваги електронної системи запалювання перед існуючими контактними.....	10
1.2.2 Основні компоненти системи.....	10
1.3 Види систем запалювання	13
1.4 Особливості роботи систем запалювання	15
Висновки до розділу 1.....	19
2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Розрахунок електромагнітної індукції у котушці запалювання, за різних швидкісних характеристик двигуна	21
2.1.1 Принцип роботи котушки запалювання	21
2.2 Вплив швидкісних характеристик двигуна на формування електричного розряду.....	22
2.3 Методика розрахунку теплового балансу двигуна, за некоректної роботи котушки запалювання	24
Висновки до розділу 2.....	27
3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	29
3.1 Методика оцінки справності індукційної котушки	29
3.1.1 Послідовність операцій для перевірки первинної обмотки	29
3.1.2 Перевірка вторинної обмотки	30
3.1.3 Перевірка наявності іскри	30
3.1.4 Перевірка вторинної обмотки	31
3.1.3 Перевірка наявності іскри обмотки	31

3.2	Діагностика за допомогою сканера та осцилографа	32
3.3	Основні особливості електронних систем запалювання	32
3.4	Використання осцилографу під час діагностики котушок запалювання системи «СОР».....	36
3.4.1	Типові несправності за осцилограмою	37
3.5	Методика оцінки електротехнічного стану котушок із вбудованим комутатором	38
3.5.1	Осцилограма керуючого сигналу	39
3.5.2	Несправності, які виявляє осцилограф	40
3.6	Обладнання для досліджень	41
	Висновки до розділу 3.....	44
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	45
4.1	Безпека під час комп'ютерної діагностики автомобіля із електронним управлінням	45
4.2	Пожежна безпека	47
4.3	Охорона праці робочого персоналу.....	50
4.4	Організаційно-технічні рекомендації	51
	Висновки до розділу 4.....	54
5.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
5.1	Дослідження економічних витрат	55
5.2	Дослідження експлуатаційних витрат автомобіля, за некоректної роботи індивідуального модуля запалювання	55
	Висновки до розділу 5.....	58
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	59
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	61

ВСТУП

Електронні системи, що у автоматичному режимі управляють автомобілями і їхніми бортовими пристроями, здебільшого мають подібну структурну будову. Різноманітні електронні датчики перетворюють інформацію про контрольовані неелектричні величини в електричні сигнали. Після цього, ці сигнали оцифровуються та передаються до електронного блоку управління. На основі отриманих даних і відповідно до прошитих алгоритмів, мікроконтролер здійснює їх аналіз і керує виконавчими механізмами — реле, соленоїдами, електродвигунами, електронними модулями запалювання тощо.

Подальший розвиток автомобільних електронних систем, значною мірою залежить від застосування точних, надійних та фінансово доступних електронних елементів. Починаючи з 1990-х років, більшість виробників активно працюють над зниженням токсичності викидів, що спричинило необхідність установки додаткових сенсорів для контролю функціонування силового агрегату (системи випуску, паливного упорскування, трикомпонентного каталізатора, точного регулювання співвідношення повітря й палива, якісного і вчасного запалювання робочої суміші). Завдяки цьому, вдалося суттєво зменшити шкідливість відпрацьованих газів.

І для цього, щоб досягнути вище зазначених показників, необхідно використовувати комп'ютерну діагностику автомобіля, що потребує використання спеціалізованих діагностичних комплексів, які дають змогу оцінити технічний стан різних систем та їхніх електронних елементів. Такий підхід забезпечує оперативне й точне визначення несправностей, аналіз роботи електронних модулів та виправлення помилок, що можуть виникати під час експлуатації сучасного автомобіля [1]-[3].

Для оперативного й точного дослідження впливу індукційної котушки (модуля запалювання) на формування пробивної напруги між електродами свічок запалювання (що впливає на повноту згоряння паливної суміші в

камерах згоряння двигуна), застосовують сучасні засоби діагностики — сканери, осцилографи, мультиметри та інші електронні діагностичні засоби.

Відповідно, **метою** цієї кваліфікаційної роботи, є дослідження електричного сигналу первинної обмотки котушки запалювання та його прямого впливу на формування пробивної напруги на свічках запалювання.

Для цього необхідно:

1. Проаналізувати літературні джерела, щодо існуючих систем запалювання, що використовуються в сучасних двигунах з електронним управлінням.
2. Дослідити тепловий баланс інжекторного двигуна в умовах неякісної роботи котушки запалювання.
3. Здійснити комп'ютерну діагностику сучасного автомобіля, зокрема, дослідити форму та значення електричного сигналу первинної обмотки (момент його розмикання).
4. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
5. Визначити експлуатаційні витрати, за неякісно працюючої котушки запалювання

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Особливості системи запалювання

Сучасна система запалювання автомобіля (бензинового двигуна) — це, як правило, електронна (мікропроцесорна) система, яка забезпечує створення високовольтного електричного розряду (іскри) на свічках запалювання, в точно визначений момент (для займання паливно-повітряної суміші в циліндрах двигуна).

Вона еволюціонувала від контактних та безконтактних систем, ставши набагато точнішою, надійнішою та ефективнішою [5]-[8].

1.1.1 Принцип роботи системи апалювання

Основний принцип залишається незмінним: система перетворює низьку напругу автомобільної мережі (зазвичай 12 В) на високу напругу (до 25000 В і більше), необхідну для пробоя повітряного проміжку між електродами свічки та створення потужної іскри.

На відміну від старих систем, сучасна електронна система використовує електронний блок керування (ЕБК) двигуном, який на основі даних від численних датчиків (положення колінчастого вала, навантаження, температури двигуна тощо), визначає оптимальний момент запалювання (кут випередження запалювання) для кожного циліндра.

1.2 Вплив системи запалювання на експлуатаційні характеристики автомобіля

Система запалювання має суттєвий вплив на експлуатаційні характеристики автомобіля, оскільки вона відповідає за своєчасне та ефективне займання паливно-повітряної суміші в циліндрах двигуна.

Несправна або неправильно налаштована система запалювання, може призвести до значного погіршення таких показників:

- Потужність і динаміка двигуна:
 - Неправильний момент запалювання (занадто ранній або запізнений) безпосередньо знижує ефективність згоряння. Оптимальний момент забезпечує максимальний тиск газів у циліндрі в потрібний момент, що гарантує максимальний крутний момент і потужність.
 - Пропуски запалювання (через несправні свічки, котушки, або високовольтні дроти) призводять до того, що частина палива не згоряє, що спричиняє втрату потужності, ривки під час прискорення та нестабільну роботу на холостому ході.
- Економічність палива:
 - Ефективне згоряння, забезпечене справною системою запалювання, максимізує вихід енергії з кожного об'єму палива.
 - Проблеми в системі (наприклад, слабка іскра) призводять до неповного згоряння або потреби в "багатшій" суміші для компенсації, що прямо пропорційно збільшує витрату палива.
- Токсичність відпрацьованих газів (екологічність):
 - Неповне згоряння палива через проблеми із запалюванням, призводить до зростання викидів шкідливих речовин, таких як вуглеводні (СН) та оксид вуглецю (СО).
 - Сучасні системи запалювання (особливо електронні та мікропроцесорні), набагато точніше контролюють момент і енергію іскри, забезпечуючи якісне згоряння та відповідність екологічним нормам.
- Надійність і запуск двигуна:
 - Система запалювання з високою енергією іскри, значно полегшує запуск двигуна, особливо в холодний період або при роботі на збіднених сумішах [10]-[14].

○ Зношені виконавчі елементи (контакти, свічки, котушки) можуть призвести до затрудненого запуску ДВЗ чи до його нестабільної роботи.

1.2.1 Переваги електронної системи запалювання перед існуючими контактними

Електронні системи мають значні переваги над традиційними контактними [15]-[21]:

- Висока напруга і потужність іскри. Забезпечується вища вторинна напруга (до 30 кВ), що робить займання більш надійним, особливо на високих обертах і при збідненій суміші.
- Точне керування моментом запалювання: За допомогою ЕБУ та датчиків, можна дуже точно розрахувати та налаштувати кут випередження запалювання, залежно від умов роботи двигуна (оберти, навантаження, температура).
- Надійність і довговічність: Відсутність механічних контактів, які підгорають і вимагають регулювання зазору, підвищує надійність системи та продовжує термін служби.
- Покращена економічність і екологічність: Точне займання, призводить до більш ефективного згоряння палива, що зменшує його витрату та знижує токсичність вихлопних газів.

1.2.2 Основні компоненти системи

Найбільш поширені системи запалювання, що зустрічаються у сучасних двигунах, належать до типу DIS (Dual/Direct Ignition System) або COP, до складу яких входять [22]-[27]:

- Джерело живлення (акумуляторна батарея та генераторна установка).

- Замок запалювання (вмикає і вимикає живлення системи).
- Електронний блок керування (ЕБК):
 - "Мозок" системи.
 - Збирає дані з датчиків.
 - Обчислює оптимальний час і тривалість подачі струму на котушки (накопичення енергії) та момент розмикання ланцюга (подача іскри).
- Датчики:
 - Датчик положення колінчастого валу (ДПКВ). Це основний датчик, що визначає положення поршнів і частоту обертання двигуна.
 - Інші датчики (положення розподільного валу, температури, навантаження, детонації).
 - Комутатор (модуль запалювання). Керований ЕБК електронний вимикач (на основі транзисторів). Миттєво перериває низьковольтний струм у первинній обмотці котушки, викликаючи індукцію високої напруги у вторинній обмотці. У деяких сучасних системах, встановлений в ЕБК або безпосередньо у котушку.
- Котушки запалювання, являються ключовим елементом системи запалювання, оскільки вони виконують функцію трансформатора, необхідного для створення високої напруги, рис. 1.1.

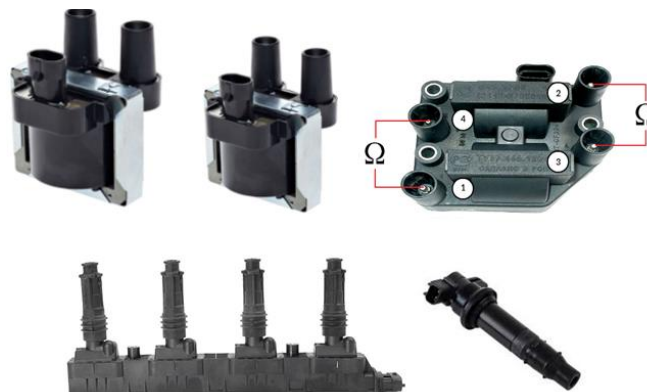


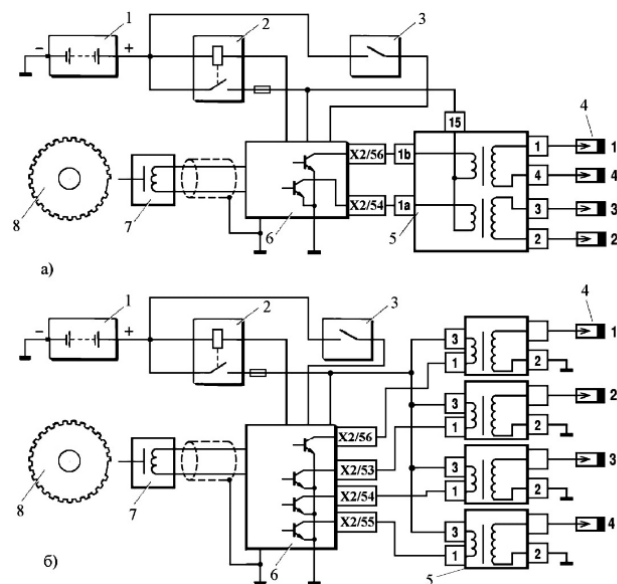
Рисунок 1.1 – Котушки запалювання

У котушок запалювання існують характерні несправності, серед яких найчастіше зустрічається міжвиткове замикання. Зазвичай, це обрив високовольтної вторинної обмотки, що виникає внаслідок слабкого іскрового розряду (на одній або кількох свічках запалювання).

Усі проблеми, властиві несправним свічкам, що у свою чергу впливають і на роботу модуля запалювання. Перевірку модулів виконують за виходами до свічок (пари одночасної подачі іскри — 1–4 або 2–3). Опір між цими виходами не повинен бути нижчим за 4000 Ом. Зазвичай, опір вторинної обмотки модуля знаходиться в межах 4000–5000 Ом.

Варто також відзначити, що частина несправностей модулів запалювання, пов'язана з комутатором — платою, яка містить кілька мікросхем, залитих спеціальним тепловідвідним гелем. Для відновлення роботи комутатора, його елементи за потреби замінюють.

На рис. 1.2, подано електричні схеми систем запалювання сучасних двигунів.



1 – джерело живлення (АКБ); 2 – головне реле; 3 – замок запалювання; 4 – свічки запалювання; 5 – котушки запалювання; 6 – комутатор; 7 – датчик обертів колінчастого валу; 8 – інформаційний диск.

Рисунок 1.2 – Електричні схеми систем запалювання двигунів з ЕБУ.

1.3 Види систем запалювання

На сучасних автомобілях у більшості випадків встановлюються слідуєчі електронні системами: Bosch Motronic, Simos , Magneti - Marelli і інші [16].

Вони можуть бути з розподільником та із прямим запалюванням.

У табл.1.1, занесено види катушок запалювання, що використовуються на сучасних двигунах.

Таблиця 1.1 – Види катушок запалювання

Типи катушки	Опис	Застосування
1	2	3
Загальна (з переривником розподільником).	Одна катушка, яка обслуговує всі циліндри. Висока напруга розподіляється до свічок за допомогою механічного розподільника (трамблера).	Старі карбюраторні та моно інжекторні двигуни.
Здвоєні (DIS)	Одна катушка подає іскру одразу на дві свічки: одна працює "на робочий хід", інша "вхолосту" (у такті випуску). Зазвичай, один модуль обслуговує 2 циліндри.	Перехідні системи без розподільника.
Індивідуальні (COP - Coil-on-Plug)	Найпоширеніший сучасний тип. Кожен циліндр має власну катушку, яка встановлюється безпосередньо на свічку запалювання (або через короткий наконечник).	-

У системах прямого запалення, високовольтна напруга подається на свічки безпосередньо від індукційної катушки. Стабільна та ефективна робота таких систем можлива лише за умови, що електронні датчики передають до блоку керування точні й своєчасні електричні сигнали. До основних із них належать:

- датчик частоти обертання колінчастого валу;
- датчик фаз;
- датчик кількості повітря;
- датчик детонації;
- датчик температури повітря на впуску;
- датчик температури двигуна;
- датчик тиску у впускному колекторі;
- датчик положення дросельної заслінки;
- датчик тиску палива в паливній рампі;
- датчик кількості кисню.

У сучасних мікропроцесорних системах запалювання двигунів, подача високої напруги до кожної свічки здійснюється окремо через багатоканальні провідники [11]. У таких системах впроваджено використання лазерних свічок запалювання, які не потребують проміжного елемента на кшталт котушки запалювання. Це підвищує надійність роботи системи, збільшує її ефективність (ККД) та зменшує вплив високочастотних електричних імпульсів на електронні блоки бортової мережі автомобіля.

На рис. 1.3, представлено форма і значення електричних розрядів модуля запалювання (попарної дії)

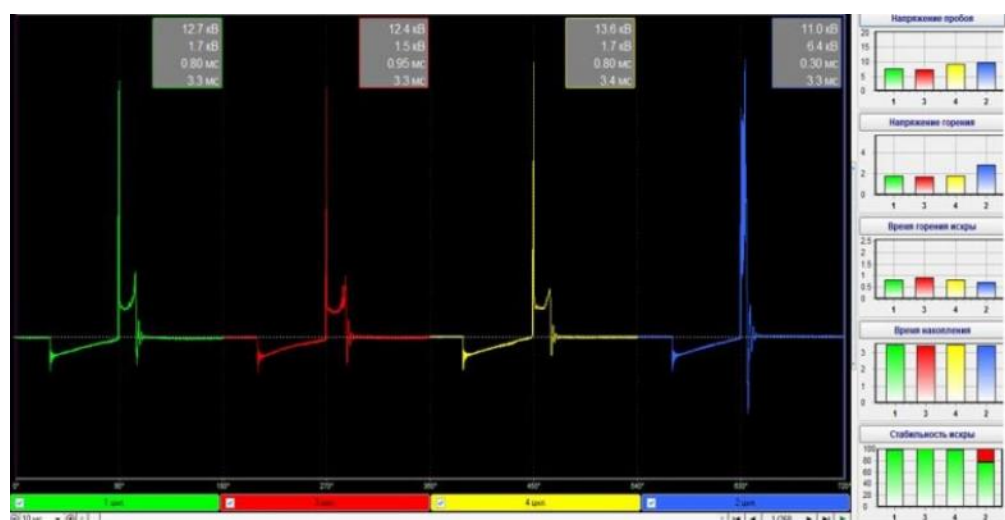
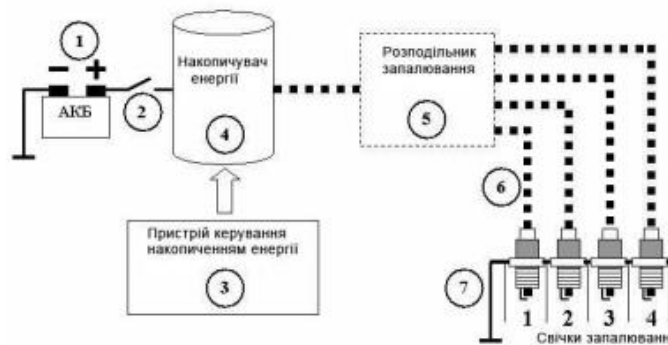


Рисунок 1.3 – Електричні розряди на свічках запалювання 4-ох циліндрового двигуна [14].

1.4 Особливості роботи систем запалювання

Системи запалювання сучасних двигунів внутрішнього згоряння постійно вдосконалюються та відрізняються конструктивною будовою і принципами функціонування. Серед основних відмінностей можна відокремити способи визначення моменту запалювання та методи розподілу високої напруги. Важливим компонентом будь якої системи запалювання, є здатність забезпечити оптимальний кут випередження запалювання. Це має вирішальне значення для формування максимальної теплової енергії газів, що дозволяє підвищити ефективність роботи циліндрів. На рис. 1.5, наведено приклад батарейної системи запалювання бензинового двигуна [10].



1 – АКБ; 2 – вимикач; 3 – пристрій управління накопиченням енергії; 4 – індукційна котушка; 5 – розподільник; 6 – високовольтні провідники;
7 – свічки запалювання.

Рисунок 1.5 – Батарейна система запалювання.

Джерелом живлення для всіх типів систем запалювання, слугують акумуляторна батарея та генератор, які під'єднані до бортової мережі паралельно. Роботу мікропроцесорної системи запалювання, зображеної на рис. 1.6, можна описати так: електричні сигнали від датчиків частоти обертання, розподільного вала, температури двигуна та інших параметрів надходять до електронного блоку керування. На основі цих сигналів блок формує команди для комутатора, який накопичує потрібну кількість

електроенергії та автоматично коригує кут випередження запалювання.



Рисунок 1.6 – Електронна система запалювання бензинового двигуна [13].

Різні типи електронних систем керування сучасних автомобілів відрізняються кількістю датчиків, їхнім розташуванням на двигуні та конструктивними особливостями, що впливають на формування й передачу електричних сигналів. Наприклад, комутатор-запальник функціонує, як транзисторний ключ, який отримує імпульси від електронного блоку керування та в потрібний момент замикає або розмикає первинне коло котушки запалювання. Залежно від конструкції, у системі може бути декілька комутаторів, закріплених за окремими котушками. Існують різні схеми їхньої інтеграції: комутатори можуть бути вбудовані в електронний блок керування, встановлені окремо для кожної котушки, об'єднані в окремий модуль, що взаємодіє з ЕБУ та котушками, або використовуватися індивідуально разом із індукційними котушками.

У сучасних автомобілях дедалі частіше використовують:

- індивідуальні системи запалювання (EFS та COP), рис. 1.7;
- синхронні системи запалювання, у яких одна котушка обслуговує два циліндри (DFS).

Зазвичай, мікропроцесорні системи керування можуть містити як один спільний блок із комутатором для всіх індукційних котушок, так і окремі комутатори та модулі для кожної котушки. Комутатори можуть бути інтегровані в електронний блок керування або встановлюватися

безпосередньо на індукційній котушці — у складі модуля запалювання.



Рисунок 1.7 – Індивідуальна система запалювання [16].

У сучасних інжекторних двигунах з електронною системою управління, найчастіше використовують різновиди системи EFS (катушка на кожний циліндр, з'єднана через високовольний електропровідник), зокрема COP (Coil on Plug) — «катушка на свічці». У такій конфігурації, індукційна катушка встановлюється безпосередньо на свічку запалювання, рис. 1.8.

Важливою перевагою цієї системи, є відсутність високовольних дротів, які зазвичай істотно впливають на стабільність та якість формування іскри.

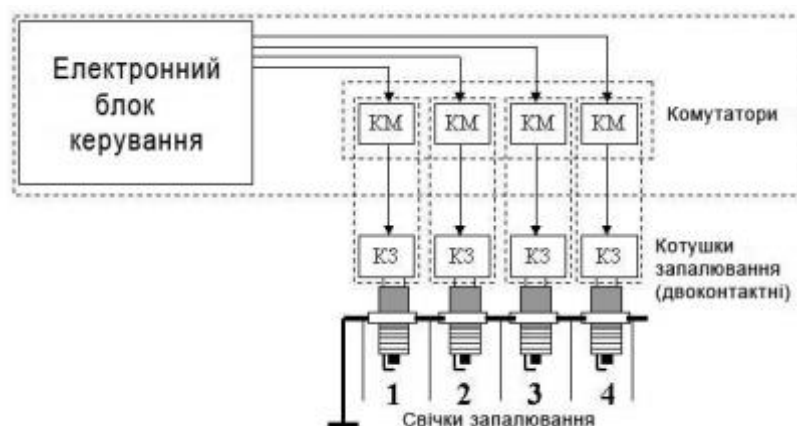


Рисунок 1.8 – «COP» система запалювання інжекторного двигуна.

Напругу, необхідну для створення іскрового розряду в повітряному

проміжку між електродами свічки запалювання, можна оцінити за її пробивною здатністю, що визначається за відтінком іскри. Важливо врахувати, що інтенсивність розряду прямо залежить від тиску паливо-повітряної суміші в циліндрі. Тому електронна система запалювання повинна формувати вищу пробивну напругу під час такту стиску, ніж під час такту випуску. Це пов'язано з тим, що займання (за умов атмосферного тиску) потребує значно меншої енергії, що фактично призводить до її нераціональних втрат і вимагає подальших досліджень та удосконалення системи.

Також слід зауважити, що індукційні котушки в системі DFS можуть виконуватися у двох конфігураціях: із підключенням до свічок через високовольтні дроти або з безпосереднім з'єднанням зі свічками, як у системі «COP». Такий різновид отримав назву «DFS-COP», що продемонстровано на рис. 1.9.

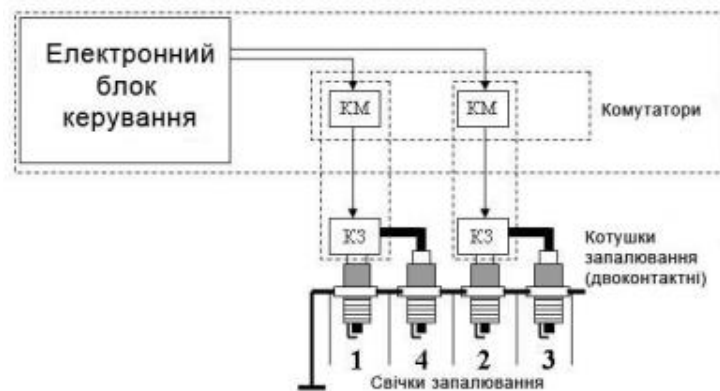


Рисунок 1.9 – Система запалювання «DFS-COP» [16].

У бензинових двигунах, також застосовують статично-синхронну систему запалювання з двовивідними індукційними котушками (DFS-систему), показану на рис. 1.10. У такій системі, іскровий розряд формується одночасно в двох циліндрах: в одному — під час такту стиску, а в іншому — у такті випуску. Останній розряд називають «холостою іскрою». У технічній літературі, така схема запалювання відома під назвою «wasted spark».

Наприклад, у шестициліндровому V-подібному двигуні іскра одночасно подається в 1-й і 4-й циліндри, проте положення поршнів та їх робочі такти в цей момент різняться.



Рисунок 1.10 - Система «DFS».

Проаналізувавши наведені вище електронні системи запалювання, можна стверджувати наступне, що з часом та за різних умов експлуатації, всі вони можуть виходити з ладу або працювати нестабільно. Для їх оперативного й якісного налаштування, необхідне спеціалізоване діагностичне обладнання та відповідне програмне забезпечення.

У цій кваліфікаційній роботі для дослідження обрано системи запалювання «COP» та «DFS», які широко застосовуються в сучасних бензинових двигунах з електронним керуванням.

У наступних розділах, буде розглянуто й проаналізовано, як процес розмикання струму в первинному колі індукційної котушки впливає на формування пробивної напруги у свічках запалювання, що відповідно суттєво впливає на швидкісні характеристики двигуна.

Висновки за розділом 1

Проведено огляд літературних джерел, щодо застосування електронних систем запалювання в інжекторних двигунах внутрішнього згорання.

Особливий акцент направлено на характеристики пробивної напруги індукційних катушок (між електродами свічок запалювання), що суттєво впливає на експлуатаційні характеристики бензинового двигуна.

Для оперативного та точного виявлення несправностей у компонентах сучасної електронної системи запалювання, запропоновано дослідити, як некоректна робота індукційної катушки впливає на формування електричного розряду та на вихідні сигнали кисневого сенсора.

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок електромагнітної індукції у котушці запалювання, за різних швидкісних характеристик двигуна

Розрахунок електромагнітної індукції (Е.Р.С.) у котушці запалювання не є простим і прямолінійним, оскільки залежить від багатьох факторів, включаючи швидкісні характеристики двигуна.

Основний принцип роботи котушки запалювання базується на явищі взаємної індукції та формулі електромагнітної індукції Фарадея.

2.1.1 Принцип роботи котушки запалювання

Котушка запалювання — це підвищувальний трансформатор, який складається з двох обмоток:

1. Первинна обмотка (N_1 витків): через неї пропускається постійний струм від акумулятора.
2. Вторинна обмотка (N_2 витків): має значно більше витків, ніж первинна. Коли струм у первинній обмотці різко переривається (за допомогою електронного комутатора або механічного переривника), відбувається швидка зміна магнітного потоку (Φ) в осерді. Ця зміна магнітного потоку індуктує високу напругу (Е.Р.С. індукції, E) у вторинній обмотці.

$$E_2 = -N_2 \cdot \frac{d\Phi}{dt}, \text{ В} \quad (2.1)$$

де:

- E_2 - індукована Е.Р.С. у вторинній обмотці (висока напруга).
- N_2 - кількість витків вторинної обмотки.
- $d\Phi/dt$ - швидкість зміни магнітного потоку.

2.2 Вплив швидкісних характеристик двигуна на формування електричного розряду

Швидкісні характеристики двигуна (оберти за хвилину, n) впливають на час, доступний для накопичення та віддачі енергії в котушці.

1. Зміна часу накопичення енергії (t_n)

Індукована Е.Р.С. прямо не залежить від обертів двигуна, але від обертів залежить тривалість замкненого стану первинного кола (час накопичення енергії, t_n).

- На низьких обертах (холостий хід): t_n тривалий. Це дозволяє струму в первинній обмотці (I_1) досягти свого максимального значення ($I_{1,max} U/R_1$, де U — напруга живлення, R_1 — опір первинної обмотки).

Накопичена енергія визначиться:

$$W = \frac{1}{2} L_1 I_{1max}^2 \quad (2.2)$$

Вона буде максимальною, що призводить до максимальної індукованої Е.Р.С. E_2 (при розмиканні кола).

На високих обертах: час, доступний для накопичення енергії (t_n), скорочується. Якщо t_n стає занадто коротким, струм I_1 не встигає досягти $I_{1,max}$. Це призводить до зменшення накопиченої енергії (W) і, як наслідок, до зниження індукованої Е.Р.С. E_2 у вторинній обмотці.

Цей ефект називається падінням напруги запалювання при високих обертах.

2. Управління часом накопичення (Dwell Time)

У сучасних системах запалювання (з електронним керуванням) блок керування двигуном (ЕБУ) намагається підтримувати оптимальний час накопичення (t_n) незалежно від обертів колінчастого валу двигуна, щоб забезпечити постійну, достатньо високу енергію іскри. Це називається Dwell

Time Control (керування часом замкненого стану) і визначається за відомим виразом:

$$t_n = \frac{60}{n \cdot z}, \text{ сек.} \quad (2.3)$$

де n — оберти двигуна,

z — кількість циліндрів.

ЕБУ коригує цей час, щоб струм досяг необхідного значення, але не призвів до перегріву котушки.

Прямої формули, яка пов'язує оберти двигуна з Е.Р.С. індукції, немає. Залежність є опосередкованою через час, доступний для заряджання (накопичення енергії) котушки:

- Низькі оберти (ідеальні умови): $E_2 \approx E_{2,\max}$
- Високі оберти (обмеження часу): $E_2 < E_{2,\max}$ (якщо немає ефективного керування часом накопичення).

Таким чином, для розрахунку потрібно знати індуктивність первинної обмотки (L_1), коефіцієнт трансформації ($K_T = N_2/N_1$) та максимальний струм ($I_{1,\max}$), а потім змодельювати, як час накопичення t_n (який залежить від обертів n) впливає на фактично досягнутий струм $I_1(t_n)$.

Типові значення індукованої напруги (Е.Р.С.) у вторинній обмотці котушки запалювання вимірюються у (кВ) і залежать від режиму роботи двигуна та його потреби у пробіі іскрового проміжку.

Доведено, що напруга на холостому ході (900 об/хв) становить 10 кВ, а за підвищених обертів колінчастого валу (3000 об/хв) – складає 25 кВ.

Необхідно зауважити, що чим вищий тиск у циліндрі, необхідна вища напруга для пробію. Тому, нами встановлено, що максимальна розрахункова напруга котушки 25 кВ. Це максимальна напруга, яку здатна видати справна котушка (на холостому ході (10–20 кВ)). Двигун за таких умов працює з мінімальним навантаженням, а тиск у циліндрах відносно низький. Це

полегшує пробій іскрового проміжку, і система запалювання використовує лише мінімально необхідну напругу.

Сучасні системи керування підтримують достатній час накопичення енергії, щоб забезпечити цей вищий рівень напруги. Фактична напруга, що досягає свічки, завжди є мінімально необхідною для створення іскри. Запас між максимальною напругою котушки та необхідною напругою пробою є індикатором здоров'я системи запалювання.

2.3 Методика розрахунку теплового балансу двигуна, за некоректної роботи котушки запалювання

Якісна підготовка та процес спалювання робочої суміші в камерах згоряння, залежить від коректного та своєчасного налаштування основних робочих параметрів. Вибір оптимального моменту впорскування палива, а також часу відкриття впускних і випускних клапанів, суттєво впливає на ефективність згоряння. Система регулювання подачі повітря в інжекторних двигунах включає низку елементів і функцій, що забезпечують раціональний повітряний впуск і сприяють правильному утворенню паливно-повітряної суміші.

У разі некоректної роботи індукційної котушки чи модуля запалювання (через короткочасне міжвиткове замикання (покодження ізоляції)), електронний блок керування переводить двигун у аварійний режим. Використовуючи методику розрахунку теплового балансу двигуна, можна визначити втрати ефективної (корисної) теплоти Q_e , що виникають під час функціонування двигуна в цьому режимі.

Для цього необхідно визначити загальну теплоту Q , яка виділяється внаслідок згоряння робочої суміші, скориставшись відповідною формулою.

$$Q = Q_n \cdot G_n, \text{ кДж/год} \quad (2.8)$$

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

G_H - годинна витрата палива, кг/год.

Годинна витрата палива розраховується, за: як добуток ефективної потужності N_e , і питомої витрати палива g

$$G_H = N_e \cdot g. \quad (2.9)$$

де, N_e - ефективна потужність;

g - питома витрата палива

А теплоту Q_e , отримаємо за:

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

Відповідно, теплота g_e визначиться як:

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

Теплота Q_B , (що виводиться у навколишнє середовище), визначиться за виразом.

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

де C – коефіцієнт втрат ($C = 0,45 \dots 0,55$) [11];

i – кількість циліндрів;

D – діаметр циліндра, мм;

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

a – коефіцієнт надлишку повітря.

Тоді, теплота g_B , що виводиться системою охолодження, визначиться за відомою формулою:

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

Теплоту Q_r , (що виводиться з відпрацьованими газами), визначаємо за наступним виразом.

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

де C_p – середня теплоємність відпрацьованих газів, $C_p = 1,44$ кДж/кг град;

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

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

А масову кількість повітря $G_{пов.}$, отримаємо за:

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

приймаємо $G_{п.} = 5,5$ кг/год.

Відповідно, частку теплоти q_r , (у відпрацьованих газах), визначимо за відомим виразом

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

Інші витрати, $Q_{iн.в.}$ визначаються:

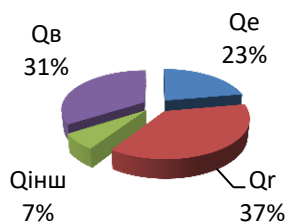
$$Q_{iн.в.} = Q - (Q_e + Q_r + Q_B) \quad (2.17)$$

А, частку $q_{iн.в.}$ отримаємо за виразом

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

Використання вище наведеної методики теплового балансу двигуна, дозволило визначити обсяг теплоти, що виділяється під час згоряння робочої суміші у випадках, коли система "Motronic" не створює достатнього за силою електричного розряду по циліндрах. На основі отриманих результатів були побудовані діаграми теплового балансу досліджуваного двигуна — як за умов коректної роботи системи запалювання, так і за некоректного функціонування котушки запалювання, рис. 2.1.

**За некоректної роботи
котушки запалювання**



За коректної

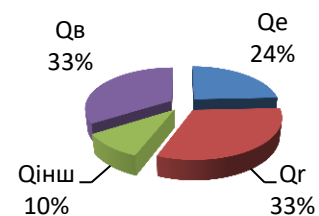


Рисунок 2.1 – Тепловий баланс двигуна (за якісної і неякісної котушки запалювання).

Аналіз діаграм теплового балансу двигуна засвідчив, що при несправній роботі індукційної котушки, ефективна теплота досягає 23%, тоді, як за умови її коректної функції, цей показник підвищується до 24%.

Висновки до розділу 2

Методика розрахунку індуктивності магнітного поля, що виникає у середовищі первинної обмотки (при його зміні), формує у вторинній обмотці котушки запалювання, високовольтну накопичувальну напругу доводить, що пробивна напруга на електродах свічок запалювання є на $\frac{1}{2}$ меншою. Тобто,

якщо накопичувальна напруга досягла значення 25000 В, то пробивна (на ХХ двигуна) буде становити близько 10000 В.

Проведено тепловий аналіз роботи двигуна за умов справної і несправної індукційної котушки запалювання. У підсумку з'ясовано, що за некоректної роботи котушки, частка ефективної теплоти становить 23%, тоді як за правильної роботи, цей показник досягає 24%.

3. МЕТОДИКА, ОБЛАДНАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика оцінки справності індукційної котушки

Для оцінки справності роботи котушок запалювання, використовують наступні методи:

- Візуальний огляд. Це перший і найпростіший спосіб, за допомогою якого можна виявити: тріщини та пошкодження (слід уважно проводити огляд корпусу котушки на наявність видимих тріщин, сколів, слідів пробою або нагару); окислення чи корозія електричних роз'ємів і дротів, які підключаються до котушки.

- Перевірка опору обмоток (за допомогою мультиметра). Цей метод є одним із найбільш поширених для діагностики несправностей обмоток. Для цього використовується мультиметр (омметр), переведений у режим вимірювання опору.

3.1.1 Послідовність операцій для перевірки первинної обмотки

1. Необхідно від'єднати котушку від автомобіля або.
2. Під'єднати щупи мультиметра до низьковольтних контактів котушки (зазвичай це "+" і "-"), рис. 3.1



Рисунок 3.1 – Визначення технічного стану первинної обмотки і вторинної обмотки котушки запалювання (за допомогою мультиметра).

3. Норма: Опір первинної обмотки зазвичай дуже низький, у межах від 0.4 до 4.0 Ом (у нашому випадку 3,5 Ом).

4. Несправність: Показання "1" або нескінченність (OL) - означає обрив в обмотці, а якщо показник близький до "0" — коротке замикання в обмотці.

3.1.4 Перевірка вторинної обмотки

Необхідно під'єднайте щупи омметра до виводу високої напруги (куди підключається свічковий дріт або сам високовольтний наконечник) та до одного з виводів первинної обмотки (або іншого відповідного контакту, згідно зі схемою котушки).

1. Норма: Опір вторинної обмотки значно вищий, зазвичай від 6 до 15 кОм (у нашому випадку, становить 7,4 кОм), але може варіюватися в залежності від моделі, (див. рис. 3.1).

2. Несправність: Значне відхилення від норми, також вказує на несправність (обрив або коротке замикання).

3.1.3 Перевірка наявності іскри

Цей метод є більш ризикованим і вимагає обережності.

1. Підготовка: Необхідно справну свічку запалювання зєднати із високовольтним наконечником котушки (або дріт).

2. Заземлення: Металеву частину свічки (різьблення) необхідно надійно натиснути до "маси" двигуна (чистої металевої частини).

3. Тест: Іншій особі короткочасно прокрутити колінчастий вал двигун (за допомогою стартера).

4. Результат: Має з'явитися яскрава, синя та стабільна іскра, яка пробиває повітряний проміжок між електодами свічки. Слабка, жовта або відсутня іскра, вказує на несправність. Необхідно зазначити, що перед цим

тестом, рекомендується відімкнути подачу палива, щоб уникнути заливання циліндрів.

3.2 Діагностика за допомогою сканера та осцилографа

За допомогою сканера OBD-II, можна виявити коди несправностей, пов'язані з пропусками запалювання (наприклад, P030X, де X — номер циліндра) або безпосередньо з котушкою запалювання (P035X).

Використання осцилографу, дозволяє визначити імпульси на котушці та оцінити форму хвилі високої напруги, що є найточнішим методом, але вимагає спеціального обладнання, рис. 3.2.

Електронна система запалювання (ЕЗЗ) є сучасною системою, що прийшла на зміну контактним та безконтактним (транзисторним) системам. Її основна особливість, полягає у використанні електронного блоку управління (ЕБУ) та датчиків, для точного визначення моменту іскроутворення та керування накопиченням енергії в котушці запалювання.



Рисунок 3.2 – Діагностичне обладнання у комплекті із осцилографом.

3.3 Основні особливості електронних систем запалювання

На відміну від старих систем, де момент запалювання регулювався механічно, електронна система запалювання має наступні характеристики:

1.Точне керування моментом запалювання. Даний процес забезпечується, за:

- Використовуються датчики (наприклад, датчик положення колінчастого валу, датчик абсолютного тиску у впускному колекторі, датчик температури двигуна) для моніторингу робочих параметрів двигуна.

- Електронний блок управління (ЕБУ) на основі даних із датчиків, точно розраховує оптимальний кут випередження запалювання для поточних умов роботи (оберти, навантаження, температура). Це дозволяє забезпечити максимальну потужність і економічність, при мінімальних викидах отруйних речовин у атмосферу.

- Висока енергія іскри. ЕЗЗ забезпечує значно вищу напругу у вторинному колі (до 30 кВ і більше) та збільшену енергію іскри порівняно з контактною системою. Відповідно, це підвищує надійність займання паливно-повітряної суміші, особливо на високих обертах, при холодному пуску, або при роботі на збіднених сумішах, рис. 3.3

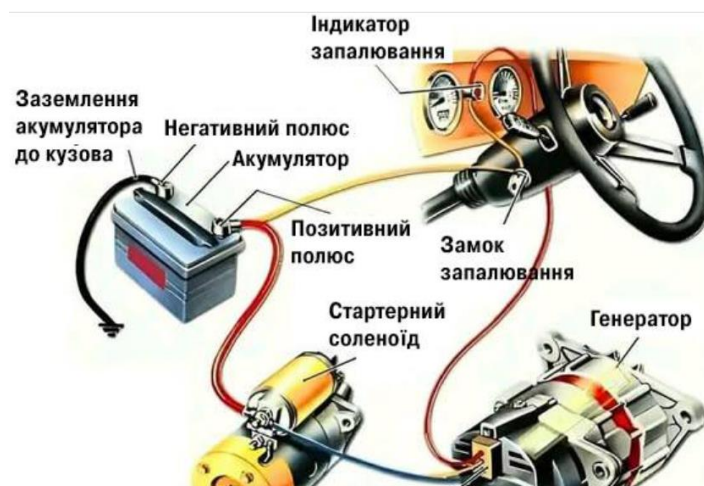


Рисунок 3.3 – Система запалювання двигуна

- Відсутність механічних контактів. Усунення механічного переривника (контактів), ліквідує їхнє окислення та ерозію, що значно підвищує надійність системи та зменшує радіоперешкоди.

- Розподіл іскри без рухомих частин (для систем DIS та COP). У більшості сучасних ЕСЗ, відсутній механічний розподільник (трамблер). Системи DIS (Direct Ignition System, або безрозподільна) використовують одну котушку на два циліндри, а системи COP (Coil-On-Plug, або індивідуальні котушки) мають окрему котушку запалювання безпосередньо на кожній свічці, що забезпечує найточніше керування.

- Адаптивність та діагностика. ЕБУ може адаптувати параметри запалювання до змінних умов (наприклад, до якості палива) та дозволяє проводити комп'ютерну діагностику системи та виявляти несправності.

Необхідно зазначити, що суттєву роль у роботі системи запалювання, відіграє датчик положення колінчастого валу. Він необхідний для точного розрахунку моменту впорскування палива та, що найважливіше, для моменту подачі іскри (запалювання).

На рис. 3.4, відображено залежність сили струму в первинній обмотці котушки запалювання I_1 і напруги U_2 (вторинної обмотки) від частоти обертання колінчастого валу, n .

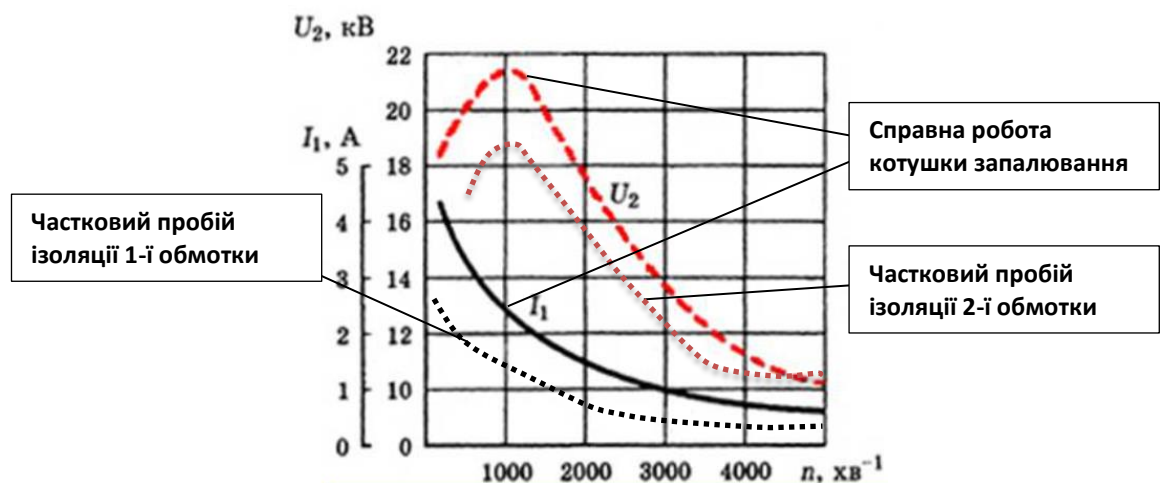


Рисунок 3.4 – Характеристика роботи котушки запалювання

Аналізуючи значення електричного струму у первинній і напругу у вторинній обмотках, можна із впевненістю сказати, що на XX (1000 об/хв) – напруга досягає 21 кВ, струм – 2,5 А. Зі збільшенням обертів валу двигуна, напруга і сила струму суттєво спадають (досягають - 10кВ і 0,9 А).

Отримавши часткову втрату ізоляції у вторинній обмотці, графік набирає більш пологої синусоїди і пікова напруга суттєво падає, і досягає значення на XX – 18,5 кВ, а пробій у вторинній обмотці, сила струму знижується до 1,5 А.

Слід зазначити, що за таких технічних показиків роботи індукційної котушки, бензиновий двигун має затруднений запуск, падає потужність та зростає витрата палива.

Відповідно, отримавши сигнал від ДПКВ, ЕБУ:

- Розраховує кут: На основі поточного положення (після реперної мітки) та даних від інших датчиків (навантаження, температура) ЕБУ розраховує оптимальний кут випередження запалювання.
- Командує запалюванням: У потрібний момент ЕБУ, посиляє команду на комутатор (якщо він є) або безпосередньо на котушку запалювання (чи кілька котушок) відповідного циліндра, щоб подати струм і створити іскру.

Цікавий факт, якщо датчик положення колінчастого валу виходить з ладу, двигун неможливо запустити, оскільки ЕБУ втрачає всю інформацію про оберти та синхронізацію. Саме тому, ДПКВ є найважливішим датчиком для функціонування системи запалювання.

У табл.3.1, занесено переваги «СОР» системи запалювання бензинового двигуна перед існуючими

Таблиця 3.1 - Переваги системи СОР

Переваги	Опис
1	2
Ефективність	Вища потужність та економічність, завдяки ідеальному контролю запалювання.

Подовження таблиці 3.1	
1	2
Надійність	Менше компонентів (немає трамблера та ВВ-проводів), що зменшує ймовірність відмови.
Діагностика	Точне визначення несправного циліндра.
Продуктивність	Стабільна та потужна іскра на всіх режимах роботи двигуна.

3.4 Використання осцилографу під час діагностики катушок запалювання системи «СОР»

Діагностика СОР - катушки зазвичай включає аналіз двох основних осцилограм: первинного та вторинного ланцюгів.

1. Осцилограма первинного кола (керуючий сигнал)

Цей графік відображає напругу, що подається на первинну обмотку катушки, якою керує ЕБУ, табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення осцилограми електричних параметрів у первинному колі

Ділянка	Що відбувається	Типові параметри
1	2	3
Накопичення	ЕБУ подає струм на первинну обмотку. Напруга низька (близька до 0 В), струм зростає, накопичуючи енергію в магнітному полі катушки.	Тривалість: 1...4мс. (залежно від обертів).
Момент розриву	ЕБУ відключає подачу струму (транзистор комутатора закривається). Магнітне поле миттєво руйнується, індукуючи високу напругу як у первинному, так і у вторинному ланцюгах.	Напруга пробоя: 300...400 В (пік індуктивного викиду).
Іскроутворення	Через високовольтну іскру у вторинному ланцюзі, напруга первинного ланцюга утримується на стабільному рівні. Це відображає горіння іскри.	Напруга горіння іскри: 40...60 В
Коливання	Після згасання іскри, магнітна енергія, що залишилася, створює затухаючі коливання (резонанс).	Повинно бути не менше 3–5 повних коливань.

2. Осцилограма вторинного кола (високовольтний сигнал).

Це фактичний сигнал, що йде до свічки запалювання. Для його вимірювання, використовують спеціальний ємнісний або індуктивний високовольтний датчик (щуп). Характеристика високовольтного розряду описана у табл. 3.3

Таблиця 3.3 – Значення осцилограми електричних параметрів вторинної обмотки

Ділянка	Що відбувається	Аналіз несправності
Напруга пробою (Firing Voltage)	Пікова напруга, необхідна для пробою іскрового проміжку свічки та іонізації паливної суміші.	Високе значення: великий зазор свічки, бідна суміш, високий тиск у циліндрі. Низьке значення: закорочення свічки, пробій ізоляції котушки.
Напруга горіння (Spark Voltage)	Стабільна напруга, при якій іскра підтримується.	Рівень напруги не повинен суттєво коливатися.
Тривалість іскри (Spark Duration)	Час, протягом якого підтримується іскра.	Коротка іскра: ознака пробою котушки або надто збіднена суміш. Довга іскра: може бути нормальною, але надто довга - може вказувати на низький тиск у циліндрі.
Коливання	Як і в первинному колі, відображають стан обмоток.	Відсутність або мала кількість коливань (менше 3) свідчить про міжвиткове замикання у вторинній обмотці — це найпоширеніша несправність СОР-котушок.

3.4.1 Типові несправності за осцилограмою

Осцилограф дозволяє точно ідентифікувати наступні проблеми:

1. Міжвиткове замикання:
 - Ознака: Різке зменшення кількості коливань після гасіння іскри (менше трьох) або зменшення їх амплітуди.
 - Причина: Пошкодження ізоляції витків вторинної обмотки.
 - Ефект: Зменшується загальна індуктивність, котушка не може накопичити достатньо енергії (недостатній розряд).
2. Обмежений час накопичення:
 - Ознака: Час накопичення (горизонтальна частина графіка внизу) надто короткий.
 - Причина: Несправність ЕБУ або його керуючих ланцюгів.
 - Ефект: Котушка не встигає повністю зарядитися, енергія іскри недостатня.
3. Відтік високої напруги (пробій ізоляції):
 - Ознака: Напруга пробою надмірно низька, при цьому іскра коротка (нестабільна).
 - Причина: Пошкодження корпусу котушки або її ізоляції, що призводить до "прошивання" на масу, обминаючи свічку запалювання.

Діагностика осцилографом, є найефективнішим способом перевірки котушок запалювання (без їхнього демонтажу).

3.5 Методика оцінки електротехнічного стану котушок із вбудованим комутатором

Більшість сучасних СОР-котушок мають інтегрований комутатор (транзистор). Це означає, що функція керування струмом первинної обмотки перенесена безпосередньо у корпус котушки. Це суттєво змінює підхід до осцилографування первинного кола котушки.

1. Електричні з'єднання. Замість двох контактів (як у старих котушках), котушки з інтегрованим комутатором зазвичай мають три або чотири контакти, рис. 3.5.



- 1- Контакт: +12 В (живлення від бортової мережі).
- 2- Контакт: Маса (Загальна точка).
- 3- Контакт: Керуючий сигнал (низьковольтний імпульсний сигнал від ЕБУ, який відкриває/закриває транзистор комутатора).
- 4- Контакт: Сигнал зворотного зв'язку (контакт, який може надсилати ЕБУ інформацію про готовність котушки або підтверджувати спрацювання).

Рисунок 3.5 – Модулі запалювання системи «СОР».

3.5.1 Осцилограма керуючого сигналу

При діагностиці такої котушки осцилографом, ми перевіряємо не напругу на первинній обмотці, а керуючий сигнал, що надходить із електронного блоку управління, табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Характеристика керуючого сигналу

Характеристика сигналу	Що відображає	Аналіз несправності
Форма сигналу	Прямокутний імпульс.	ЕБУ подає сигнал низької напруги (зазвичай 0 ... 5 В або 12 В).
Тривалість імпульсу	Керує часом накопичення	Якщо тривалість імпульсу неправильна, це вказує на проблему з ЕБУ або його ланцюгами.
Час надходження	Відповідає куту випередження запалювання.	На осцилограмі з кількома каналами, можна порівняти таймінг цього сигналу з сигналом ДПКВ/ДПРВ.

Діагностика вторинного ланцюга (за допомогою високовольтного щупа, встановленого на котушку) залишається аналогічною до діагностики котушок без вбудованого комутатора:

- Ми все ще аналізуємо напругу пробою, тривалість іскри та коливання після згасання іскри.
- Особливість системи: оскільки комутатор інтегрований у котушку, високовольтний імпульс тут зазвичай чистіший і енергійніший (оскільки ланцюг керування максимально короткий).

3.5.2 Несправності, які виявляє осцилограф

1. Проблема з ЕБУ. Якщо відсутній керуючий імпульс, або спостерігається неправильна його форма/тривалість (проблема ймовірно в ЕБУ або електромережі).

2. Міжвиткове замикання котушки. Виявляється за затухаючими коливаннями у вторинному електричному колі (менше 3–5). Це означає, про несправність котушки (хоча комутатор може працювати).

3. Несправність вбудованого комутатора. Якщо керуючий сигнал на котушку надходить (є імпульс), але відсутня високовольтна іскра (немає сигналу у вторинному колі) - це свідчить про вихід з ладу вбудованого транзистора (комутатора).

Таким чином, осцилограф дозволяє чітко розділити проблему: чи це проблема керування (ЕБУ), чи проблема силової частини (котушка/комутатор).

Форма осцилограми несправної роботи котушок запалювання відрізняється від еталонної (нормальної) насамперед зміною параметрів первинного та вторинного ланцюгів, що відображає втрату накопиченої енергії або проблеми з пробоем іскрового проміжку.

3.6 Обладнання для досліджень

Для швидкого виявлення та аналізу несправностей у роботі системи запалювання двигуна з електронним управлінням, було застосовано діагностичний комплекс — сканер «XTY DIAG» разом із програмними забезпеченнями «Ovren-Diag», WOW та електронний осцилограф.

На рис. 3.6 наведено діагностичні прилади та розташування модулів запалювання системи COP на ДВЗ.



Рисунок 3.6 – Розміщення модулів системи запалювання та діагностичне обладнання (сканер «XTY DIAG» і осцилограф «Hantek»).

За використання вище представленого діагностичного обладнання, нами особливу увагу було зосереджено на функціонуванні системи запалювання, оскільки було зафіксовано нестійку роботу двигуна на

холостому ходу, що проявлялася жорстким і нерівномірним працюванням (підстроюванням).

Перевірка якості роботи циліндрів (по займанню робочої суміші) показала, що є почергові проблеми згоряння у кожному циліндрі. Найбільше пропусків, спостерігалось у 2-му циліндрі, рис. 3.7.

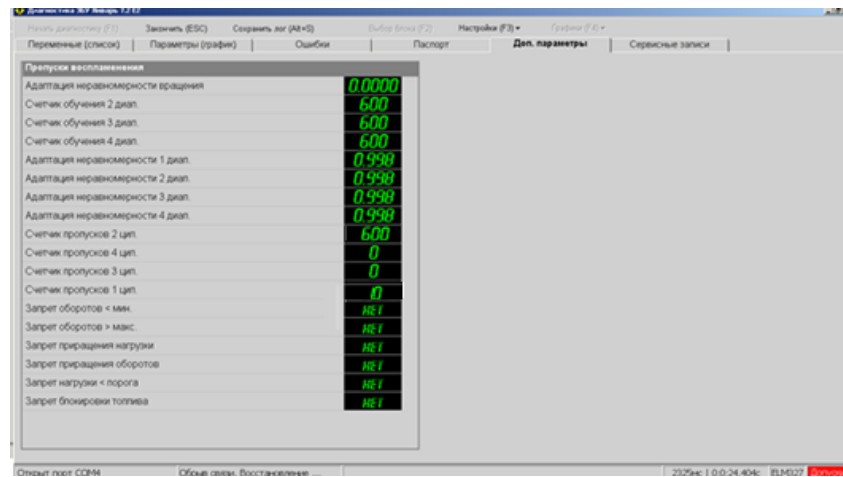
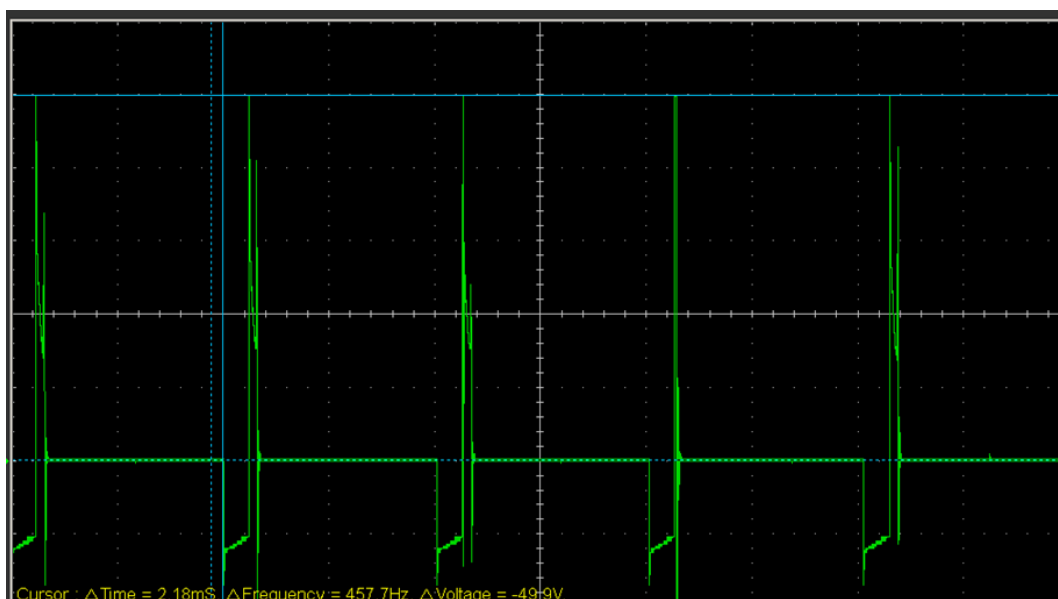


Рисунок 3.7 – Результати комп’ютерної діагностики інжекторного двигуна.

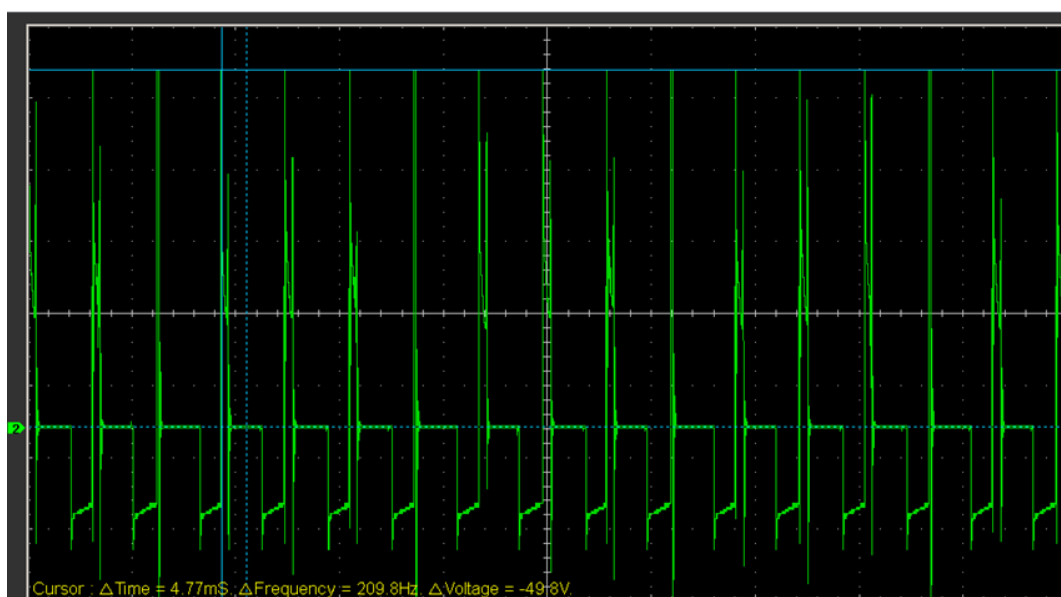
Аналіз отриманих сканером даних про роботу циліндрів, виявив значну кількість пропусків запалювання у другому циліндрі — їхня частота становила близько 600 п/с. Такий результат свідчить про ймовірну несправність індукційної котушки. На дану проблему, також вказує ввімкнення індикатора «Check», що активується за сигналом кисневого сенсора, який фіксує підвищений рівень кисню у вихлопних газах.

Для більш точного визначення справності роботи модуля запалювання системи «СОР», використали осцилограф, і отримали графічне відображення (осцилограми), за різних режимів роботи двигуна.

На рисунку 3.8, показано осцилограми електричних імпульсів, що протікають у первинному колі, під час їх розмикання комутатором (що знаходиться безпосередньо у корпусі котушки).



900 об/хв



3000 об/хв

Рисунок 3.6 – Осцилограми процесу розмикання електричного кола у первинній обмотці індивідуального модуля запалювання.

Аналізуючи подані осцилограми, можна впевнено стверджувати, що під час розмикання електричного кола в первинній обмотці індивідуального модуля запалювання спостерігаються певні відмінності у формах імпульсів (під час наростання напруги (в процесі розмикання), що сягнула значення близько 49,8 В). Це свідчить про те, що процес розриву електричного сигналу

періодично відбувається із затримкою в часі, що, своєю чергою, впливає на формування пробивної напруги у вторинній обмотці та призводить до появи пропусків запалювання в циліндрах двигуна.

Висновки до розділу 3

Використання сучасного комп'ютерного діагностичного обладнання, дало змогу детально оцінити вплив несправного модуля запалювання, на роботу двигуна із іскровим запалюванням - зниження стабільності обертів, втрату потужності, підвищену витрату палива та активацію індикатора «Check».

Основні результати діагностики:

- За несправності модуля запалювання другого циліндра, кількість пропусків займання досягала 600 п/с.
- За допомогою електронного осцилографа, було визначено періодичність і тривалість розриву електричного кола первинної обмотки модуля запалювання:
 - при 900 об/хв зафіксовано нестабільну тривалість розмикання сигналу з розбіжністю 2,18 мс;
 - при 3000 об/хв, розбіжність становила 4,77 мс;
 - напруга моменту розмикання стабілізувалася на рівні 49,9 В, що відповідає нормі.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Безпека під час комп'ютерної діагностики автомобіля із електронним управлінням

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [4]-[9]:

- не допускати вимикання 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:

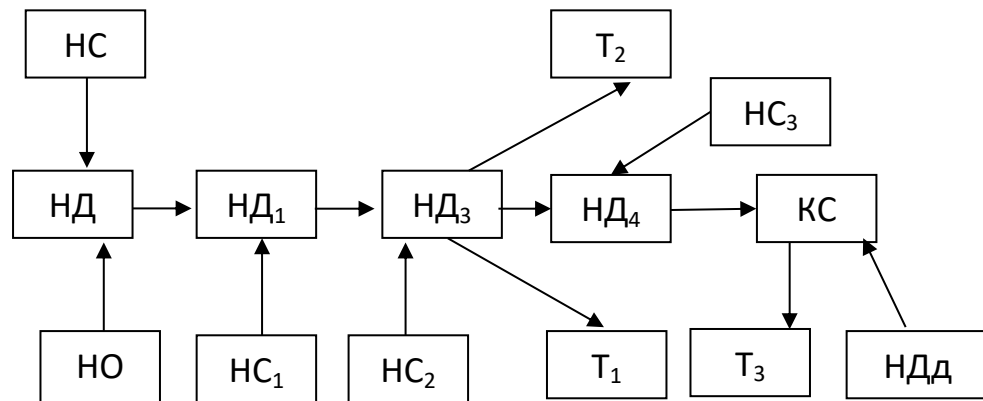
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого 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; НО₁ – наявність незначного схилу; НД₁ – зняття заглушки із роз'єму; НС₁ – можливе побиття кінцівок рук; НД₃ – встановлення вилки із адаптера у діагностичний роз'єм; НС₂ – можливе падіння капота та побиття кісті рук; Т₁ – травма пальців; Т₂ – побиття ліктів рук; НД₄ – фіксація регулювальної шторки; НС₃ – небажане склеювання пальців в умовах низьких температур навколишнього середовища; Т₃ – пошкодження пушок пальців рук; КС – заземлення кінцівок; НДд – необхідна допомога іншої особи

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

4.2 Пожежна безпека

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

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

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

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 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.

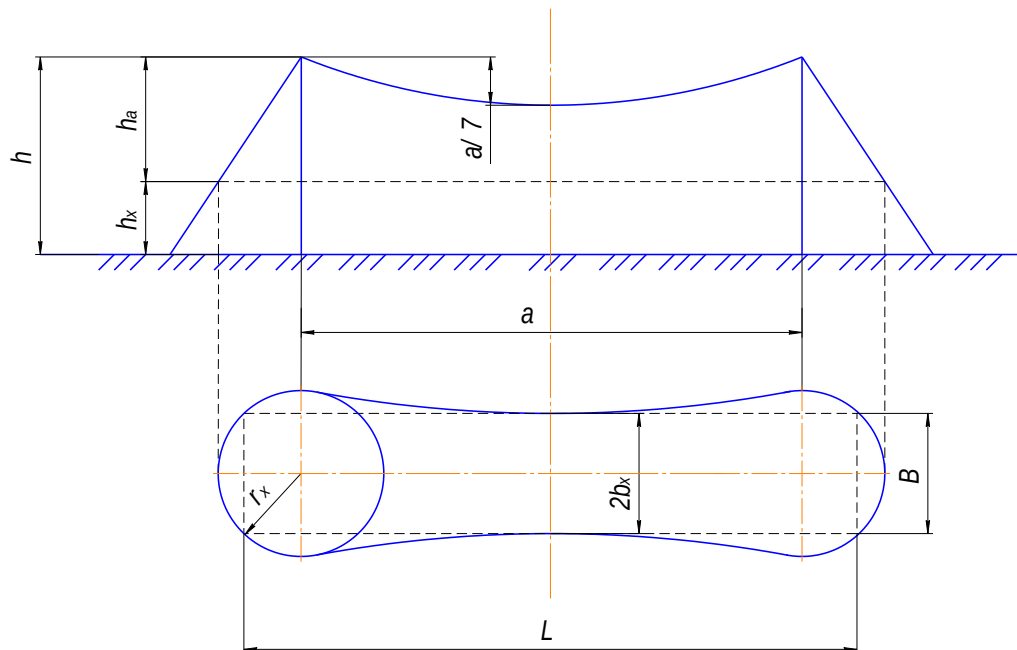


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту лабораторії з випробування автомобілів

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 робочого персоналу

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Організаційно-технічні рекомендації

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 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 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 сівоzmіна. 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 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) [2]. Хімічні рідини, що призначені для миття агрегатів чи кузова автомобіля, необхідно зберігати в типових складських приміщеннях.

Висновки до розділу 4

Розроблено комплексні заходи, спрямовані на підвищення рівня безпеки та охорони праці під час виконання комп'ютерної діагностики автомобіля.

Створено модель потенційно небезпечних ситуацій, що можуть виникнути в процесі дистанційного діагностування транспортних засобів.

Подано перелік вимог, щодо пожежної безпеки для приміщення, у якому проводяться експериментальні та діагностичні роботи.

Обґрунтовано та детально викладено організаційно-технічні рекомендації, яких необхідно дотримуватися під час виконання дистанційної діагностики автомобілів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Дослідження економічних витрат

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

Ось деякі із можливих:

Ремонт електроніки. В аварійних ситуаціях, може виникнути необхідність у серйозному ремонті або заміні електронних компонентів і систем.

Вартість зазначених вище робіт може бути значною, через високу складність сучасних електронних систем [7].

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

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

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

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

5.2 Дослідження експлуатаційних витрат автомобіля, за некоректної роботи індивідуального модуля запалювання

Використання комп'ютерного діагностичного обладнання для аналізу електронного блоку керування автомобілем, дозволяє вчасно виявляти

проблеми у роботі виконавчих електронних елементів, які формують або коригують електричні сигнали від робочих механізмів.

Для розрахунку економічних втрат, коли електронний блок автомобіля переходить в аварійний режим роботи (за неякісної роботи модуля запалювання), використовується методика, яка детально описана у джерелі [5].

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

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

де Z_n – витрати на паливе;

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

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

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

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

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

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

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

де, $C_n^{\bar{}}$ – вартість палива, $C_n^{\bar{}} = 53,00$ грн./л;

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

Тоді:

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

Тоді, із справною системою:

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

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

Отже:

$$Z_n^B = \frac{53,00 \cdot 7,5}{100} = 3,70 \text{ грн/км}$$

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

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

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

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

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

Витрати на амортизаційні відрахування:

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

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

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

l_p – річний пробіг, приймаємо $l_p = 15500$ км;

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

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

Згідно виразу (6.1), отримаємо:

- для несправної системи

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

- за справної

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

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

- зі справною

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

- несправної

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

Отже, річні економічні витрати від некоректної роботи модуля запалювання, склали:

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

Висновки до розділу 5

Некоректне функціонування модуля запалювання двигуна з точковим упорскуванням палива, призводить до переходу електронного блоку керування в аварійний режим. Унаслідок цього підвищується споживання палива та зростає обсяг шкідливих речовин.

Часткова несправність модуля запалювання зумовлює й додаткові щорічні фінансові збитки, що орієнтовно становлять 23 760,00 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено огляд літературних джерел, щодо застосування електронних систем запалювання в інжекторних двигунах внутрішнього згоряння. Особливий акцент направлено на характеристики пробивної напруги індукційних котушок (між електродами свічок запалювання), що суттєво впливає на експлуатаційні характеристики бензинового двигуна.

Для оперативного та точного виявлення несправностей у компонентах сучасної електронної системи запалювання, запропоновано дослідити, як некоректна робота індукційної котушки впливає на формування електричного розряду.

Методика розрахунку індуктивності магнітного поля, що виникає у середовищі первинної обмотки (при її розмиканні), формує у вторинній обмотці котушки запалювання, високовольтну накопичувальну напругу доводить, що пробивна напруга на електродах свічок запалювання є на $\frac{1}{2}$ меншою. Тобто, якщо накопичувальна напруга досягла значення 25000 В, то пробивна (на ХХ двигуна) буде становити близько 10000 В.

Проведено тепловий аналіз роботи двигуна за умов справної і несправної індукційної котушки запалювання. У підсумку з'ясовано, що за некоректної роботи котушки, частка ефективної теплоти становить 23%, тоді як за правильної роботи, цей показник досягає 24%.

Використання сучасного комп'ютерного діагностичного обладнання, дало змогу детально оцінити вплив несправного модуля запалювання, на роботу двигуна із іскровим запалюванням - зниження стабільності обертів, втрату потужності, підвищену витрату палива та активацію індикатора «Check».

Основні результати діагностики:

- За несправності модуля запалювання другого циліндра, кількість пропусків займання досягала 600 п/с.

- За допомогою електронного осцилографа, було визначено періодичність і тривалість розриву електричного кола первинної обмотки модуля:

- при 900 об/хв зафіксовано нестабільну тривалість розмикання сигналу з розбіжністю 2,18 мс;
- при 3000 об/хв, розбіжність становила 4,77 мс;
- напруга у момент розмикання, стабілізувалася на рівні 49,9 В, що відповідає нормі.

Розроблено комплексні заходи, спрямовані на підвищення рівня безпеки та охорони праці під час виконання комп'ютерної діагностики автомобіля.

Створено модель потенційно небезпечних ситуацій, що можуть виникнути в процесі дистанційного діагностування автомобілів.

Подано перелік вимог, щодо пожежної безпеки для приміщення, у якому проводяться діагностичні роботи.

Обґрунтовано та детально викладено організаційно-технічні рекомендації, яких необхідно дотримуватися робочому персоналу.

Некоректне функціонування модуля запалювання двигуна з точковим упорскуванням палива, призводить до переходу електронного блоку керування в аварійний режим. Унаслідок цього, підвищується споживання палива та зростає обсяг викидів шкідливих речовин.

Часткова несправність модуля запалювання, зумовлює й додаткові щорічні фінансові збитки, що орієнтовно становлять 23 760,00 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бороденко Ю.М., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Мехатронні системи автомобіля. Част. 1. Силовий привід: підручник. Харків: ХНАДУ, 2023. 300 с.
2. Бороденко Ю.М., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Мехатронні системи автомобіля. Част. 2. Ходова частина: підручник. Харків: ХНАДУ, 2024. 226 с.
3. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей. 2006, 292 с.
4. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994, 187 с.
5. Кашканов А. А., Кужель В. П., Грисюк О. Г. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.
6. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андрєєв В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 132 с.
7. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь. К.: 2018, 400 с.
8. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004, 168 с.
9. Розрахунок економічної ефективності механізму / Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.
10. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання / Навчальний посібник .Вища школа, 2001. 180с.
11. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів: Львівський національний аграрний університет, 2016, 236 с.
12. 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.

13. 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.

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

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

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

17. 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>.

18. 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.

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. 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.

23. 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.

24. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андрєєв 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.

25. Бороденко Ю.М., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. Мехатронні системи автомобіля. Частина 2 «Ходова частина», підручник. Харків: ХНАДУ, 2024. – 226 с.

26. Кашканов А. А., Кужель В.П., Грисюк О.Г. Інформаційні комп'ютерні системи автомоб. транспорту: навчальний посібник, Вінниця: ВНТУ, 2010. 230 с.

27. Солтис А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ. – К.: Арістей, 2010. – 155 с.