

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Західноукраїнський національний університет**  
**Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та**  
**інфраструктури**  
Кафедра транспорту і логістики

**ФИЛИПЧУК Руслан Русланович**

**Удосконалення методів діагностування систем  
запалювання бензинових двигунів /**  
**Improvement of methods of diagnosing ignition  
systems of gasoline engines**

спеціальність: 274 - Автомобільний транспорт  
освітньо-професійна програма - Автомобільний транспорт

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи ТАМ-21  
Р. Р. Филипчук

---

Науковий керівник:  
к.т.н., доцент, Р. І. Розум

---

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ **П. В. Попович**

**ТЕРНОПІЛЬ - 2023**

## Анотація

Дипломна робота містить таблиці, рисунки, літературні джерела, ілюстративні матеріали.

Назва магістерської роботи - Удосконалення методів діагностування систем запалювання бензинових двигунів.

Предмет дослідження – характеристики та параметри системи запалювання, що характеризують її технічний стан і складають інформаційну основу для автоматизації процесу діагностування.

Об'єкт дослідження – характеристики та робочі процеси системи запалювання, що змінюються в ході експлуатації і визначають технічний стан автомобільного двигуна.

Метою дослідження є удосконалення і наукове обґрунтування методу автоматизованого визначення технічного стану системи запалювання двигуна в умовах експлуатації.

Задачі: Проведення аналізу попередніх наукових досліджень, порівняльний аналіз методів і засобів діагностування.

- Вибір та обґрунтування діагностичних параметрів. Аналіз факторів, що на них впливають.

- Розробка математичної моделі та алгоритмів визначення несправностей системи запалювання за допомогою приладу VAS 5051.

Результати можуть бути використані в процесах діагностування бензинових двигунів.

Ключові слова: автомобіль, технічне обслуговування, ремонт, сервіс, послуги, діагностування, технологія, системи запалювання, паливна економічність, екологічні показники

## Abstract

The thesis contains tables, drawings, literary sources, illustrative materials.

The title of the master's thesis - Improvement of methods of diagnosing ignition systems of gasoline engines.

The subject of the study is the characteristics and parameters of the ignition system, which characterize its technical condition and constitute the information basis for automating the diagnosis process.

The object of research is the characteristics and working processes of the ignition system, which change during operation and determine the technical condition of the car engine.

The purpose of the study is to improve and scientifically substantiate the method of automated determination of the technical condition of the engine ignition system in operating conditions.

Tasks: Analysis of previous scientific studies, comparative analysis of diagnostic methods and tools.

- Selection and justification of diagnostic parameters. Analysis of factors affecting them.

- Development of a mathematical model and algorithms for determining malfunctions of the ignition system using the VAS 5051 device.

The results can be used in the processes of diagnosing gasoline engines.

Keywords: car, maintenance, repair, service, services, diagnostics, technology, ignition systems, fuel efficiency, environmental indicators.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ.....</b>	<b>6</b>
1.1. Сучасні вимоги до діагностування систем запалювання автомобільних бензинових двигунів.....	6
1.2. Аналіз конструкцій сучасних систем запалювання та методів їх діагностування.....	11
1.3. Аналіз методів діагностики системи запалювання.....	18
1.4. Порівняльна характеристика методів і засобів діагностування системи запалювання.....	21
<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>23</b>
<b>РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ.....</b>	<b>25</b>
2.1 Вибір та обґрунтування діагностичних параметрів системи запалювання бензинових двигунів.....	25
2.2. Аналіз факторів, що впливають на діагностику.....	29
2.3. Моделювання процесу діагностування систем запалювання.....	33
<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>39</b>
<b>РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ.....</b>	<b>40</b>
3.1 Інформаційне забезпечення систем діагностування.....	40
3.2. Самодіагностування мікропроцесорних систем запалювання.....	50
3.3 Перевірка датчиків мікропроцесорних систем запалювання..	56
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>61</b>
<b>РОЗДІЛ 4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....</b>	<b>62</b>
<b>Висновок до розділу 4.....</b>	<b>66</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>67</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>69</b>

## ВСТУП

Сучасні розробки мікропроцесорної техніки дозволили значно вдосконалити конструкцію автомобільних систем, модернізувати та розширити компонентний склад електротехнічного та електронного обладнання, особливо в галузі електронної техніки. Такі пристрої управляють системами впорскування палива, системами запалювання, різними засобами підвищення спортивного комфорту і безпеки, а також постійно контролюється робота різних систем, вузлів і агрегатів автомобіля..

Система запалювання автомобіля прямо впливає на численні аспекти його функціонування, такі як потужність, економічність, рівномірність роботи, токсичність вихлопів і інші. Навіть незначні дефекти в цій системі, такі як падіння напруги чи порушення роботи контактів, можуть спричинити серйозні проблеми, такі як збільшення витрат палива та збільшення викидів шкідливих речовин у вихлопних газах. З огляду на велику кількість імпортованих автомобілів в Україні, основні компоненти таких транспортних засобів мають довгий термін служби, але при їх експлуатації можуть виникати численні поломки, включаючи проблеми з системою запалювання.

Оскільки сучасні конструкції автомобілів продовжують ускладнюватися, а вимоги до захисту навколишнього середовища стають дедалі суворішими, процес діагностики автомобільного електронного та електричного обладнання потребує постійного вдосконалення.

В даний час широко використовується порівняльний метод діагностики систем запалювання, при якому оператор за допомогою мотор-тестера або осцилографа візуально порівнює дані, зчитані з справних і несправних систем запалювання, і проводить діагностику того чи іншого типу помилку (невдачу) і зробити відповідні висновки. ). У таких методах надто великий вплив суб'єктивних факторів, тому досить актуальним є питання зменшення значення людського фактора в діагностиці. Цього можна досягти впровадженням

і вдосконаленням методів математичної обробки отриманої діагностичної інформації. З розвитком комп'ютерних технологій з'явилася можливість автоматичного пошуку несправностей системи запалювання. Основна мета автоматизації - позбутися від рутинних завдань вимірювання і порівняння діагностичних параметрів.

**Актуальність теми.** Методи та засоби діагностування систем запалювання, які зараз використовуються в Україні, недостатні для забезпечення вимог ефективності та можливості автоматизації процесу діагностики. У цьому методі використовується частина діагностичної інформації, яка міститься в параметрах електричного сигналу, сформованого іскрою в циліндрі двигуна. Застарілі послідовні методи визначення діагностичних параметрів часто використовуються з низьким рівнем використання інформаційних технологій і потребують багато часу.

Тому надзвичайно важливим є збільшення ефективності з умовами для автоматизованої діагностики системи запалювання, а також проведення більш комплексного та повного аналізу діагностичної інформації на основі нових інформаційних технологій, що й визначає зручність цієї роботи.

**Мета і задачі дослідження.** *Мета дослідження* – розробити та науково обґрунтувати методи автоматичного визначення технічного стану систем запалювання двигунів в умовах експлуатації транспортних засобів.

**Методи дослідження.** Для аналізу спектральних характеристик напруженого сигналу системи запалювання використовують непараметричні методи спектрального аналізу, що дає можливість використовувати діагностичну інформацію, що міститься в спектрі досліджуваного сигналу.

При усередненні окремих заявок сигналу напруги системи запалювання дослідженні його спектру використовується метод синтезу нерекурсивних фільтрів, що дозволяє виявити вплив несправностей системи запалювання на різні діапазони спектра.

За допомогою математичного моделювання розробляється математична модель для визначення діагностичних параметрів системи запалювання, що

дозволяє автоматизувати процес діагностики шляхом порівняння параметрів математична модель.

*Задачі дослідження:*

- Провести науковий аналіз та порівняльний аналіз діагностичних методів і засобів. Вибрати методи, які забезпечать передумови для автоматизації процесу діагностики систем запалювання автомобільних двигунів.

- Вибрати і перевірити діагностичні параметри, які є інформативними та легкими для вимірювання. Проаналізувати фактори, що на них впливають.

- Розробити математичну модель і алгоритм автоматичного виявлення несправностей системи запалювання шляхом порівняння параметрів тестових сигналів і опорних сигналів, а також розробити алгоритм для доповнення бази даних параметрів математичної моделі.

*Наукова новизна:*

- діагностування процесу запалювання двигуна автомобіля шляхом порівняння параметрів спектральної густини потужності досліджуваного та еталонного сигналів, яка дозволяє реалізувати автоматизацію процесу діагностики;

- науковий метод визначення несправностей системи запалювання шляхом аналізу впливу цих несправностей на різні діапазони спектра сигналу напруги первинного кола, можемо за одним діагностичним параметром визначати різні несправності системи.

**Практичне значення одержаних результатів**

- розроблено алгоритм створення та поповнення інформаційної бібліотеки параметрів математичних моделей, що дає можливість створити та за необхідності доповнити базу даних можливих несправностей різних типів систем запалювання;

- практична реалізація проекту по діагностиці системи запалювання бензинового двигуна за допомогою діагностичного приладу VAS5051 компанії Folksvagen Grup Automotive.

## РОЗДІЛ 1.

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

#### 1.1. Сучасні вимоги до діагностування систем запалювання автомобільних бензинових двигунів

З розвитком автомобільної промисловості значні зміни та вдосконалення зазнають компоненти автомобільного електрообладнання, серед яких дуже важливу роль відіграє система запалювання. Таке конструктивне удосконалення значно підвищує якість параметрів роботи системи та покращує загальні показники роботи автомобіля. Проте, разом з тим, залишаються проблеми щодо вдосконалення методів і засобів діагностування такого обладнання, розробки нових методів визначення технічної складової стану. Сучасна промисловість пропонує досить широкий асортимент діагностичного обладнання, заснованого на різних методах діагностики.

Стрімкий розвиток автомобільної промисловості висуває дуже жорсткі вимоги до загального технічного стану автомобіля та їхніх складових систем запалювання. Ці вимоги характеризують майбутній розвиток автомобільного транспорту і визначаються нормативно-технічними документами. Справним станом автомобіля вважається, коли він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації. Проте під час експлуатації можуть виникати несправності, особливо в системах, таких як запалювання, порушуючи ці вимоги. Задача полягає в створенні передумов для виявлення причин несправностей та забезпечення здатності утримувати автомобіль у технічно справному стані. Основна мета технічної діагностики - це ефективний процес визначення технічного стану об'єкта діагностики. Сучасні вимоги до діагностики системи запалювання визначають, що процедура повинна бути точною, надійною, ефективною, простою виконанням, об'єктивною та безвідмовною. На основі інформаційних технологій базується на проектах VMBD "Vehicle Model-Based



Diagnosis" та IDD "Integrated Design Process for On-Board Diagnostics", в яких беруть участь компанії, такі як "Robert Bosch", "Volvo Car Corporation", "OCC'M Software GmbH" і інші.

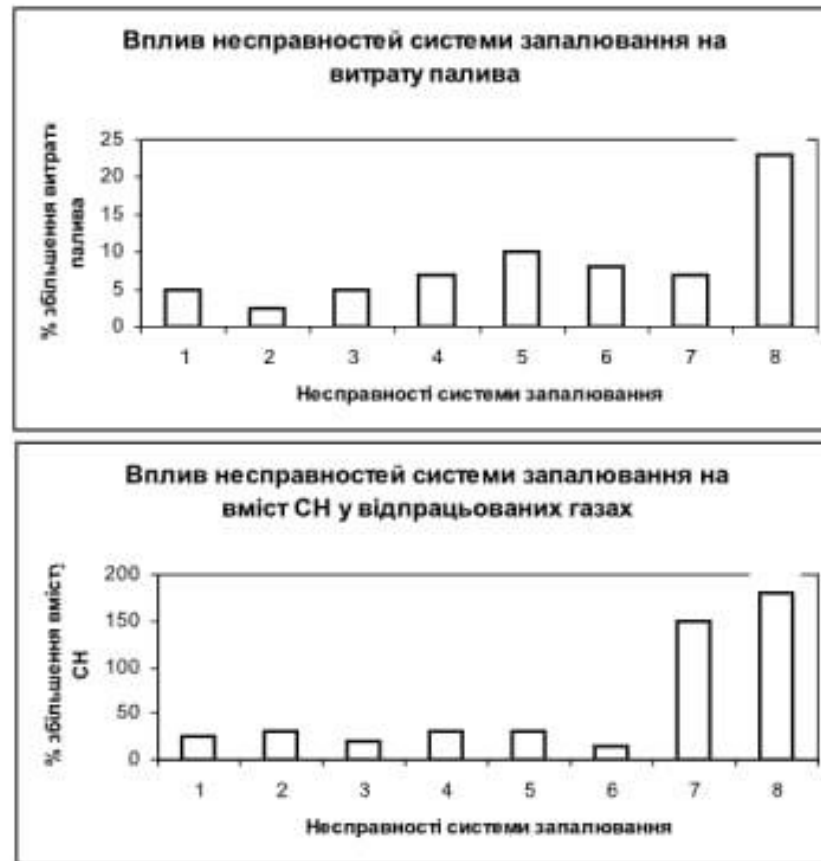
Незважаючи на всі наукові досягнення в області діагностики систем запалювання, питання достовірності та валідності діагностичних вимірювань, особливо тих, що виконуються в неідеальних умовах, досі не вирішено до кінця. Достовірність діагностичної інформації системи запалювання досить важлива, оскільки мова йде про систему, яка безпосередньо впливає на економічність двигуна і вміст шкідливих речовин у вихлопних газах.

Специфікою систем технічної діагностики є використання засобів і методів діагностики для визначення технічного стану автомобіля в цілому та окремих його вузлів і комплексів. Технічну діагностику автомобіля, і зокрема системи запалювання, можна розділити на кілька частин, спрямованих на вирішення однієї або кількох проблем (рис. 1). Виходячи з поставлених завдань діагностики можна зробити висновок, що всі три складові технічної діагностики необхідні системі запалювання і повинні виконуватися поетапно.



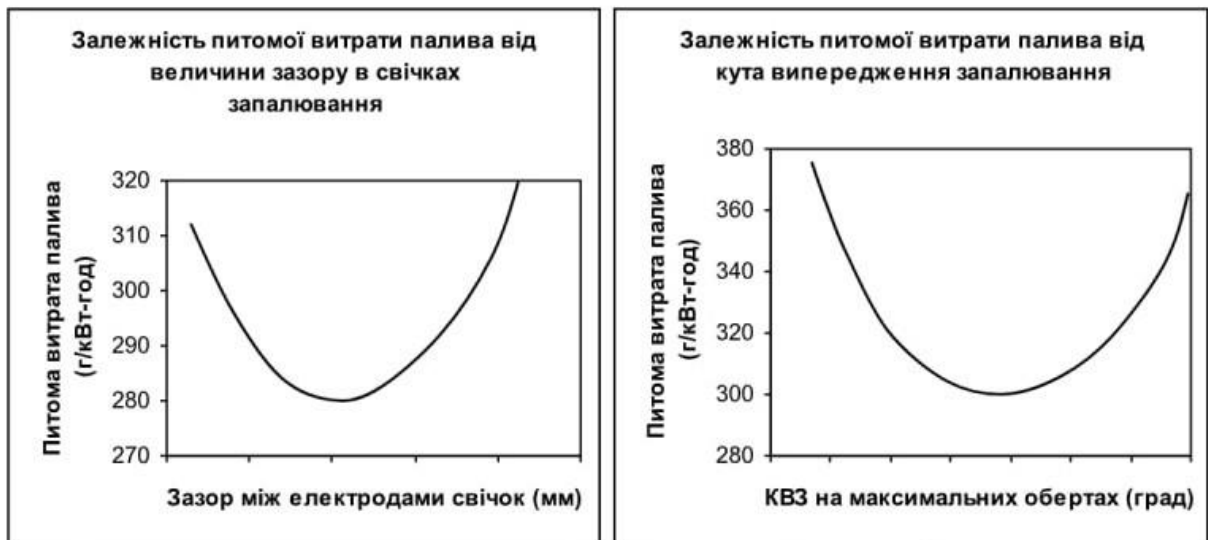
*Рис.1 Завдання технічної діагностики*

Системи запалювання горючої суміші мають значний вплив на роботу двигуна, пуск, вихідну потужність, витрату палива та токсичність вихлопних газів. Несправність системи запалювання може бути викликана активацією деталей під час роботи та неправильним доглядом або обслуговуванням системи.



1 - Збільшений зазор між електродами свічки; 2 - Зменшений зазор між електродами свічки; 3 - Збільшення кута випередження запалювання на 12 градусів; 4 - Зменшення кута випередження запалювання; 5 - Не відрегульований зазор між контактами вимикача; 6 - Несправність регулятора випередження запалювання відцентрового типу; 7 - Переривчасто працює одна свічка запалювання; 8 - Не працює одна свічка.

Згідно з рисунком 1.2, несправності у системі запалювання мають важливий вплив на витрату палива та токсичність вихлопних газів. Збій цієї системи може призвести до зниження продуктивності автомобіля. Найбільший вплив на витрати палива і вміст шкідливих речовин у вихлопних газах має система запалювання.

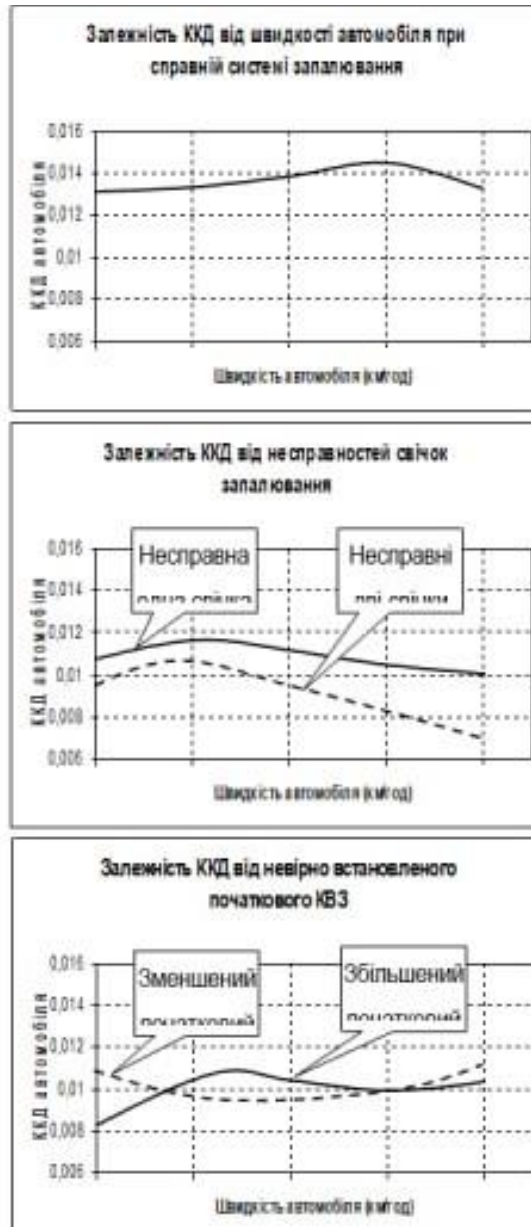


Як показано на малюнку. 1.3 *Взаємозв'язок між витратою палива, значенням іскрового проміжку свічки запалювання та кутом попереднього запалювання.*

На малюнку. 1.2 графічно зображено залежність витрати палива і вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах від різних несправностей системи запалювання. У цій статті показано, що витрата палива різних двигунів залежить від зазору свічки і кута випередження запалювання при максимальному обороті колінчастого валу (рисунок 1.3).

У цій статті розглядається, як технічний стан системи запалювання впливає на двигун економічності автомобіля. На рисунку 1.4 показані залежності ефективності від несправності свічки запалювання та невідповідності початковим стандартам кута випередження іскри.

У цій статті досліджується вплив кута випередження запалювання на крутний момент індикатора. При цьому також встановлено, що величина зазначеного моменту може бути в межах 5% за зміною ранній кут запалювання. Як видно, дослідження та удосконалення методів діагностики системи запалювання є дуже актуальною та актуальною проблемою. Розвиток електроніки та комп'ютерних технологій відкриває багатообіцяючі можливості для створення нових, ефективніших автоматизованих систем діагностики транспортних засобів.



Як показано на малюнку. 1.4 Вплив технічного стану системи запалювання на працездатність автомобіля.

## 1.2. Аналіз конструкцій сучасних систем запалювання та методів їх діагностування

Система запалювання двигуна автомобіля запалює робочу суміш у циліндрі. Відповідно до призначення системи запалювання генеруються імпульси високої напруги, що викликають займання робочої суміші в камері згоряння двигуна, синхронізовані з фазою газорозподілу двигуна і розподілом імпульсів запалювання між циліндри двигуна.

Тенденцією розвитку автомобільних двигунів є підвищення потужності, підвищення ефективності, подальше зниження токсичності вихлопних газів, а також зниження витрат на діагностику та обслуговування. В останні десятиліття з бурхливим розвитком автомобільної промисловості вимоги до систем запалювання та їх конструкції зазнали значних змін. На малюнку. 1.5 наведена схема класифікації систем запалювання, що встановлюються на автомобілях вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Як видно з наведеної класифікації, існує три типи систем запалювання, які на даний момент є найбільш поширеними і встановлюються на більшості автомобілів (рисунок 1.6):

1) Класичний (контактний) (рис. 1.6, а). Конструкція і принцип дії дуже прості. Система накопичення енергії в індукторі містить механічний регулятор випередження іскри та механічний розподільник імпульсів високої напруги. Управління (синхронізація) первинного кола системи запалювання відбувається через механічні контакти. Частка автомобілів, які використовують цю систему запалювання, з кожним роком зменшується, але дослідження методів діагностики цієї системи викликають інтерес;



Рис. 1.5. Класифікація систем запалювання автомобільних бензинових двигунів

2) Безконтактний датчик Холла або індуктивний датчик (рис. 1.6, а). Його принцип роботи схожий на класичний принцип, за винятком того, що принцип керування первинним контуром системи інший. Функцію контактів виконують транзисторні ключі, які в свою чергу управляються імпульсами від датчиків Холла або індуктивних датчиків. Досить поширена система запалювання. На даний момент встановлюється на ЗАЗ, ВАЗ, ГАЗ та інші моделі. Багато іноземних моделей також оснащені цією системою;

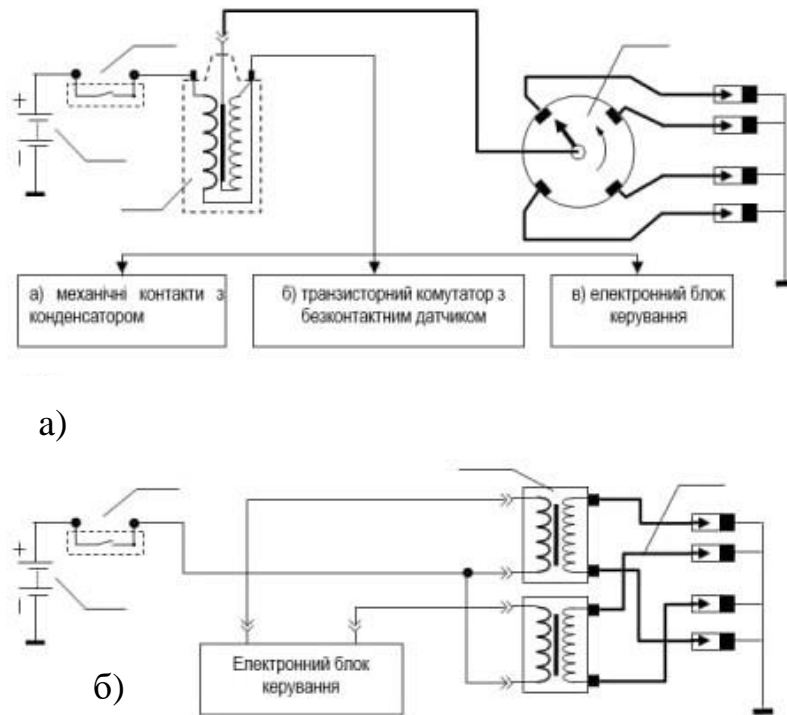


Рис. 1.6 Принципова схема різних типів систем запалювання:

1 - джерело живлення; 2 - замок запалювання; 3 - котушка запалювання; 4 - розподіл високовольтного живлення;

3) Система запалювання на основі мікропроцесора та комплексне керування двигуном (рисунок 1.6, б) представляють найновітніший вид системи запалювання. Основний принцип утворення іскри залишається тим же, що й у попередній системі. У цій системі мікропроцесор, що знаходиться в електронному блоку управління, відповідає за цю функцію. Ця система встановлюється на сучасні автомобілі. Перевагою систем запалювання є статичний розподіл високого тиску між циліндрами двигуна. Виконується кількома способами, такими як одна одно іскрова котушка на кожен циліндр або одна по-двійна іскрова котушка на пару циліндрів. Застосування мікропроцесорних систем запалювання та **систем керування** дозволяє значно покращити їх характеристики. Особливо в реалізації кута випередження запалювання. Оскільки немає розподільника і механічного регулятора випередження іскри, кут випередження іскри кожного циліндра можна змінювати індивідуально та швидко в широкому діапазоні.

За допомогою засобів контролю та діагностики визначити технічний стан системи запалювання, що підлягає діагностиці. Взаємодія об'єктів діагностичного контролю і засобів діагностики становить діагностичну систему. Перевірте діагностичну систему. Вони надають посилання на об'єкти в діагностичних інструментах для конкретних тестових втручань (рис. 1.7). Система функціональної діагностики. Тестове втручання на діагностичних суб'єктах не проводилося. Цей тип системи використовується під час роботи системи для визначення

Для систем запалювання процес діагностики повинен поєднувати тестові системи та системи функціональної діагностики. Це пов'язано з технічним станом системи, що вимагає контролю запалювання при експлуатації системи запалювання в різних режимах роботи двигуна та при визначенні технічного стану під час ремонту або технічного обслуговування.



*Рис. 1.7. Схема діагностичної системи*

Проблема діагностики системи запалювання двигуна автомобіля отримала широку увагу. На малюнку. 1.8. наведено загальну класифікацію методів діагностики систем запалювання за їх призначенням та реалізацією.

Суб'єктивні методи діагностики передбачають оцінку технічного стану без використання будь-яких діагностичних засобів. Процес діагностики здійснюється через зір, слух, дотик тощо. Для систем запалювання цей метод діагностики ефективний тільки в досить простих випадках (обрив проводів, погана затяжка, окислення). Таким чином можна визначити лише зовнішні несправності.

Об'єктивна діагностика за допомогою діагностичної апаратури, приладів



та засобів вимірювання. Ці методи дозволяють визначати геометричні параметри, структурні параметри, параметри робочого процесу тощо робочої поверхні.

Крім того, методи діагностики системи запалювання діляться на прямі методи і непрямі методи. Прямий метод полягає в безпосередньому визначенні діагностичних параметрів кожного елемента системи запалювання

(Опір, напруга, струм, ємність тощо). Цей метод, безсумнівно, є найбільш надійним і точним. Тому даний метод в технічній діагностиці може використовуватися для контролю в особливо складних ситуаціях після визначення технічного стану або виконання ремонту. Крім того, прямий метод також є еталоном для оцінки точності інших методів діагностики.



Рис. 1.8. Методи діагностики системи запалювання

Але прямі способи більш трудомісткі і часто вимагають часткового розбирання. Роз'єднання вузлів і з'єднання системи запалювання. По-перше, це значно збільшує час на усунення несправностей. Тому на практиці намагаються

уникаємо використання прямих методів для встановлення діагнозу та структурні параметри, якщо вони не є абсолютно необхідними.

Непрямі методи виявлення несправностей полягають у вимірюванні іншої фізичної величини для визначення несправності. Ці методи є менш точними. На основі аналізу форми сигналу вони поділяються на допоміжні та діагностичні. Метод непрямой діагностики використовується для оцінки технічного стану системи запалювання з таких аспектів, як потужність, витрата палива та токсичність вихлопних газів. З діагностичної точки зору для налагоджувальних робіт більш придатний метод визначення оптимального кута випередження запалювання, заснований на спектральному аналізі зміни показуваного моменту і зміни кутової швидкості колінчастого валу.

Серед непрямих методів найбільш поширеним є ті, що реєструють і визначають параметри сигналів напруги в первинному і вторинному колах системи запалювання в залежності від напруги в часі. Серед інших непрямих методів найбільшу методологічну вірогідність має метод, який розглядає структуру діаграми первинної або вторинної напруги, оскільки тип функціональної залежності напруги як функції часу можна отримати теоретично.

Дослідження останніх років показали, що поетапні методи діагностики досить ефективні. На першому етапі проводиться загальна діагностика автомобіля, тобто для діагностики використовується непрямий метод. Цей етап означає загальний технічний стан автомобіля. В якості діагностичних параметрів у загальній діагностиці можуть використовуватися потужність двигуна, паливна економічність, витрата палива, токсичність вихлопних газів, стабільність і рівномірність роботи на різних режимах тощо. Завдання першого етапу — відповісти, чи є такий збій без конкретної причини і місця несправності.

Виконується другий етап лише при необхідності. Він передбачає поглиблене поелементне тестування кожної системи. Завдання цього етапу - визначити безпосередню причину збою.

Цей підхід має свої переваги та недоліки. Перевага полягає в тому, що в процесі діагностики можна оцінити кілька систем автомобіль одночасно.

Недоліком є те, що багато автомобільних систем однаково чутливі до змін діагностичних параметрів, перерахованих вище. Так, наприклад, визначення на роботі неправильного рівня палива в камері поплавця карбюратора може збільшити витрати палива більше ніж на 5%. При цьому початкове налаштування кута випередження є неправильним. Відцентровий регулятор випередження горить або не працює.

Запалювання також збільшує витрату палива на таку ж величину. Безсумнівно, технічний стан системи запалювання безпосередньо впливає на споживання палива, але його не можна діагностувати. Параметри для достовірної оцінки технічного стану системи запалювання.

У цьому дослідженні представлено метод діагностики системи запалювання, який включає одночасне визначення діагностичних параметрів та їх системний аналіз. Цей метод є надійним, але вимагає визначення численних діагностичних параметрів. З класифікації методів діагностики можна зробити деякі висновки, що є актуальними для сучасних систем запалювання. Наприклад, діагностика системи запалювання за побічними ефектами не завжди призводить до бажаних результатів, оскільки на параметри двигуна впливають інші фактори, а не лише система запалювання.

Використання методів компонентної діагностики для таких систем, де потрібно послідовно перевіряти кожен компонент, є завданням, що вимагає значного зусилля, особливо в системах керування двигуном, де зростає кількість компонентів, впливаючи на якість системи запалювання. Однак цей метод є найбільш надійним і може точно вказати на причину поломки та шляхи її усунення.

Сучасний підхід до діагностики системи запалювання - це комплексний підхід до визначення діагностичних і конструктивних параметрів системи. Цей метод полягає в визначенні ключових діагностичних ознак для зменшення обсягу параметрів. Відбір найінформативніших діагностичних параметрів надає інформацію про технічний стан всіх елементів системи запалювання.

### 1.3. Аналіз методів діагностики системи запалювання

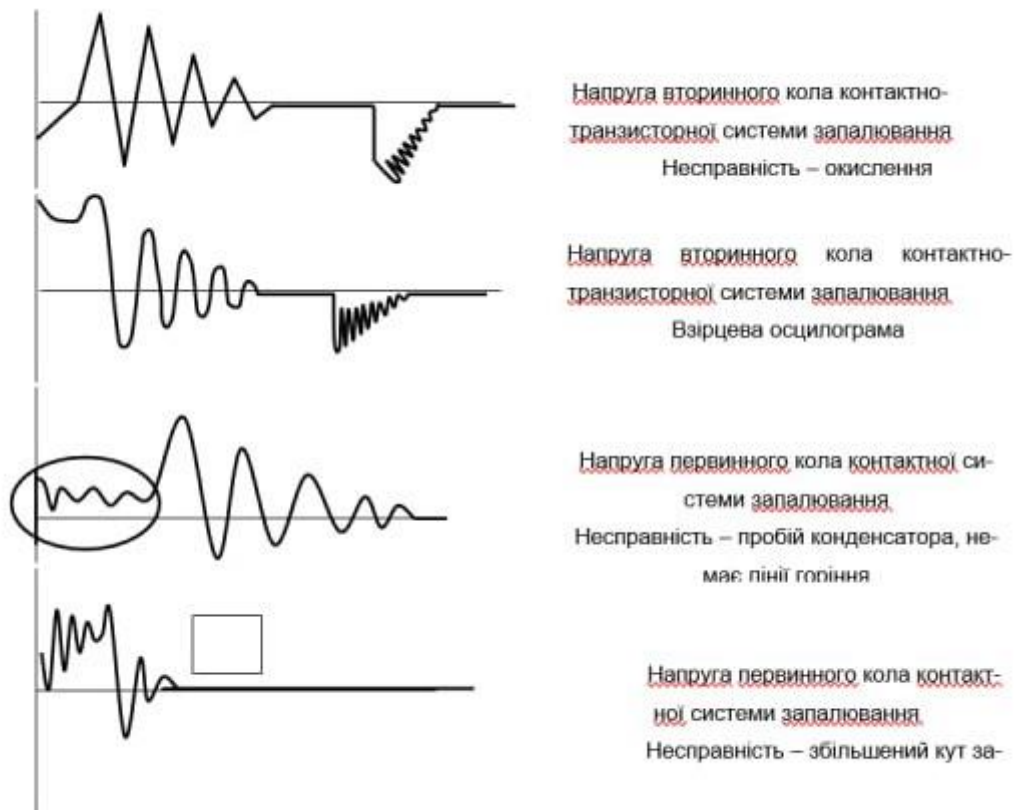
Методи діагностики систем запалювання автомобіля за складністю можна розділити на наступні категорії:

- 1) Контрольно-вимірвальна апаратура, комбіновані мультиметри та аналогові автоматичні тестери без осцилографів;
- 2) Аналоговий автомобільний тестер і тестер двигуна з осцилографом;
- 3) Цифровий тестер двигуна на базі персонального комп'ютера (ПК).

Перша група інструментів заснована на діагностиці та вимірюванні фізичних величин структурних параметрів. При цьому використовувати комбіновану контрольно-вимірвальну апаратуру, в тому числі універсальні вимірвальні мультиметри, що дозволяють визначати напругу, силу струму, опір, ємність і т.д., а також спеціальні автоматичні тестери і мотортестери, що дозволяють визначати напругу, струм, опір, місткість тощо. Вимірюйте декілька параметрів одночасно. Використання цього обладнання для діагностики передбачає поетапне визначення технічного стану кожного елемента системи запалювання. Загальні висновки про придатність системи для подальшої експлуатації можна зробити лише після повної перевірки всіх компонентів системи. Такі автомобільні тестери, як К-295, К-484 (Росія), Paltest JT-254 (Чехія) та інші, є типовими прикладами такого обладнання.

Більше уваги заслуговує друга група діагностичних засобів. Цей тип діагностичного пристрою дозволяє визначити діагностичні параметри подібних до першої групи. Крім того, на влаштованому осцилографі можна проаналізувати осцилограму робочого процесу системи запалювання. У групу входять стандартні осцилографи та спеціальні автоматичні тестери з вбудованими осцилографами (Е-206, Е-214, К-461, КУ-4897 (Росія); Elcon-S100A, Elcon-U (Угорщина); Paltest JT-302 (Чехія); Multitest 15 (Німеччина). Суть цього виду діагностики полягає у відображенні на екрані осцилографа характеристичної кривої перехідного процесу - осцилограми напруг первинної та вторинної ла-

нцюгів системи запалювання, струму в системі запалювання, кожен крок запалювання системи, кожна типова несправність характеризується певною формою сигналу. Таким чином створюється база даних - зразки сигналів із типовими несправностями. Порівнюючи отриманий сигнал із еталонним сигналом, можна фактично виявити несправності в системі запалювання. Різні несправності, типові приклади діаграми сигналу викладені на рис. 1.9.



На малюнку 1.9 наведено приклад стандартної діаграми сигналу для системи запалювання. Третя категорія засобів діагностики відноситься до обладнання, яке відповідає вимогам визначення технічного стану автомобілів з сучасними системами запалювання. Вітчизняна та зарубіжна промисловість пропонує різноманітне діагностичне обладнання для діагностики цих систем. Такі як: Bosch (Німеччина) (FSA-560, KTS-500, PMS-100), SUN (Великобританія, США) (SMP-4000, SST-1500, PDL-1000), Zika (Італія) та ін. Rimbex int (США) (RACE-400) та ін.

Діагностичне обладнання вказаних моделей є комплексними діагностичними станціями, призначеними для визначення технічного стану двигуна та його систем. До їх функцій входить важлива роль у діагностиці систем керування двигуном та систем запалювання. Використання сучасних тестерів двигунів дозволяє провести діагностику систем запалювання комплексний та аналіз двигуна в цілому. Мотортестер - це автономний діагностичний комплекс, що складається з декількох діагностичних приладів, з'єднаних за допомогою одного програмного забезпечення.

Найбільше визнання отримали мотортестери Bosch, особливо модель FSA-560. До складу стенду входить ПК з кольоровим дисплеєм 17 дюймів, чотирикомпонентний газоаналізатор, принтер, вбудований сканер блоку управління та набір датчиків. Важливим є обширна база даних, що містить нормативну інформацію про робочі параметри різних автомобільних систем, а також інформацію про типові несправності.

До характерних діагностичних точок системи запалювання підключаються спеціальні датчики: висновок котушки запалювання, центральна ВЛ, ВВЧ першого циліндра. Зчитаний аналоговий сигнал перетворюється в цифровий і відображається на екрані монітора. Процес визначення несправності передбачає візуальне порівняння графіків напруги тестового сигналу та опорного сигналу. Певною мірою цей метод діагностики можна порівняти з аналізом за допомогою осцилографа.

Зміну напруги в ланцюзі системи запалювання, мотор-тестер дозволяє визначити безліч динамічних діагностичних параметрів. Це напруга пробою іскри, напруга іскри запалювання, момент запалювання іскри, кут замикання контактів, кут випередження запалювання тощо для кожного циліндра.

Щоб визначити несправність, необхідно проаналізувати отримані значення діагностичних параметрів і проаналізувати форму зміну напруги в первинному або вторинному ланцюзі системи запалювання. На основі цього підсумовується технічний стан системи.

#### 1.4. Порівняльна характеристика методів і засобів діагностування системи запалювання

Діагностику контактної, контактнотранзисторної та безконтактної систем запалювання в принципі можна провести за допомогою простих контрольно-вимірювальних приладів. Але кількість діагностичних і структурних параметрів досить велика, і їх визначення вимагає багато часу. Контрольно-вимірювальні прилади та автоматичні тестери, описані в розділі 1.2, не дозволяють одночасно визначати певну кількість діагностичних параметрів, а також одночасний порівняльний аналіз кількох параметрів.

Використання осцилографа може певною мірою усунути цей недолік. Двоканальний осцилограф може контролювати два діагностичних параметра одночасно. Наприклад, імпульсні сигнали від датчиків Холла і сигнали зміни напруги в первинному або вторинному ланцюгах системи запалювання. Використання осцилографа також дозволяє проводити комплексну діагностику системи запалювання на основі діаграм осцилограм первинної та вторинної напруги. Крім того, використання осцилографа для діагностики має свої недоліки:

- *по-перше*. Несправності ідентифікуються візуальним порівнянням отриманої форми сигналу з еталонним сигналом. Дуже незручно і неточно, і майже неможливо, коли кілька збоїв виникають одночасно;

- *по-друге*. За діаграмами форми сигналу важко точніше визначити фактичне значення струму або напруги як функцію часу або обертів колінчастого валу;

- *по-третє*. Осцилограф не може запам'ятати проміжні діагностичні дані, а цифрова обробка отриманого сигналу виключена.

У цій статті визначено основні причини спотворення коли досліджуваний сигнал відображається на екрані осцилографа:

- Геометричне спотворення. Співвідношення між напругою змінного струму і зміщення видимого світла спотворюється, особливо на краях. Таким

чином, приблизно 80% діаметра екрана використовується для зображень;

- спотворення внаслідок асиметричного розподілу потенціалу відносно землі. У той же час буде генеруватися додаткова напруга прискорення або уповільнення, це призведе до зниження або збільшення чутливості відповідно;

- погіршення під час досліджень відносно швидких процесів зі швидкостями, близькими до швидкості пучка;

- спотворення через бічні паразитні перешкоди. Усунути це можна тільки за допомогою якісного екранування дроту.

Дослідження лабораторних методів вказують, що при використанні методів, діагностика не завжди надає чітких висновків щодо технічного стану елементів. Процеси, які відбуваються в електроніці цих систем, не повністю відображаються на осцилографі.

Автоматичні тестери з контрольно-вимірювальною апаратурою та осцилографами також можуть бути використані для діагностики систем керування двигуном. При цьому послідовно перевіряються на коректність всі вхідні і вихідні сигнали електронного блоку управління. Однак кількість конструктивних параметрів в МСКД значно перевищує таку в контактних і безконтактних системах запалювання, що ускладнює цей процес.

Метод діагностики за допомогою кодування несправностей, який запропонували сучасні автомобільні конструкції, менш трудомісткий, проте не надає достовірного опису роботи системи. Несправність визначається лише тоді, коли діагностичний параметр перевищує задане граничне значення, виключаючи можливість чисельного аналізу зміни діагностичних параметрів.

У сучасний період найпередовішими методами автомобільної діагностики є комп'ютерна діагностика та використання діагностичних моделей, де персональний комп'ютер може взаємодіяти з мотор-тестером. Типовим прикладом є діагностична станція BOSSH - FSA-560. Процес діагностики включає визначення різних діагностичних параметрів системи та їх передачу на персональний комп'ютер. Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє оброб-



ляти та аналізувати отриману інформацію в зручному форматі, такому як графіки, діаграми та таблиці. Цей підхід надає можливість використовувати принципи розмовної діагностики, що дозволяє вибирати необхідну діагностичну інформацію під час процесу діагностики. Застосування персональних комп'ютерних інформаційних технологій дозволяє використовувати сучасні методи діагностики, засновані на цифровій обробці сигналів.

Крім того, ПК зберігає результати діагностики в цифровому вигляді. Це дає можливість вивчати діагностичні параметри в різних умовах. Це аналізує сигнал напруги в системі запалювання. Ще однією перевагою комп'ютерної діагностики є можливість створення бази даних, діагностичні параметри типових несправностей і еталонних несправностей автомобіля можна зберігати.

Аналізуючи переваги та недоліки різних методів діагностики систем запалювання, можна сформулювати основні вимоги до вдосконалення та розробки нових методів визначення технічного стану цих систем:

- Діагностичні процедури повинні бути якомога простішими.
- Визначення діагностичних параметрів має забезпечувати необхідну точність та достовірність, не знижуючи їх у різних режимах роботи двигуна.
- Метод діагностики повинен надавати можливість автоматизації цього процесу.

## **Висновки до розділу 1**

1. Аналізуючи автомобільний ринок України, можна зробити висновок, що автомобільний ринок України стабільно розвивається, а ринок автосервісу – зростає.
2. Постійне вдосконалення конструкції систем запалювання автомобільних двигунів ускладнило процес діагностики, вимагаючи більшої кількості діагностичних параметрів для визначення причини несправності. Тому постає завдання вдосконалення та розробки нових діагностичних принципів і методів, їх теоретичного обґрунтування та практичної реалізації.

3. Існуючі методи діагностики системи запалювання (визначення послідовності діагностичних параметрів, візуальний аналіз форми сигналу напруги, діагностика побічних ефектів та визначення коду несправності) недостатні для виконання вимог щодо ефективності та надійності діагностичної інформації та не можуть відповідати вимогам. Пропонує можливість автоматизувати процес діагностики.

4. Аналіз методів і засобів діагностики системи запалювання підтверджує актуальність і необхідність впровадження методів діагностики з використанням сучасних інформаційних технологій та моделювання. Одним із перспективних напрямів є застосування методів цифрової обробки сигналів на комп'ютеризованих діагностичних стендах, що створює передумови для автоматизації діагностичних процесів.

5. Використання методів діагностики на основі цифрової обробки сигналів потребує значного обсягу математичних розрахунків, що збільшує тривалість обробки діагностичної інформації. Сучасний рівень комп'ютерних технологій дозволяє мінімізувати вплив цього стандарту.

## РОЗДІЛ 2.

### ВИЗНАЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ

#### 2.1 Вибір та обґрунтування діагностичних параметрів системи запалювання бензинових двигунів

Під час діагностики системи запалювання не завжди можливо безпосередньо виміряти діагностичні параметри, і в багатьох випадках ці вимірювання займають значно часу, ускладнюючи визначення кількох параметрів одночасно. Додатково, визначення діагностичних параметрів у багатьох випадках не пропонує прямого висновку щодо причини несправності, оскільки на їхні зміни впливає багато факторів, таких як зміни напруги пробою, тривалості горіння іскри і інші.

Функціональна залежність вторинної напруги від струму пробою та конструктивних параметрів контактної пристрою системи запалювання описується наступним рівнянням:

$$U_{2_{\max}} = I_p \sqrt{\frac{L}{C_1 \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 + C_2}} \quad (2.1)$$

де  $U_{2_{\max}}$  — максимальна вторинна напруга;  $I_p$  струм розриву первинного кола;  $L$  — індуктивність котушки запалювання;  $W_1, W_2$  — кількість витків відповідно первинної та вторинної обмотки котушки запалювання;  $C_1, C_2$  — ємність первинного та вторинного ланцюга системи запалювання.

Як і будь-яка інша автомобільна система, система запалювання може характеризуватися низкою діагностичних і структурних параметрів. Поява несправностей у системі запалювання супроводжується змінами цих параметрів. Визначення діагностичних параметрів призначене для перевірки технічного стану системи і є обов'язковим етапом під час діагностики або обслуговування

двигуна. У таблиці 2.1 представлений перелік типових діагностичних та конструктивних параметрів, які описують систему запалювання. З таблиці видно, що кількість параметрів, які потрібно визначити для оцінки технічного стану системи, є досить значною. Послідовне визначення цих параметрів призводить до необґрунтованого збільшення кількості основних операцій, що також призводить до збільшення трудомісткості та часу діагностики.

Діагностичний параметр	Що характеризує
<u>По первинному колу:</u>	
1. Початковий кут випередження запалювання	Правильність встановлення початкового кута випередження запалювання
2. Зміна кута випередження запалювання в залежності від частоти обертів колінчатого валу	Роботу відцентрового регулятора кута випередження запалювання
3. Зміна кута випередження запалювання в залежності від навантажень двигуна	Роботу вакуумного регулятора кута випередження запалювання
4. Швидкість наростання і зникнення струму в первинному колі системи запалювання	Технічний стан елементів кола низької напруги та транзисторного комутатора
5. Падіння напруги на контактах переривника	Технічний стан контактів переривника
6. Кут замкнутого стану контак-	Зазор між контактами переривника

7. Опір окремих ділянок	Технічний стан обмоток, з'єднань
8. Напруга живлення датчика Холла	Коло живлення датчика <u>Холла</u>
9. Зміна керуючого імпульсу датчика Холла	Технічний стан датчика <u>Холла</u>
10. Відключення струму комутатором	Справність комутатора по відключенню струму
11. Характер зміни напруги у первинному колі	Технічний стан елементів низької та високої напруги
<u>По вторинному колу:</u>	
12. Характер зміни напруги у вторинному колі	Технічний стан елементів низької та високої напруги
13. Величина пробивної напруги	Технічний стан елементів низької та високої напруги
14. Тривалість горіння іскри	Технічний стан елементів низької та високої напруги
15. Напруга горіння іскри	Технічний стан елементів низької та високої напруги
16. Зазор між електродами свічок запалювання	Технічний стан свічок запалювання

Отже, необхідно скоротити кількість діагностичних параметрів і визначити завдання, які мають найвищу діагностичну цінність. Оцінку діагностичної цінності параметрів можна провести за такими критеріями: максимальна інформативність і достовірність, легкість впровадження, зручність для автомеханіків і низька трудомісткість.

Серед наведених параметрів (табл. 2.1) найбільшу діагностичну цінність мають параметри, що характеризують робочий процес системи запалювання та технічний стан її складових, тобто параметри з найбільшою кількістю інформації. З наведеного списку параметрів рекомендується вибрати характер зміни напруги в первинному або вторинному ланцюзі системи запалювання. Враховуючи простоту і легкість виконання стандарту, краще визначати на-

пругу первинного кола, так як цей процес не вимагає використання спеціальних датчиків, але може бути реалізований за допомогою простих датчиків типу «крокодил».

Отже, діагностичним параметром, що характеризує технічний стан всього елемента системи запалювання, буде сигнал зміни напруги в первинному колі.

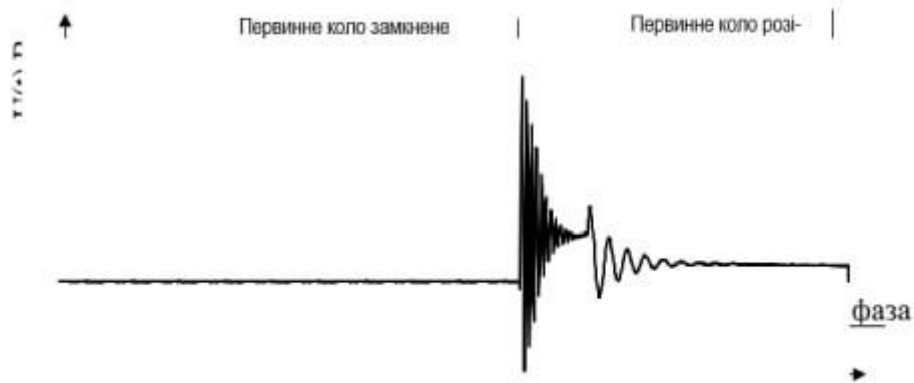
Розглянемо робочі процеси, що відбуваються в системі запалювання при іскроутворенні. Робочий процес іскроутворення в циліндрі двигуна можна умовно розділити на три етапи (рисунок 2.1).

**Перший етап.** Вимкніть первинний контур системи запалювання. На цьому етапі первинний струм починає протікати через первинну обмотку котушки запалювання і зростає. Одночасно в магнітному полі котушки накопичується електромагнітна енергія.

**Другий етап.** Розімкнути первинний ланцюг системи запалювання. На цьому етапі первинний струм зникає, оскільки первинна обмотка котушки запалювання відключена від джерела струму. Накопичена електромагнітна енергія перетворюється в електростатичну. У вторинній обмотці котушки запалювання створюється електрорушійна сила високої напруги.

**Третій етап.** Електрорушійна сила у вторинній обмотці зростає до значення напруги пробоя і розриває іскровий проміжок свічки з подальшим процесом розряду.

Третя стадія процесу іскроутворення складається з двох складових: ємнісної та індуктивної. Ємнісна фаза - це вивільнення накопиченої енергії



Як показано на малюнку. 2.1 Етапи процесу роботи системи запалювання

Друга стадія - стадія індукції. Під час фази індукції вивільняється. Ця фаза триває набагато довше – (1–2,5) мС. Ця стадія визначає напругу і тривалість іскрового горіння.

Ці етапи робочого процесу характерні для будь-якого типу системи запалювання. Найбільш цікавими з точки зору визначення діагностичних параметрів є друга і третя фази, а також інтервал часу, протягом якого включається первинний контур системи запалювання.

## 2.2. Аналіз факторів, що впливають на діагностику

**Фактори, що впливають на іскроутворення в циліндрі та відповідний характер зміни діагностичного параметра (напруга первинного кола системи запалювання).**

**Напруги в первинному і вторинному колах системи запалювання змінюються одночасно і залежать один від одного. Зміни параметрів вторинного кола, таких як розмір іскрового проміжку свічки, склад суміші, температура робочої суміші, тривалість і форма прикладеної напруги, полярність напруги пробою та матеріалу електрода свічки запалювання, призведе до зміни параметрів первинного кола.**

---

Напруга пробою - це напруга, при якій відбувається пробій іскрового проміжку в свічці запалювання. Цей процес є важливою характеристикою системи запалювання, оскільки від нього залежить ефективність запалювання робочої суміші. Напруга пробою залежить від наступних факторів:

- тиск в камері згоряння при проколі запалювача;
- температурний режим робочої суміші;
- розміри іскрового відстані на свічці;
- складові суміші;
- тривалість і характер прикладеної напруги;
- полярність напруги при проколі;
- матеріал електрода запалювання свічки;
- умови та режими роботи двигуна.

На малюнку. 2.2 наведено графічну залежність значення пробивної напруги від різних факторів. З рисунка видно, що величина напруги пробою прямо пропорційна тиску в камері згоряння і обернено пропорційна температурі робочої суміші. Процес збільшення значення пробивної напруги можна спостерігати при запуску і прогріванні двигуна. У такому режимі роботи стінки циліндра двигуна холодні, а паливна суміш, що надходить у циліндр, погано перемішана і холодна. Краплі палива конденсуються і повільно випаровуються. Коли ця суміш потрапляє в електродний простір, напруга пробою зростає на 15-20%.



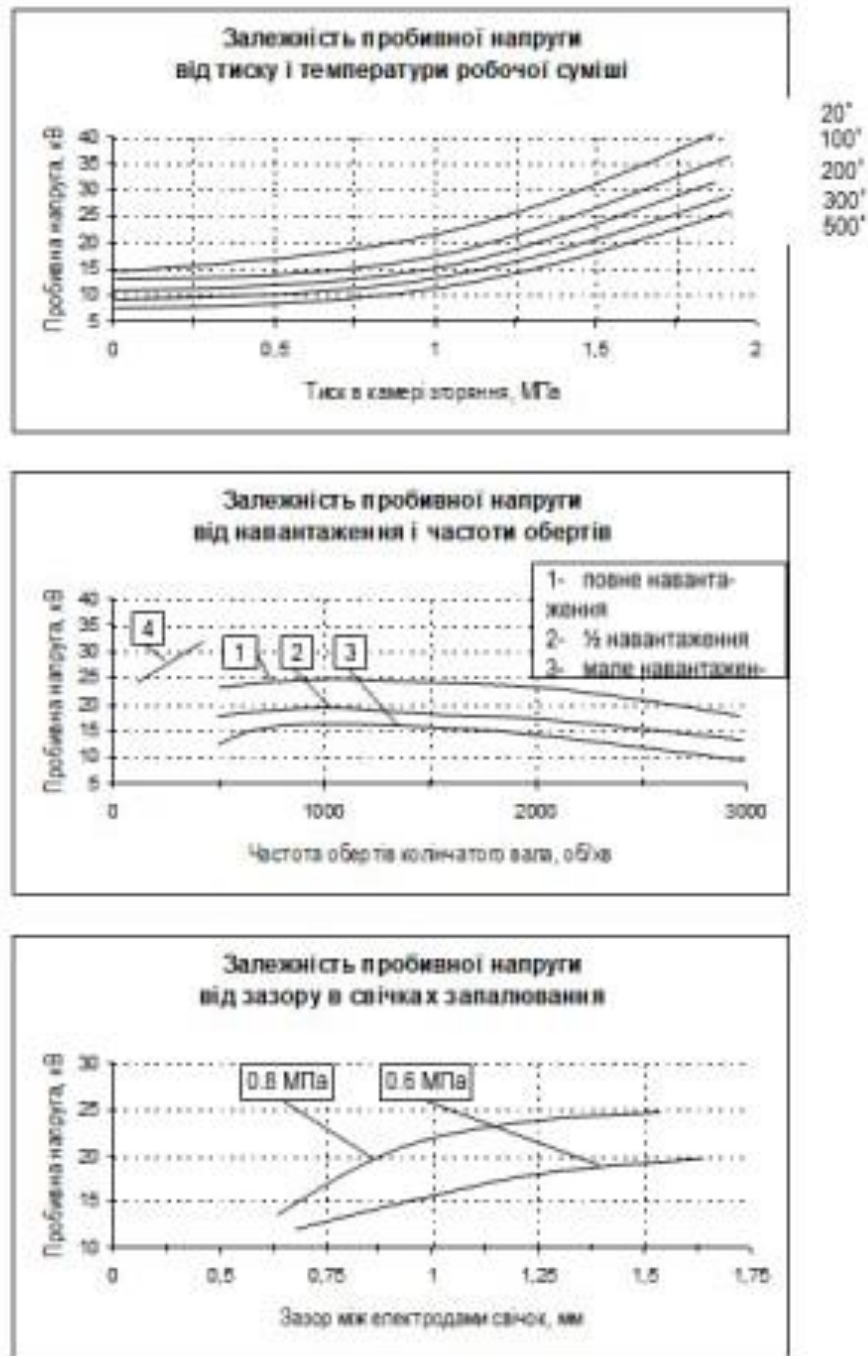


Рис. 2.2. Графік, що показує, як напруга, необхідна для пробую іскрового проміжку, змінюється в залежності від різних факторів.

Залежність напруги пробую від навантаження на двигун і частоти обертання колінчастого валу вказує на те, що максимальна напруга пробую спостерігається при запуску двигуна та при мінімальних обертах у режимі холостого ходу. При збільшенні іскрового проміжку в свічці збільшується і напруга про-

бою. Отже, фактори, що впливають на процес іскроутворення в циліндрі двигуна, можна умовно розподілити на три групи (див. рисунок 2.3).

У процесі діагностики необхідно враховувати всі три групи факторів. Перший набір факторів включає характеристики кожного типу системи запалювання, описані в пункті 1.2. Таким чином, при діагностиці спершу слід визначити тип системи запалювання і відповідно вибрати метод визначення діагностичних параметрів.

Другий комплекс факторів істотно визначає технічний стан елементів системи запалювання. Виходячи з цього, завдання діагностики можна спростити до знаходження зв'язку між діагностичним параметром (характером зміни напруги в первинному ланцюзі системи запалювання) і впливом цієї сукупності факторів на цей діагностичний параметр.

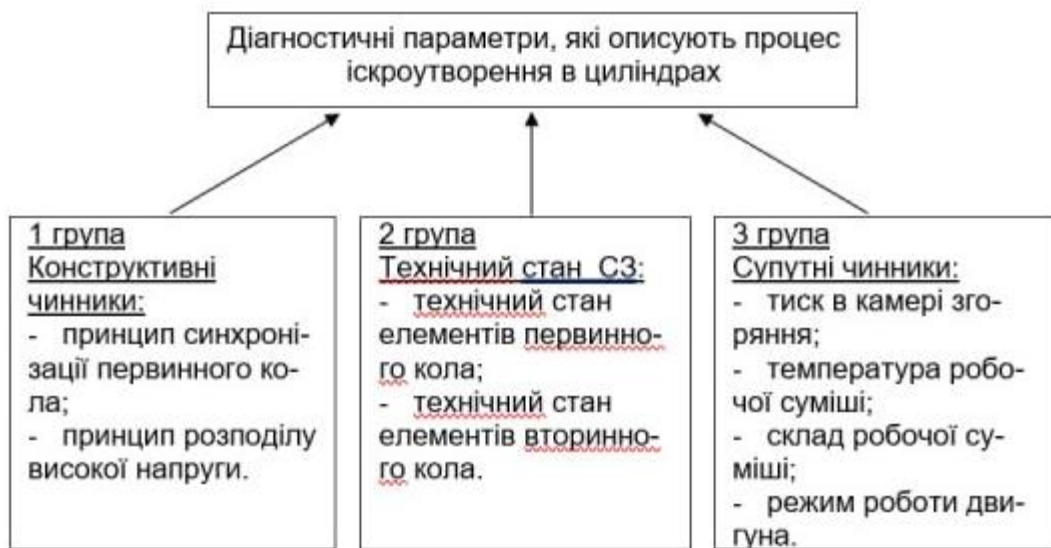


Рис.2.3. Чинники, які впливають на діагностичні параметри системи запалювання

Третій набір факторів описує умови, за яких зараз працює система запалювання. Ці фактори також слід враховувати при діагностиці, але метод їх визначення не повинен бути таким же, як для другого набору факторів. Такий підхід дає змогу аналізувати кожен набір факторів окремо та визначати вплив кожного фактора на діагностичні параметри окремо.

### 2.3. Моделювання процесу діагностування систем запалювання.

Процес діагностики системи запалювання виконується системою діагностичного контролю на базі сучасних електронно-обчислювальних процесорів. На рисунку 2.4 подано функціональну схему системи діагностики для визначення технічного стану системи запалювання.

Процес діагностики об'єкта діагностики характеризується вхідними та вихідними параметрами. Установка вихідних значень параметрів об'єкта діагностики визначити його стан техніки. Цю сукупність можна отримати, виконавши базову перевірку.

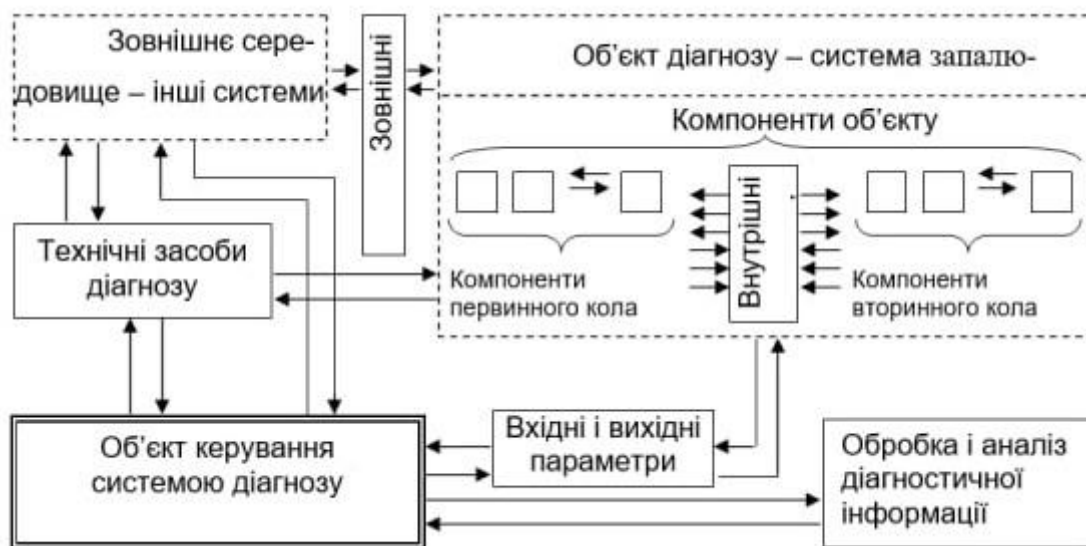


Рис. 2.4. Функціональна схема системи діагностики для визначення технічного стану системи запалювання відображена на рисунку

Кожна така перевірка представляє собою конкретний фізичний експеримент, проведений над об'єктом діагнозу, і визначається впливом на об'єкт, а також реакцією об'єкта на цей вплив. Елементарні перевірки зазвичай виконуються з окремими компонентами об'єкта діагнозу, що дозволяє визначити необхідні значення вихідних параметрів системи запалювання.

Формальний опис процесу роботи системи запалювання як об'єкта діагностики та її поведінки в режимі роботи та несправності, виражений у аналі-

тичній, табличній або графічній формі, є математичною моделлю об'єкта діагностики. При створенні математичної моделі діагностики систем запалювання важливим є скорочення кількості базових перевірок та визначення оптимальної кількості діагностичних параметрів, що описують режими роботи та несправності системи

Математичні моделі для діагностики систем запалювання можуть бути задані в явному і неявному вигляді. Неявна типізація передбачає формальний опис одного стану системи та правила для отримання інших станів (фізичних несправностей). Явна модель забезпечує набір формальних описів робочих станів системи запалювання та інших станів, які можуть бути. Робочий і несправний стани системи запалювання можна виразити у вигляді динамічної системи, стан якої постійно змінюється і визначається набором початкових параметрів.

Метою створення математичної моделі, є автоматичне порівняння досліджуваних сигналів із сигналами в базі. Вона містить зразки сигналів і опис типових сигналів несправностей для різних типів систем запалювання.

$$M = \begin{pmatrix} X_0 \\ X_1 \\ \dots \\ X_k \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

---

Характеристики служать для оцінки технічного стану системи запалювання. Одна з вказує на нормальний робочий стан системи, а інші визначають окремі типові несправності або їх поєднання в системі запалювання. Кожний можна розглядати як залежність спектральних характеристик сигналу напруги у первинному колі системи запалювання від часових змін. Для математичного відображення представимо його у вигляді функції багатьох внутрішніх параметрів:

$$X_i = \varphi(F_1, F_2, K, F_n), \quad (2.2)$$

Де  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – суттєво визначають одну конкретну несправність системи запалювання.

Отже, завдання створення математичної моделі полягає у встановленні зв'язку між параметрами математичної моделі та технічним станом системи запалювання.

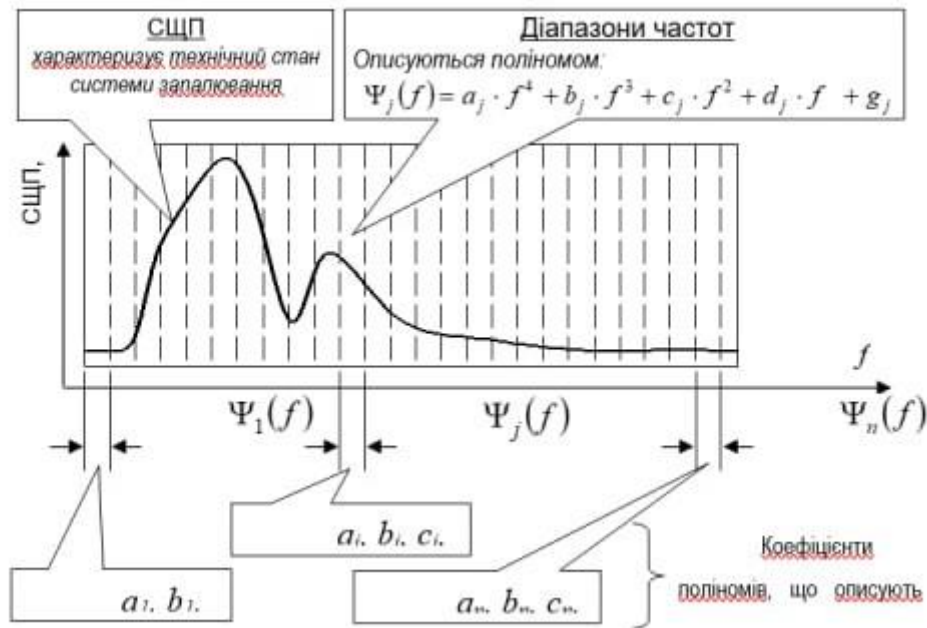
Розглянемо попередні передумови, необхідні для створення математичної моделі:

1. Вхідні дані, які використовуються для обробки, подаються у цифровій формі.
2. Використовувати амплітудно-частотні характеристики (частотні характеристики) для опису процесу всередині утворення іскри;
3. Для визначення конкретного виду несправності використовується метод порівняння амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) об'єкта з відповідними АЧХ, що знаходяться в базі даних. Специфіку діагностики об'єктів визначають критерії. Основною метою є визначення ключових (інформаційних) точок на АЧХ для повного визначення конкретного типу несправності. У цьому контексті рекомендується використовувати кореляційне відношення між АЧХ об'єкта та АЧХ, збереженими в інформаційній базі.

Розглянемо графік спектральної густини процесу (SPD), який аналізує технічний стан елементів системи запалювання, фокусуючись на появі аномальних частот при виникненні конкретного типу несправності (див. рис. 2.5). Вплив кожної несправності на систему запалювання виявляється у змінах спектра потужності в певному діапазоні частот. Отже, параметри математичної моделі можуть залежати від властивостей спектральної щільності процесу в обраному діапазоні частот.

Значення спектральної щільності процесу представляє одновимірний масив даних, у якому кожен елемент відповідає певній частоті в діапазоні від 0 до (половина найвищої частоти дискретизації). Масив даних розділено на діапазони, як показано. 2.5 Кожен діапазон можна розглядати як частину карти спектральної густини потужності, яка може бути представлена масивом. Отже,

параметри виразу (2.2) можна віднести до характеристики кожного частотного діапазону спектральної густини потужності.



Тоді вираз (2.2) набуде виду матриці:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) \\ \Psi_2(f) \\ \dots \\ \Psi_n(f) \end{pmatrix}. \quad (2.3)$$

Кожен елемент у поданій матриці є одновимірним масивом даних. Для подальшого аналізу проведемо інтерполяцію цього масиву та визначимо коефіцієнти поліномів, які апроксимують графік функції відповідного діапазону частот. В даному випадку використовуємо поліном четвертого порядку для інтерполяції. Таким чином, кожен діапазон частот можна представити у вигляді функції:

$$\Psi_j(f) = a_j \cdot f^4 + b_j \cdot f^3 + c_j \cdot f^2 + d_j \cdot f + g_j. \quad (2.4)$$

Тоді залежність (2.3) буде представлена у виді:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Psi_1(f) = a_1 \cdot f^4 + b_1 \cdot f^3 + c_1 \cdot f^2 + d_1 \cdot f + g_1 \\ \Psi_2(f) = a_2 \cdot f^4 + b_2 \cdot f^3 + c_2 \cdot f^2 + d_2 \cdot f + g_2 \\ \dots \\ \Psi_n(f) = a_n \cdot f^4 + b_n \cdot f^3 + c_n \cdot f^2 + d_n \cdot f + g_n \end{pmatrix}. \quad (2.5)$$

У спрощеному виді залежність (2.5) можна представити за матриці коефіцієнтів поліномів:

$$X_i = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & g_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 & g_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & d_n & g_n \end{pmatrix}. \quad (2.6)$$

Отже, вираз (2.6) може служити описом будь-якого стану системи запалювання, незалежно від того, чи є вона справною, чи виявляє типові несправності. На основі описаного вище процесу були визначені параметри математичної моделі та створена відповідна база даних.

При діагностиці автомобіля визначити параметри досліджуваної системи за рівнянням (2.6). Автоматичне порівняння параметрів з параметрами бази даних дозволяє автоматизувати процес виявлення несправностей систем запалювання автомобільних двигунів.

Кожен параметр відповідає графіку SSC, а кожен діапазон частот описується поліномом (2.5). Коефіцієнт кореляції використовується для визначення відповідності між кожним діапазоном частот смуги частот досліджуваного сигналу та відповідним діапазоном частот смуги частот сигналу.

$$r_{ij} = \frac{1}{|\Omega_j, \Omega_{j+1}| \cdot \sigma_{\text{доц}} \sigma_{\text{баз}}} \int_{\Omega_j}^{\Omega_{j+1}} (\Psi_{j_{\text{доц}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{доц}}}}) \cdot (\Psi_{j_{\text{баз}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{баз}}}}) df$$

$$i X_i \quad i \in [1, k]$$

Рівняння (2.7) графік спектральної щільності потужності (СЩП) знаходиться в тому самому частотному інтервалі, що цей інтервал поділено на

однакову кількість частотних діапазонів. Тобто виконано умови:

$$\left| \Omega_j, \Omega_{j+1} \right|_{\text{доо}} = \left| \Omega_j, \Omega_{j+1} \right|_{\text{баз}} . \quad (2.8)$$

У разі невиконання умови (2.8) необхідно скорегувати значення параметрів системи за допомогою масштабного коефіцієнта.  $X$  :

$$\alpha_i = \frac{\left| \Omega_j, \Omega_{j+1} \right|_{\text{доо}}}{\left| \Omega_j, \Omega_{j+1} \right|_{\text{баз}}} . \quad (2.9)$$

$$r_{ij} = \frac{1}{\left| \Omega_j, \Omega_{j+1} \right| \cdot \sigma_{\text{доо}} \sigma_{\text{баз}}} \int_{\Omega_j}^{\Omega_{j+1}} \left( \Psi_{j_{\text{доо}}}(f \cdot \alpha_i) - \overline{\Psi_{j_{\text{доо}}}} \right) \cdot \left( \Psi_{j_{\text{баз}}}(f) - \overline{\Psi_{j_{\text{баз}}}} \right) df . \quad (2.10)$$

$$R_{\Psi} = \begin{pmatrix} r_{01} & r_{02} & \dots & r_{0n} \\ r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & r_{kn} \end{pmatrix} . \quad (2.11)$$

Кожен рядок у цій матриці відображає ступінь зв'язку між параметром досліджуваного сигналу та одним із параметрів бази даних у певному діапазоні частот. Оскільки кожен параметр в базі даних характеризує певний вид несправності, на основі цього можна робити висновки про технічний стан. Параметри досліджуваного сигналу вважаються такими, що відповідають параметрам в рядку  $i$  матриці (2.11) перевищують заданий поріг.

Варто відзначити, що метод автоматичної діагностики системи запалювання відкритий і база даних може постійно оновлюватися.



## Висновки до розділу 2

1. Шляхом аналізу діагностичних параметрів та факторів, що впливають на них, визначено, що характеристики зміни будуть використовуватись, як загальний параметр для характеристики технічного стану кожного компонента системи запалювання.
2. На основі теоретичних досліджень необхідно удосконалити методику визначення аналіз впливу різноманітних несправностей у системі запалювання на зміни характеру напруги іскри в циліндрі двигуна. Рекомендується використовувати діагностичну інформацію, яка міститься в спектральних властивостях.
3. На цьому методі спектрального аналізу створено математичну модель, параметри якої чисельно відображають залежність між несправностями та зміною спектральної щільності потужності сигналу напруги першого кола в певному діапазоні частот. Цей процес можна автоматизувати шляхом порівняння параметрів бази даних діагностування.
4. Запропоновано метод створення бібліотеки, які описують типові несправності системи запалювання. Інформаційна база різних систем запалювання може бути доповнена, що робить запропонований метод автоматичної діагностики адаптивним і відкритим.

## РОЗДІЛ 3.

### РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ

#### 3.1 Інформаційне забезпечення систем діагностування

Конкуренція серед автосервісних компаній існує і є кілька спільних проблем: облік клієнтів і транспортних засобів клієнтів на СТО, облік і аналіз виконаної роботи, рух матеріальних цінностей, облік персоналу і заробітної плати, оформлення документів (наказів, статей, поведінки..). Впровадження систем якості, відповідно до стандартів ISO-9000, також вимагає електронного документообігу. Вирішення цих завдань неможливе без використання інформаційних технологій на основі сучасного програмного забезпечення, що реально впливає на продуктивність СТО.

Інформаційні системи повинні бути розроблені на основі сучасних комп'ютерних технологій, у тому числі:

- використання систему управління базами даних для забезпечення надійної роботи баз даних великої ємності, високої швидкості доступу та надійного зберігання;
- може працювати в локальній мережі підприємства з необмеженою кількістю робочих місць для забезпечення формування баз даних;
- комплексна інтеграція системних даних дозволяє проводити комплексний аналіз діяльності компанії;
- залежно від потреб компанії та часу в систему можуть бути введені додаткові показники.

Аналіз сучасного програмного забезпечення можна розділити на бухгалтерське програмне забезпечення, програмне забезпечення для спеціального обладнання, довідкове програмне забезпечення, додаткове програмне забезпечення, освітнє програмне забезпечення та програми організації роботи АЗС.

**Облікове програмне забезпечення** базується в основному на бухгалтерському програмному забезпеченні, програмне забезпечення для автоматизації бізнес-процесів, програмне забезпечення для обліку складу, програмне забезпечення для обліку робочого часу, програмне забезпечення для підготовки замовлень та програмне забезпечення для бухгалтерського обліку. Деякі з вказаних програм пропонують можливість інтеграції з каталогами запчастин

Довідкове програмне забезпечення включає довідкову базу даних діагностики та ремонту, електронний каталог запчастин, довідник норм робочого часу для виконання робіт з технічного обслуговування та ремонту, довідник геометричних параметрів автомобіля. Такі бази діляться на дві категорії: дилерські програми (авторизовані, оригінальні від виробника) і неавторизовані (неоригінальні мультибрендові).

Багатоваріантні бази даних можуть бути непрофесійними (містять інформацію майже про будь-що, наприклад, база даних Autodata містить контрольні параметри, стандартний час, діагностичну інформацію електронних компонентів, електричні схеми тощо), або вони можуть бути професійними базами даних, що містять індивідуальну інформацію. Наприклад, у системах транспортних засобів база даних CAPS містить інформацію про електронні системи керування, а база даних ATSG I Mitchell for Transmissions містить інформацію про трансмісії. Як правило, старі бази даних містять наступні інформаційні розділи.

Технічні дані – Нормативні дані для автомобіля. База даних містить тисячі різних параметрів і нормативів.

Час ремонту є основним обмеженням часу на ремонтно-налагоджувальні роботи. Ця частина може бути вбудована (Autodata) або надаватися окремо як окрема база даних.

Бази даних, які можуть використовувати результати діагностичної інформації автомобільного сканера, мають великі переваги. Інформаційні системи VAS 5051 використовуються для технічного обслуговування та ремонту автомобілів Групи Volkswagen.

3.2 Застосування інформаційної системи VAS 5051 для діагностики системи запалювання.

### **Призначення пристрою**

Інформаційна система VAS 5051 використовується для технічного обслуговування та ремонту автомобілів концерну Volkswagen, включаючи моделі автомобілів Skoda і Seat. Цей пристрій надає можливість виконання таких основних функцій:

- визначення автомобіля та його комплектації, включаючи стандартні та додаткові системи;
- автоматична системна перевірка електричних систем автомобіля (автомобільна самодіагностика);
- проводити цільовий пошук відповідно до плану тестування
- несправність;
- розробка нових планів випробувань на основі результатів функціональних випробувань для виявлення несправностей;
- використовувати вимірювальні інструменти для вимірювання електричних сигналів;
- роздрукуйте результати діагностики або інший носій.

Інформаційна система VAS 5051 дозволяє провести діагностику і перевірку наступних агрегатів, частин вашого автомобіля:

- двигун (системи запалювання, електрики та охолодження);
- трансмісія (коробка передач, зчеплення);
- ходова частина (підвіска, шини);
- система електропостачання (генератор, акумулятор);
- гальма;
- рульове управління;
- системи світлової сигналізації та світової та звукової;
- виконання робіт з кузова (встановлення дверей, регулювання сидінь, люків, подушок безпеки, центрального замка, протиугінних систем, систем

охолодження та обігріву повітря, клімат-контролю салону, склоочисників, освітлення салону, радіо-телевізійної апаратури тощо).

- панелі приладів, дисплеї та системи керування.

Також, застосовуючи вимірювальний прилад у функціональному режимі мультиметра, можна провести перевірку котушок запалювання на екрані осцилографа, високовольтні проводи, свічки запалювання, перевірити роботу діодів, виміряти силу струму, напругу, опір.

### **Конструкція пристрою**

Інформаційна система VAS 5051 складається з індивідуального комп'ютера, відсічної рами, кабелів для з'єднання діагностичного та вимірювального обладнання та принтера.

Комп'ютер живиться від електричної мережі зі змінним струмом 120-230 В та автомобільної бортової електричної системи (якщо використовується діагностичний кабель). Пристрій може працювати приблизно 30 хвили. Комп'ютер реагує на введені команди через дотик пальця (або іншого тупого предмета), а принтер можна підключити без застосування додаткових кабелів.

На передній панелі (див. рис. 3.1) розташовані світлодіод та сенсорний екран.

З лівого боку пристрою знаходиться роз'єм для підключення до електромережі.

З правого боку розташовані 3,5-дюймовий привід для гнучких дисків, компакт-дисків, вихід аудіосигналу, інфрачервоний порт принтера та перемикач "Увімкнено / Вимкнено".



Рис. 3.1 Лицьова сторона тестера:  
1 - світлодіоди; 2 - сенсорний екран

Верхня частина тестера має кабельні роз'єми для вимірювального обладнання, а також ручку для перенесення обладнання.

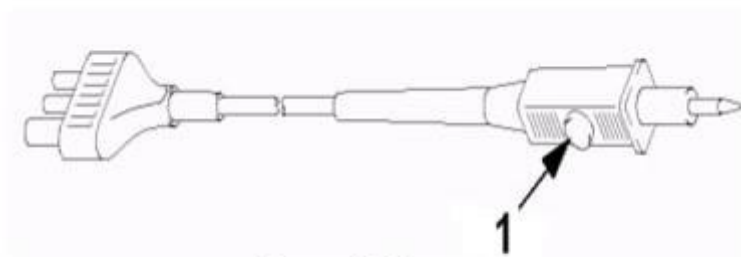


Рис. 3.2.

Комплект кабелів для з'єднання вимірювального обладнання включає в себе вимірювальні проводи U/R/D (позначені як плюсовий полюс), вимірювального проводу COM (мінусовий полюс), двох однакових вимірювальних кабелів для CSO, електровимірювального затискача 50А.

Вимірювальні кабелі U/R/D і COM (рис. 3.2) VAS 5051/7 складаються з 3-полюсної вилки, саме кабелю та зонду з вбудованим кнопковим перемикачем.

Штекер поставляється з одним 4-міліметровим і двома 2-міліметровими банановими контактами.

Шпильки знаходяться в тандемі. 2-міліметровий банановий штифт передає сигнал від передавача 1.

Вимірювальна лінія СОМ (рис. 3.3) складається з прямого кабелю з 4-мм банановим контактним контактом із захисною кришкою.



Рис. 3.3.

Обидва вимірювальні дроти використовуються з мультиметром без потенціалу. Перемикач, зонд лінії вимірювання U/R/D, дозволяє вмикати/вимикати функцію стоп-кадру в режимі вимірювання.

Два уніфікованих каротажних кабелю (рис. 3.4), що складаються з 12-контактного з'єднувального штекера (позначеного синім кольором), кабелю, червоного щупа 4 мм з кнопковим перемикачем 1 і активною вимірювальною головкою, а також щупа 4 мм чорного кольору.

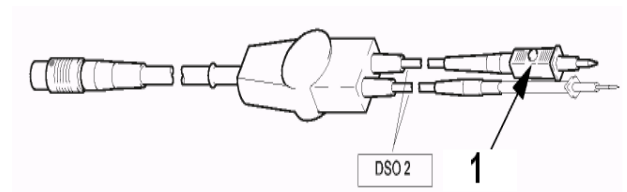


Рис. 3.4

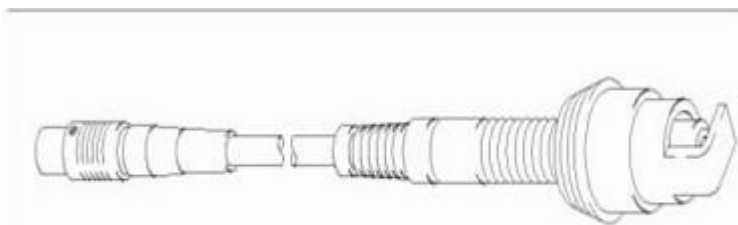


Рис. 3.5.

Затискач посилення призначений для визначення амплітуди смуги запалювання та відстеження прогресування напруги через систему запалювання. Вони можуть відкриватися та згортатися навколо високовольтних кабелів в автомобілі. Вони виконують роль ємнісних дільників напруги. Для вимірювання підходять дроти діаметром від 5 до 9 мм.

### Пристрою до експлуатації.

Здійсніть підключення тестера VAS 5051 до електромережі, використовуючи трижильний живильний кабель із заземлюючим контуром. Двоколірний світлодіод SD1 (рис. 3.1), розташований у верхній передній частині тестера, повинен засвітитися зеленим кольором, і вбудований вентилятор охолодження тестера почне працювати.

СД1 двоколірний	<p>Світиться:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- зеленим світлом при живленні від зовнішньої мережі або від бортової електромережі автомобіля (краще використовувати зовнішнє живлення);</li> <li>- жовтим кольором при живленні від внутрішнього акумулятора;</li> <li>- жовтий мигаючий – внутрішній акумулятор майже розряджений;</li> <li>- зеленим/жовтим (поперемінно мигають) при живленні від зовнішньої мережі або бортової мережі при пошкодженому внутрішньому акумуляторі.</li> </ul>
СД2 одноколірний	Зеленим кольором при заряджанні внутрішнього акумулятора.
СД3 одноколірний	<p>Червоним кольором, якщо засмічений повітряний фільтр, через що тестер недостатньо охолоджується.</p> <p>Якщо світиться СД3, то тестер самостійно вимкнеться через 10сек.</p>

Включення тестера. Включити тестер, переведіть чорний перемикач "Вкл / Викл" на правій стороні тестера в положення "I" і увімкніть тестер.

Запуск / завантаження. Після переведення перемикача в положення «Вкл.» починає «запускатися» програмне забезпечення тестера. Програми автоматично завантажуються з жорсткого диска в оперативну пам'ять. Під час процесу запуску тимчасово засвітиться напис «VAS 5051».

Після появи початкової сторінки (рис. 3.6) тестер готовий до роботи.





Рис. 3.6

Подальше управління тестером здійснюється через сенсорний екран. Він відображає діалогові вікна з інформацією, списками дій, зображеннями та кнопками підпису (клавішами) для вибору функцій і дій.

Підключення вимірювального кабелю.

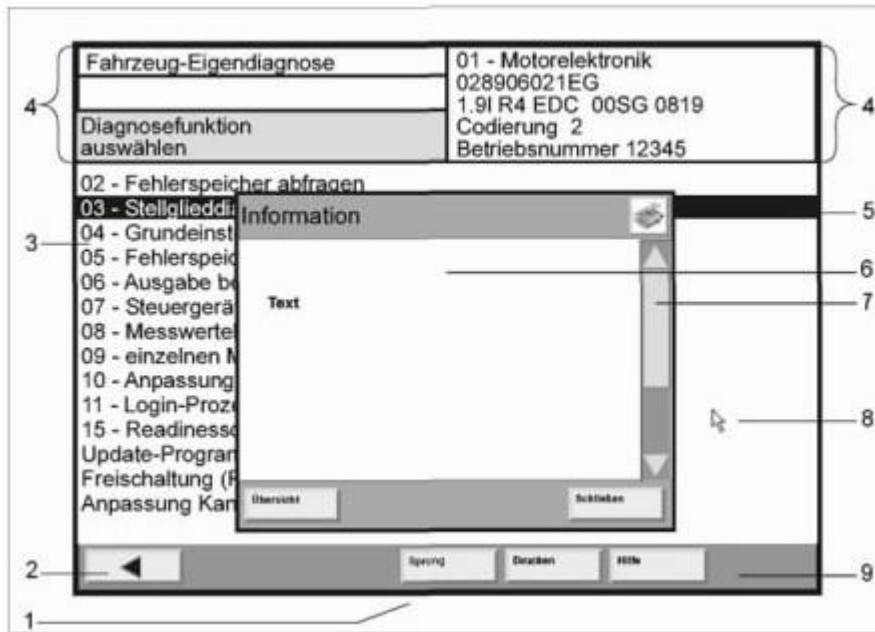
Під'єднайте вимірювальний провід COM до роз'єму тестера з позначкою «COM» (чорний).

Щоб виміряти напругу, під'єднайте 4-міліметровий банановий штекер із 3-полюсним тестовим кабелем U/R/D до червоного роз'єму з позначкою «U/R/D».

Підключіть кабель до одного з синіх розеток із позначкою «DSO1» або «DSO2» на тестері. Гніздо «DSO1» також можна використовувати як другий канал мультиметра.

Вставте штекер відповідного кабелю в роз'єм, позначений "DIAG" (чорного кольору). Процедура роботи з екранними заставками. Зразок заставки

подано як приклад на рис. 3.7:



**Рис. 3.7 Демонстрація роботи на екрані.**

**1 - екранна панель. 2 - панелі управління на панелі; 3 - робоче вікно. 4 - ліве та праве інформаційні вікна. 5 - підсвічена лінія. 6 - вікно діалогу. 7 - полоса прокрутки. 8 - покажчик. 9 - панель керування.**

**Рядок 1: Назва активного режиму (наприклад, «Самодіагностика автомобіля»; «Вимірювальний пристрій»; «Усунення несправностей»; «Керування»);**

**Рядок 2: назва функції, активованої відповідно до вибраного режиму (наприклад, «Розпізнавання автомобіля»);**

**Рядки 3 і 4: інструкції щодо роботи (наприклад, вибір діагностичної функції) або відображення поточного стану (наприклад, функція недоступна); надайте детальну інформацію про функцію. Інформаційне вікно праворуч відображає результати або вибрані раніше дії.**

**У режимі вимірювання він також відображає повідомлення про помилки. У режимі автоматичної діагностики можна вибрати один із пристроїв керування блоком двигуна, показаних у списку:**

**Діалогове вікно** — це невелика заставка, яка з'являється поверх основної заставки. Він відображає додаткову інформацію, параметри керування та повідомлення про помилки, необхідні для виконання наступних кроків вибраної програми.

**Панель управління** розташована у нижній частині екрану. За допомогою цього ряду кнопок можна викликати додаткові та сервісні функції. При кожному натисканні однієї з цих кнопок робоче вікно змінюється. У рядку управління може бути до семи кнопок, кількість яких залежить від типу заставки та її стану.

---

### 3.2. Самодіагностування мікропроцесорних систем запалювання

У режимі «Самодіагностика автомобіля» після підключення діагностичного кабелю і включення запалювання автомобіля пристрій VAS 5051 перевіряє комп'ютер автомобіля на наявність електронних систем і їх модифікацій, наявність несправностей і помилок в цих системах, а також відображає результати дослідження на екрані, наприклад, якщо необхідно, ці результати можна зберегти на жорсткий диск або дискету або роздрукувати за допомогою принтера. Для самодіагностики беремо за приклад Skoda Octavia.

Послідовність проведення процедури діагностування виглядає наступним чином: підключення приладу до автомобіля та відображення інформації. Центральне гніздо 1 для діагностичного кабелю VAS 5051/5A для підключення приладу VAS 5051 в Октавії розташоване в лівому нижньому куті під панеллю приладів 2 (рис. 3.8). Послідовність дій є наступною:

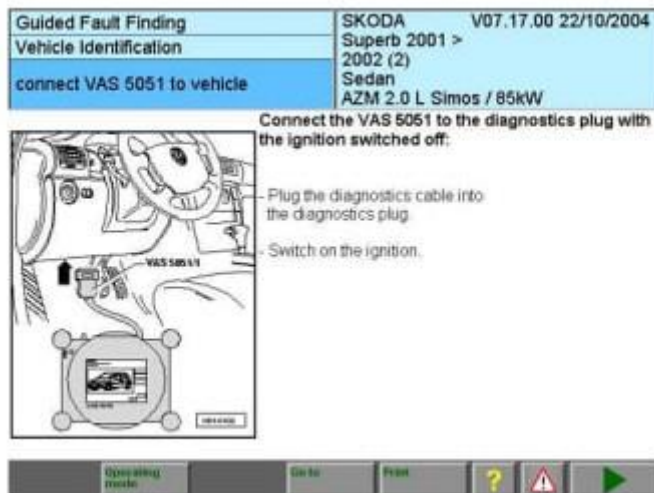


Рис. 3.8 Розташування з'єднувального діагностичного роз'єму на автомобілі.

Вставте штекер діагностичного кабелю в гніздо 1 автомобіля (рис. 1).3.8).

Підключіть пристрій до зовнішнього джерела живлення 220В.

Увімкніть пристрій. Переведіть перемикач у положення "I". Після активації перемикача пристрій розпочинає процедуру запуску. Після цього програма завантажується з жорсткого диска в оперативну пам'ять пристрою VAS 5051. В час процесу запуску тимчасово відобразатимуться слова «VAS 5051». Після появи початкової сторінки (рис. 3.8) пристрій може працювати.

Переведіть машину в нейтральне положення.

Увімкніть запалювання (один раз поверніть ключ, але не вмикайте стартер). Обрати режим роботи пристрою — оберіть "Самодіагностика автомобіля" на початковій сторінці (рис. ...). 3.9), і (рис. 3.10), на якій перераховані назви електронних систем автомобіля, які можна встановити на автомобілі «Skoda», їх статус і кількість— Подальші адреси (переклад назв можливих автомобільних систем показано на малюнку 3.10).



Рис. 3.9 Список електронних систем автомобіля Skoda Octavia.

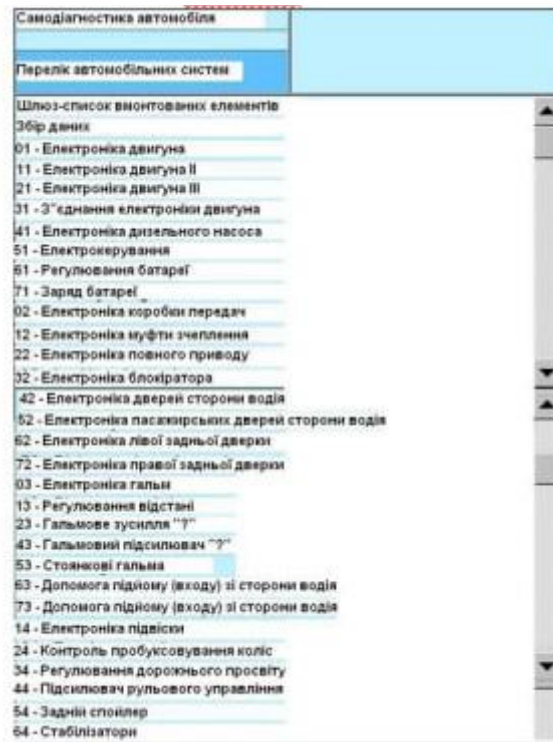


Рисунок 3.10 включає перелік можливих електронних систем автомобіля Skoda Octavia. Після цього, клацнувши на рядок 01 "Engine electronics" (Електроніка двигуна), відбувається підключення приладу VAS 5051 через діагностичний кабель для проведення її самодіагностики.

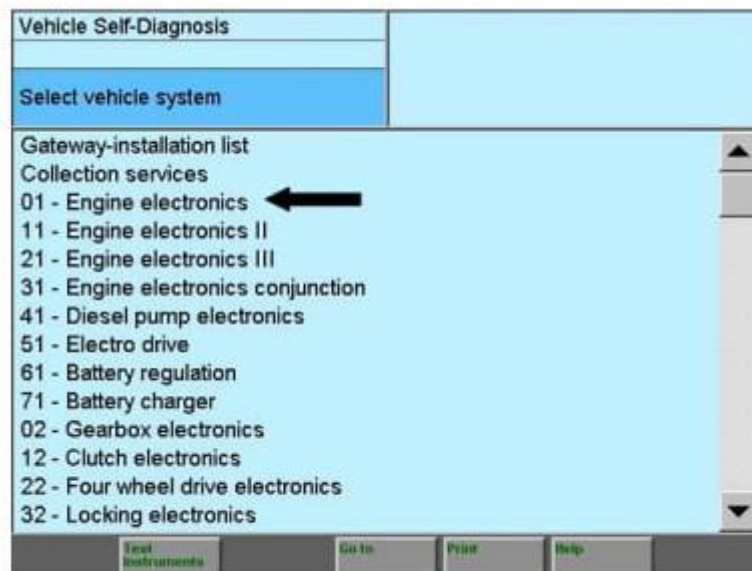


Рис. 3.11

Екран діагностичного пристрою VAS 5051 відображає ідентифікацію блоку керування, яка супроводжується додатковою інформацією, як показано на рисунку 3.12.

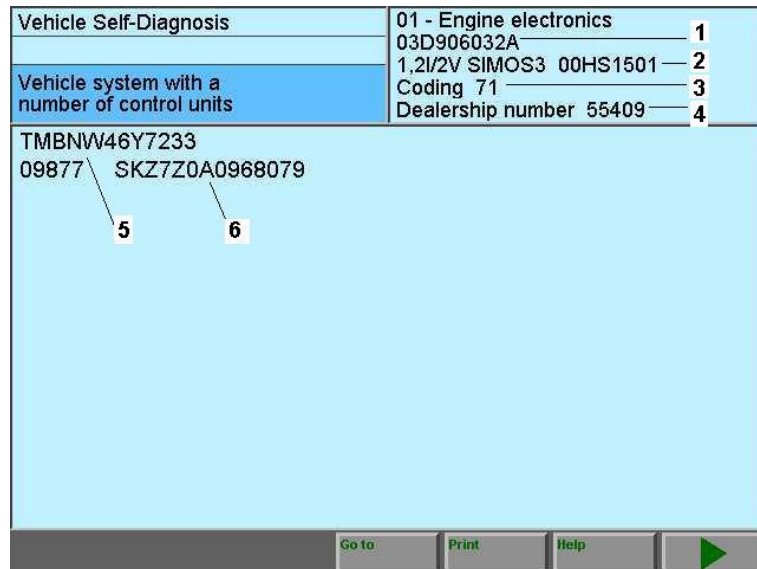


Рис. 3.12

1 – номер блока управління в каталозі запчастин.

2 – Назва та виробник деталі разом із версією програмного забезпечення приладової панелі;

Виберіть опцію, і на екрані з'явиться список функцій, доступних для цієї системи (рис. 3.13).

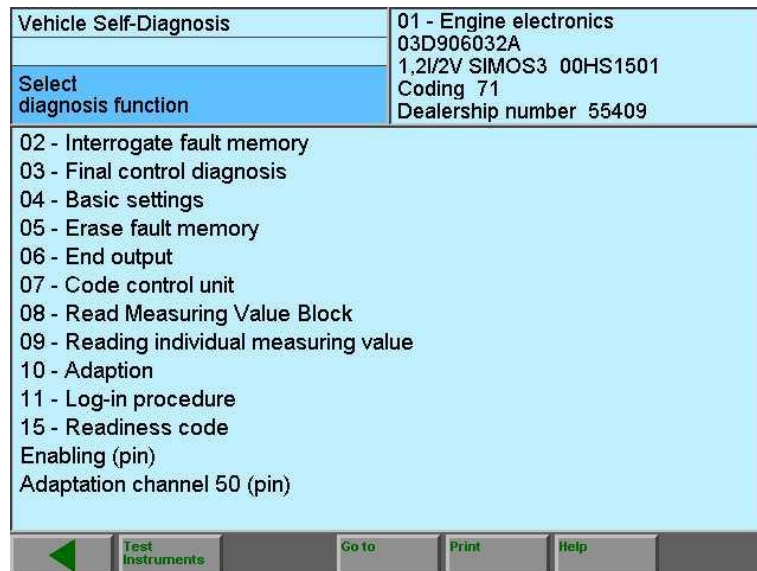


Рис. 3.13

Умови вибору необхідної функції наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Функція	Умова проведення		
	запалювання увімкнено	жмімі холостого ходу	рухається
02 – Зчитування пам'яті <u>не</u> справностей	Так <sup>1)</sup>	Так	Так
03 – Діагностування виконавчих органів	Так	Ні	Ні
04 – Вхід в режим основної настройки	Так	Так	Так
05 – Стирання пам'яті <u>не</u> справностей	Так	Так	Ні
06 – Кінець виходу	Так	Так	Так
07 – Кодування блоку керування	Так	Ні	Ні
08 – Зчитування блоку вимірювальних величин	Так	Так	Так
11 – Процедура Логін	Так	Ні	Ні
15 – <u>Прочитування</u> коду готовності (Readinesskode)	Так	Так	Так

### Зчитування з пам'яті кодів несправностей:

Виберіть функцію 02 - Зчитування пам'яті помилок.

Пізніше на екрані буде відображено список несправностей, збережений у пам'яті, або як показано на малюнку 3.14 (фрагмент екрана) без помилок у цій системі.

Якщо є помилка в пам'яті помилок, тестер відобразить номер помилки на екрані разом із підписом на малюнку 3.15.

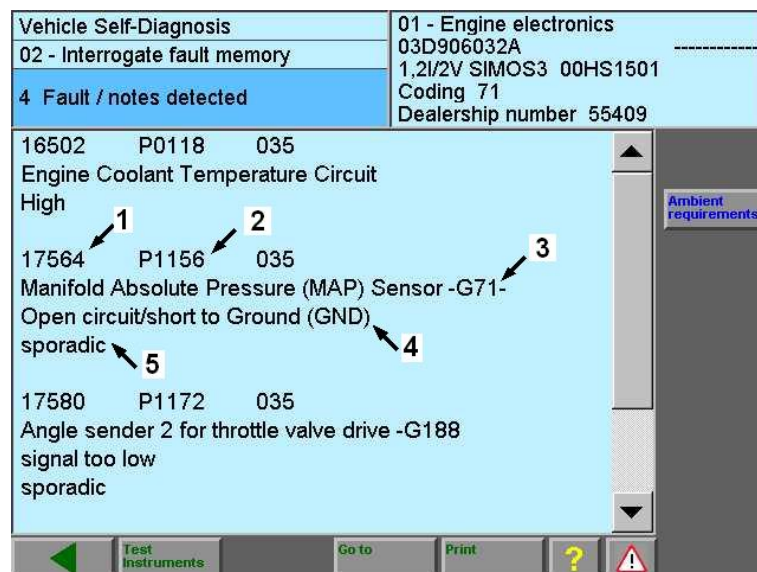


Рис. 3.15



Позначення помилки включає:

1. Номер помилки.
2. Таблиці несправностей, які виявлені в літературі з ремонту та систем електроніки двигуна, наведені в Додатку 1 і класифіковані за номером несправності.
3. SAE-код (стандарт SAE), який застосовується тільки до транспортних засобів, які експлуатуються в Сполучених Штатах Неправильне розташування.

Опишіть елемент, який спричинив помилку.

Тип помилки.


Опишіть невідповідність даних, яка спричинила помилку.

Помилка другого типу є "спорадичною", що означає випадкове виникнення помилки, яка відбувається один раз на 50 запусків двигуна. Якщо така помилка спостерігається, вона відображається на екрані. З використанням зображення на екрані тестера та таблиці помилок з Додатка 1, заповніть Таблицю 3.7, в якій вказано кількість помилок на екрані тестера. В результаті проведеного самодіагностування автомобіля Skoda Octavia не виявлено несправностей.

### 3.3 Перевірка датчиків мікропроцесорних систем запалювання

Перевірка датчика проводиться приладом VAS 5051 в режимі. «Вимірювальний прилад» (випробувальний прилад) або вимірювальним блоком

*Режим "Самодіагностика автомобіля" - функція "Збір даних" порядок виконання і отримання результату*

**1 VAS 5051** 

Vehicle diagnostic-, measuring- and information system  
Version -GB- /V06.21.00 14/04/2004

При виборі режиму "Самодіагностика автомобіля" отримаєм **Vehicle Self-Diagnosis**

**2** Vehicle Self-Diagnosis  
Select vehicle system *Перелік автомобільних систем*  
Gateway-installation list  
Collection services "Збір даних" - при виборі даної функції отримаєм

**3** Vehicle Self-Diagnosis  
Collection services  
Select *Перелік діагностичних функцій*  
diagnosis function  
Check DTC memory - complete system  
*Перевірка DTC пам'яті - повна система (зчитування пам'яті несправностей всіх систем)*

**4** Vehicle Self-Diagnosis  
Check DTC memory - complete system  
Function completed *Закінчена функція*

01 - Engine electronics	<i>Варіант: Автомобільні системи, які встановлені в автомобілі не мають несправностей</i>	✓
03 - Brake electronics		✓
44 - Steering assistance		✓
15 - Airbag		✓
25 - Immobilizer		✓
46 - Convenience system central module		✓
17 - Dash panel insert		✓
08 - Air conditioning/heating electronics		✓
09 - Electronic central electrics		✓
19 - Diagnostic interface for data-bus	✓	

Test Instruments    Go to    Print    Help

Натиснувши отримаємо

Vehicle Self-Diagnosis  
Check DTC memory - complete system  
Function completed

01 - Engine electronics	<i>у випадку наявності несправностей, вказується їх кількість</i>	0 Fault detected
03 - Brake electronics		0 Fault detected
44 - Steering assistance		0 Fault detected

В режимі "Вимірювальний прилад" можна налаштувати параметри вимірювального приладу та здійснити необхідні вимірювання. Результати відображаються на екрані у цифровому або графічному вигляді. У цьому режимі доступні такі функції, як мультиметр і цифровий запам'ятовувальний осцилограф (ЦЗО).

Функціональний блок 1 екрана, що відображає послідовність та результати самодіагностики автомобіля Skoda Octavia у режимі "Мультиметр", представлено на рис. 3.16. (Вимірювання вздовж лінії вимірювання U/R/D) дозволяє вимірювати:

Напруга

Вимірювання основного струму.

Опір.

Перевірте діод.

Перевірте цілісність електричного кола.

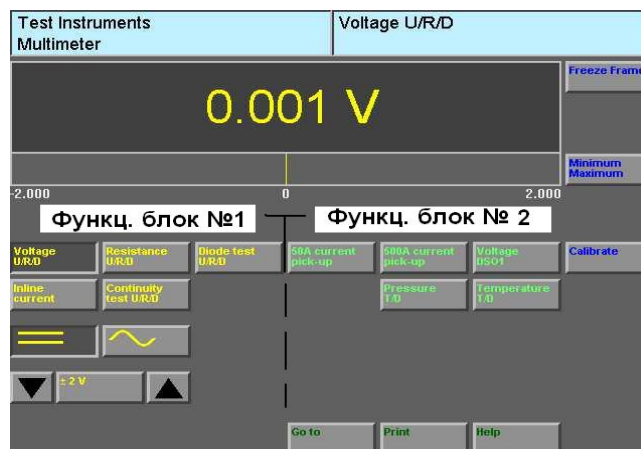


Рис. 3.17

Блок 2 екрану, де використовується електровимірювальний затискач для вимірювань, вимірювальний кабель -DSO1) дозволяє вимірювати:

Сила струму 50 А, використовуючи електровимірювальні кліщі.

Сила струму 500 А, використовуючи електровимірювальні кліщі.

Напруга, за допомогою вимірювального кабелю DSO1

Кнопки вибору функціональних блоків виділяються на екрані різнокольоровими написами.

### **Обов'язкові вимоги під час проведення перевірки:**

Напруга батареї не менше 11,5 В (перевірте за допомогою розетки для зарядки без навантаження).

Просто встановіть з'єднання "маси" між двигуном (на картері коробки передач) та кузовом (під акумулятором).

Всі запобіжники розташовані згідно з діючою схемою підключення.

### **Перевірка компонентів системи запалювання за допомогою випробувального блоку. -V.A.G. 1598/31-**

Рисунок 3.17 Вимірювальний блок V.A.G 1598/31 призначений для одночасного підключення джутового дроту головний мозок двигуна і самого блоку керування.

Перевагою цього є можливість функціонування електронного керування двигуном навіть у випадку підключеної вимірювальної шафи, наприклад, для моніторингу сигналів двигуна під час його роботи.

У разі виявлення помилок у пам'яті несправностей, які можуть бути викликані іншими елементами системи, рекомендується провести детальну перевірку датчиків та проводів, що входять до складу системи запалювання.

У разі виникнення помилки при запуску двигуна значення вимірюваних параметрів можуть бути виведені в тестері по аналітичному тесті VAS 5051 через блок Функція 08 - Зчитування отриманих значень. Невідповідність даних специфікації є підставою для ретельнішої перевірки з'єднання, що викликало помилку. З цією метою, крім діагностичного приладу VAS 5051 та його вимірювальних ліній, слід використовувати випробувальний блок VAS 5051 і його вимірювальних ліній необхідно користуватись випробувальним блоком - V.A.G. 1598/31- з допоміжним вимірювальним комплектом -V.A.G. 1594A-

### **Підключення випробувального блоку V.A.G 1598/31 до автомобіля.**

1. Вимкніть запалювання (необхідно!).
2. Забезпечте доступ до блока управління, видаливши елементи конструкції кузова автомобіля.

Відмінний блок управління двигуном

Розташований зліва від акумулятора у вологозахисному боксі.

1. Відкрутіть гвинти, які кріплять кришку корпусу; відкрити кришку; зніміть кронштейн, що тримає блок керування.; зніміть блок управління з корпусу.

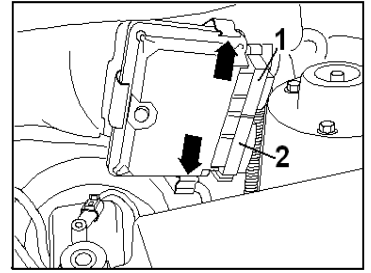


Рис. 3.17

Він надходить з блоку керування двигуном після ослаблення затискача штекерного з'єднання та від'єднання штекерних з'єднань 1 і 2. Підключіть тестовий пристрій V.A.G 1598/31 до двох штекерних з'єднань джутового дроту

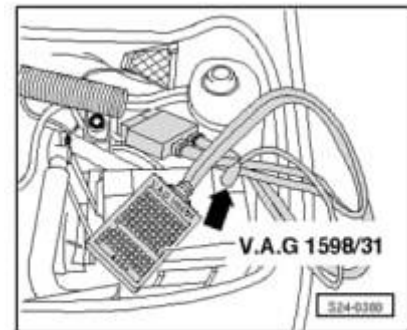


Рис. 3.18

та до блоку керування. Приєднати затискач для

Проведення з'єднання стрілки, яка вказана на рисунку 3.18 випробувального блоку, з "мінусом" акумуляторної батареї. Після цього автомобіль залишається в повній робочій готовності.

### **Вимірювання характеристик датчика. G40 – Холла.**

**Датчик G 40** використовується для визначення положення розподільного вала, що означає момент запалювання першого циліндра двигуна, діючи за ефектом Холла.

Розташування датчика на двигуні знаходиться в передній частині двигуна, на ведучому шківі розподільного вала.

Для проведення перевірки рекомендується використовувати наступні засоби контролю та вимірювань, а також допоміжне обладнання:

- Діагностичний пристрій VAS 5051.

Кабель діагностичного приладу VAS 5051/5A

Вимірювальний прилад V.A.G 1598/31.

Допоміжний вимірювальний прилад V.A.G 1594 A.

U/R/D – лінія VAS 5051/7.

Кабель ДСО VAS 5051/8.

**Умови, які слід враховувати при проведенні перевірки:**

Підключіть діагностичний прилад VAS 5051 до автомобіля за допомогою діагностичного кабелю VAS 5051/5A та підключіть його до зовнішнього джерела живлення та увімкніть.

Підключіть джутовий дріт U/R/D VAS 5051/7 і кабель DSO VAS 5051/8 до відповідних гнізд тестера.

Установіть тестовий блок V.A.G 1598/31 на автомобіль.

**Послідовність дій для виконання завдання:**

1. Переключіть передачу в нейтральне положення у коробці передач вашого автомобіля.
2. Запустіть двигун і дозвольте йому працювати на холостому ході.
3. Виберіть режим роботи тестера - Самодіагностика автомобіля.
4. Оберіть систему 01 - Електроніка двигуна.
5. Виберіть функцію 08 - Зчитування блоку отриманих значень.
6. Введіть номер каналу 012.
7. Параметри, що відображаються на екрані, наведені в таблиці **3.3**. Перейдіть до режиму роботи тестера - Вимірювальна техніка, обравши відповідну піктограму в нижньому ряду керування на екрані. У цьому режимі перейдіть до вікна DSO (ЦЗО), обравши його в рядку керування, а потім DSO.

Зчитування блоку вимірювальних величин канал 012				Зображення на екрані		
об/хв	xxx.x%	xx	xx	Зображуване поле	Необхідне значення	Отримане значення
1	2	3	4	Номер зуба колінчастого валу при зміні кромки розподільчого валу верх – низ	26-30	
				Номер зуба колінчастого валу при зміні кромки розподільчого валу низ – верх (осцилограма)	86-90	
	Навантаження двигуна				12,0-37,0	
	Оберти двигуна (холостий хід)				580-830	

### Висновки до розділу 3

1. При дотриманні певних обмежень можливе застосування методу діагностики системи запалювання шляхом порівняння спектру сигналу, що передбачає перевірку працездатності елементів первинної ланцюга загальноприйнятими методами, але також можливе використання VAS-5051. сканер в автоматичному режимі.

2. При діагностиці системи запалювання необхідно враховувати супутні фактори, тобто вплив на діагностичні параметри інших систем двигуна. Ці фактори оцінюються за допомогою загальноприйнятих функцій мотор-тестерів. Діагностика системи запалювання є невід'ємною частиною комплексної діагностики двигуна, за якою робляться діагностичні висновки.

3. На основі проведених досліджень запропоновано методику перевірки вузлів Систему запалювання, використовуючи мікропроцесорну систему, можна перевірити шляхом вимірювального приладу VAS 5051 автомобіля Skoda Octavia седан. Алгоритм працює в розмовному режимі і спрямований на автоматичне визначення технічного стану системи запалювання.

## РОЗДІЛ 4.

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.

Забезпечення стабільності діяльності підприємства під час надзвичайних ситуацій поділяється на три етапи:

I - Оцінка ситуації.

II - Захист працівників.

III - Організаційні та інженерно-технічні заходи щодо підвищення стійкості роботи предметного блоку.

У крайньому випадку важливо забезпечити стабільну роботу обладнання без зупинки виробництва. Для цього необхідно володіти навичками організації плану дій у надзвичайних ситуаціях, таких як хімічне або радіоактивне зараження місцевості. У цьому випадку основним завданням є накопичення знань і навичок для організації системи роботи підприємства (в даному випадку ремонтної майстерні). Тому необхідно забезпечити нормальну роботу ремонтної майстерні, правильно розрахувати місця укриття для організації персоналу і розподілу відповідальних при аварії, забезпечити захист персоналу і обладнання. Гараж вміщує до 25 автомобілів. У виробничому корпусі розташовані майданчики для обслуговування та ремонту автомобілів, будинків та інших приміщень. Частина автомобілів зберігається у виробничих приміщеннях, а решта – під навісами та на відкритих стоянках.

Під час роботи необхідно розробити заходи з підготовки до надзвичайних ситуацій і спланувати заходи щодо захисту працівників, машин і обладнання. У разі радіоактивного забруднення, стихійного лиха та інших надзвичайних ситуацій дії повинні здійснюватися за продуманим планом ліквідації наслідків. Для виконання цих завдань потрібен висококваліфікований та навчений персонал.



### **Оцінка обстановки.**

Під радіоактивним середовищем розуміється місце, яке піддається масштабному радіоактивному забрудненню, що впливає на діяльність персоналу, виробничу діяльність об'єктів і повсякденне життя людей. Під оцінкою радіаційної обстановки розуміється визначення характеристик радіоактивного забруднення місцевості та його впливу на людей, тварин, рослини, обладнання та будинки. Оцінка обстановки може здійснюватися за допомогою прогнозних методів і на основі даних про радіаційну обстановку. При оцінці прогнозними методами зони можливого радіоактивного забруднення відносять до сценаріїв місцевості.

Визначте дози опромінення, які можуть отримати люди під час діяльності на радіоактивно забруднених територіях.

### **Захист працюючого персоналу**

Ефективний захист населення від зброї масового ураження та інших видів нападу противника полягає у розташуванні його в захисних спорудах. Пріоритетом є захист тих місць, де люди проживають, працюють та навчаються, таких як робочі місця, навчальні заклади та постійні місця проживання. Захисні споруди є інженерними конструкціями, спеціально призначеними для захисту населення від впливу ядерного, хімічного та бактеріологічного зараження, а також від вторинних ефектів під час ядерних вибухів або використання звичайних засобів ураження. За характеристиками захисту будівлі можуть включати в себе складські приміщення, протирадіаційні укриття (ПРУ) та розриви. Для додаткового захисту населення можуть застосовуватися інші прості методи. Сховища та ПРУ часто будуються заздалегідь у звичайний час.

Кількість охоронюваних будівель можна безперервно збільшувати до повного задоволення потреб населення. У разі виникнення надзвичайної ситуації ці сховища будуть зайняті населенням у найкоротший термін після сповіщення населення. При недостатній кількості складських приміщень і ПРУ необхідно провести реконструкцію існуючого майданчика (в даному випадку обслуговуючої компанії) стандартними будівельними матеріалами, елементами

і комплектними конструкціями із залізобетону та цегли. Необхідно підвищити захисні характеристики сайту за рахунок наступних вихідних даних:

- приміщення в підвалі гаража;
- розміри приміщення - 3 x 5,6 м, висота - 4,2 м;
- зовнішні та внутрішні несучі стіни - цегла, товщиною 0,38м

### **Організаційні і інженерно-технічні заходи підвищення стійкості роботи і забезпечення життєдіяльності персоналу**

Компанія в основному поділяється на робочі зони та бригади технічного обслуговування, з майстернями технічного обслуговування, гаражами тощо. Плануються організаційні та інженерно-технічні заходи для покращення сталого функціонування цих об'єктів у надзвичайних ситуаціях. Ці заходи здійснюються центральним апаратом суб'єкта за участю відповідних служб. Перелік і зміст заходів залежать від мети, складу, місця розташування, чисельності особового складу, функціональних особливостей підрозділу та характеру НС. Повідомлення про виникнення загрози або надзвичайної ситуації відбувається з центрального офісу компанії. Основними засобами передачі сигналів і команд є централізовані системи оповіщення (телебачення, радіостанції, телефонний зв'язок тощо).

Заходи щодо забезпечення безперервної експлуатації об'єкта.

Основні заходи щодо забезпечення роботи гаражно-виробничого цеху:

1. Підготувати виробничо-допоміжні ділянки та АЗС до роботи в умовах РЗМ.
2. Створити запаси матеріалів та запасних частин для забезпечення автономної роботи у разі перебоїв у постачанні.
3. Підготуватися до роботи з автономними джерелами енергії.
4. Підготувати склади і гаражі (навіси) для зберігання запасних частин, матеріалів і обладнання для ремонту або технічного обслуговування.
5. Сформуванню мобільну ремонтно-відбудовну бригаду.
6. Додаткове обладнання для мийки для очищення обладнання.
7. Перевірити працездатність устаткування та інструментів майстерні.

8. Здійснювати протипожежні заходи та збільшувати резерв основних засобів пожежогасіння.

Підвищення захисних характеристик будівель і споруд. Для підвищення захисних властивостей будівель і споруд необхідно зміцнювати найслабші елементи конструкції будівлі. Використовуйте цеглу для закладення деяких віконних прорізів, облаштування пожежних резервуарів і входів, підготовки засобів пожежогасіння, герметизації приміщення, встановлення фільтрів на повітропроводах для зменшення надходження радіоактивних часток. Після герметизації курника необхідно стежити за режимом повітрообміну, в тому числі змінити його різноманітність. Ремонтна майстерня на першому поверсі може бути використана для аварійних робіт, таких як підготовка обладнання ГТС, радіаційна розвідка, рятувальні та дезактиваційні роботи. У цьому випадку потрібна підготовка спеціального обладнання. З метою зменшення зовнішніх деталей машини, тобто зменшення адгезії радіоактивних речовин, машину покривають спеціальним лаком або емаллю, збільшують коефіцієнт дезактивації. Щоб зменшити потрапляння твердих частинок на внутрішні поверхні машини, а також на елементи кабіни та кузова, необхідно ретельно герметизувати та експлуатувати фільтрувальну установку.

Підвищити стабільність електропостачання аеропорту. За надійністю електропостачання гаражі відносяться до третьої категорії вимог і не вимагають резервного живлення, але в аварійній ситуації відбудеться повне відключення електроенергії. В якості резервного джерела живлення можуть використовуватися автономні електростанції або пристрої на основі автомобільних генераторів.

Підвищення стійкості опалення, водопостачання та водовідведення. Забезпечує теплообслуговування та ремонт рухомого складу та підключається до зовнішньої теплової мережі. Гаряче водопостачання централізоване. Гаряча вода, що подається в систему опалення, підігрівається при температурі гарячої води, що подається по тепломережі  $t=55...65^{\circ}\text{C}$ .

Водопостачання для обслуговування та ремонту обладнання встановлюється згідно з ДНіП. Зазвичай це комбінована система з функціями економного питного водопостачання та промислового протипожежного водопостачання. Вода забирається безпосередньо з джерела підземних вод і подається в ємність гідровежі і через джерело підземних вод до будинку. Очисні системи в будівлях, що використовуються для обслуговування і ремонту, проектуються в суворій відповідності з ДНіП. Стічні води надходять у зовнішню каналізаційну мережу. Промислові стічні води, що містять зважені частки, такі як нафтопродукти, частково очищаються на очисних спорудах, обладнаних бензиновим сепаратором, а потім скидаються у зовнішню каналізацію. Ступінь очищення може досягати 90%.

#### **Висновок до розділу 4.**

Захист населення під час різноманітних надзвичайних ситуацій – основне завдання ЦЗ. Необхідно заздалегідь вжити заходів захисту. Лише сумлінно впроваджуючи ці заходи, громадськість може бути ефективно захищена.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз показує, що діагностичні методи та засоби визначення систем запалювання двигунів транспортних засобів на сьогодні достатньо автоматизовані, але потребують вдосконалення. Існуючі методи послідовно визначають загальноприйняті діагностичні параметри шляхом подальшого аналізу системи (напруга пробою, напруга іскрового запалювання, тривалість іскрового розряду, кут випередження запалювання, опір окремих компонентів тощо).

2. У роботі запропоновано новий метод автоматизації процесу діагностики системи запалювання. Він заснований на автоматичному порівнянні параметрів математичної моделі, що описує спектральні характеристики досліджуваної системи, з тими, що містяться в інформаційній базі даних. З метою підтвердження вибору діагностичних параметрів і теоретичних передумов використання методів цифрової обробки сигналів для діагностики системи запалювання, у цій статті аналізується спектр сигналу напруги первинного кола. Проведені дослідження показали, що різні несправності системи запалювання по-різному впливають на зміну спектральної щільності процесу в діапазоні 5-60 кГц. Розроблена аналітична база аналізування спектральних властивостей сигналу напруги у системі запалювання дозволяє врахувати діагностичну інформацію, що міститься в спектрі досліджуваного сигналу. Розроблено математичну модель автоматичної діагностики систем запалювання, що дозволяє використовувати методи цифрової обробки сигналів.

3. Метод автоматичної діагностики систем запалювання можна розглядати як адаптивну, відкриту діагностичну систему, засновану на можливості створення інформаційної бази даних, що доповнює параметри математичних моделей, що описують різні несправності системи запалювання. Такий підхід дозволяє налаштовувати системи діагностики для різних типів систем запалювання і поповнювати інформаційну базу при виникненні неперелічених несправностей.

4. Для практичної реалізації запропонованого методу діагностики розроблено алгоритми визначення параметрів технічного стану системи запалювання, алгоритми створення та доповнення бібліотек інформації про параметри при різних відмовах системи, автоматичне порівняння параметрів досліджуваного сигналу з основними параметрами та встановлення відповідних параметрів, зробити діагностичний висновок.

5. Застосування інформаційної системи VAS 5051 здійснюється в процесі технічного обслуговування та ремонту автомобілів Volkswagen Group, в тому числі автомобілів Skoda і Seat.

Наведено алгоритм перевірки:

- ідентифікація автомобіля та його комплектація, наявність додаткових систем;
- автоматична системна перевірка електронних систем автомобіля (самодіагностика автомобіля);
- виконання плану випробувань і цілеспрямовано знаходьте недоліки;
- розробити нові плани випробувань на основі результатів функціональних випробувань для пошуку несправностей;
- використовувати вимірювальні інструменти для вимірювання електричних сигналів;
- виведення результатів діагностики на друк або інший носій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Укравтопром. Автомобільна статистика України. [http// www.ukrautoprom.com.ua](http://www.ukrautoprom.com.ua)
2. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання.
3. Наукові дослідження. Патентознавство: Методологія: навч. посіб./ О.А. Лудченко, Я.О. Лудченко. – К.: Логос,2012. – 174 с. іл. –Бібліогр.: с.171-173.
4. Верес М.В. Стенди для ремонту двигунів (стапелі) / М. В. Верес, Р. І. Розум, П. Б. Прогній // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“, 29-30 вересня 2022 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 153.
5. Верес Марія, Розум Руслан. Методологічні особливості ремонту та технічного обслуговування двигунів вантажних автомобілів. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.57-58.
6. Дем'янчик К.Т., Розум Р.І. Інноваційні підходи до використання машин і технічних засобів у сільськогосподарському виробництві / Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)/НУБІП України, 2023. – С. 101.
7. Дзядикевич Ю.В. Використання боридних та силіцидних покриттів у пожежних машинах: технологічний аспект / Ю.В. Дзядикевич, О.П. Захарчук, П.В. Попович, Р.І. Розум, М.В. Буряк, В.В. Шевчук //Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 151-159.

8. Дзядикевич Ю.В. Захист елементів двигуна автомобіля від окислення: технологічний аспект / Ю.В. Дзядикевич, проф., О.Б. Сван, О.П. Захарчук, П.В. Попович, Р.І. Розум, М.В. Буряк // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 120-127.

9. Захарчук О.П. Оцінка довговічності металоконструкцій автотранспортних засобів / М. В. Буряк, Р. І. Розум, П. Б. Прогній, П. В. Попович, О. С. Шевчук // Вісник машинобудування та транспорту. Зб. наук. Ст (15). - Луцьк, 2022.- С. 11-16.

10. Захарчук О.П., Розум Р.І., Буряк М.В., Фалович Н.М., Чорна О.В. Оцінка економічної ефективності удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу Van Hool acron 915 та NEOPLAN N316/ 3 UL Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей: матеріали VII міжнарод. наук.-прак. конф. (м. Луцьк, 14-16 черв. 2022 р.). Луцьк, 2022. С.172-174.

11. Захарчук О.П. Оцінка економічної ефективності удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу VAN HOOL ACRON 915 ТА NEOPLAN N316/ 3 UL / Захарчук О.П., Розум Р.І., Буряк М.В., Фалович Н.М., Чорна О.В. // Матеріали VII міжнародної науково-технічної конференції «Науково прикладні аспекти автомобільної і транспортно- дорожньої галузей», 14-16 червня 2022 року, Луцьк, 2022. – С 183.

12. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274

«Автомобільний транспорт». Частина 1. Будова автомобіля / Укладач. к.т.н., доцент Сасов О.О., Кам'янське, ДДТУ, 2018 р. – 150 с.

13. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. – 6-те вид. – К.: Либідь, 2018. – 400 с.

14. Коваленко В. М. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. / В. М. Коваленко, В. К. Щуріхін. – Київ : Літера ЛТД, 2017. – 224 с.

15. Мазур А.В., Розум Р.І. Сучасні напрямки забезпечення надійності механічних систем сільськогосподарської техніки / Тенденції та виклики сучас-



ної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)/НУБІП України, 2023. – С. 297-298.

16. Марутовська А.В. Піднімально-оглядове обладнання при ремонті трансмісії транспортних засобів / А. В. Марутовська, Р. І. Розум, П. Б. Прогній // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“, 29-30 вересня 2022 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 154. – (Нові матеріали, міцність та довговічність конструкцій).

17. Матковська В.В., Розум Р.І. Сучасні технічні засоби в сільськогосподарському виробництві / Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)/НУБІП України, 2023. – С. 302-303.

18. Мисак Т. В. Експлуатаційна надійність колісних транспортних засобів / Т. В. Мисак, П. Б. Прогній, М. В. Буряк // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики“, 29-30 вересня 2022 року. – Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. – С. 152.

19. Мошковський С.О. Коригування питомих трудомісткостей ТО і ремонту легкових автомобілів під час технологічного розрахунку СТО / С.О. Мошковський, В.І. Павлюк, В.М. Дембіцький // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал – Луцьк: Луцький НТУ, 2017, № 1 (8). – с. 94 – 99.

20. Омелічев А. Підручник з будови автомобіля. – Моноліт, 2022. – 288 с.

21. Пат. 151462 У Україна, МПК (2006) G01H 17/00, F02B 1/00. Спосіб діагностики автомобільних двигунів / Р. І. Розум, П. В. Попович, М. В. Буряк,

В. Я. Брич, О. С. Шевчук, О. П. Захарчук, О. В. Чорна, Н. М. Фалович (Україна); заявник та патентовласник Р. І. Розум, П. В. Попович, М. В. Буряк, В. Я. Брич, О. С. Шевчук, О. П. Захарчук, О. В. Чорна, Н. М. Фалович. – № u202200406; заявл. 01.02.2022; опубл. 27.07.2022, бюл. № 30.

22. Попович П.В., Шевчук О. С., Дзядижевич Ю.В., Захарчук О.П., Прогній П.Б., Маяк М.М., та ін. Пошукове конструювання колісних транспортних засобів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - ЛНТУ. Луцьк, 2021. С.54-65.

23. Попович П.В., Розум Р.І., Буряк М.В., Березька К.М. та ін. Дослідження безпеки дорожнього руху у м. Тернополі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 250-256.

24. Попович П.В., Маяк М.М., Розум Р.І., Березька К.М. та ін. Дослідження стану транспортної інфраструктури міста Тернополя. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 243-249.

25. Розум Р. І. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів / Розум Р. І., Буряк М. В., Попович П. В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті Зб. наук. ст. - Луцьк, 2022.- С. 138-142.

26. Розум Р.І. Інновації та їх вплив на розвиток автомобільних двигунів // Сучасний маркетинг: візія, технології, інновації / В.А. Фалович [та ін.] ; за ред. д.е.н, проф. В.А. Фаловича. – Тернопіль: ФОП Шпак В.Б., 2023. – С. 314-338 (497 с.).

27. Розум Р.І., Корбак С.І. Двигуни: минуле і сьогодення / Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Матеріали III Міжнародної наукової інтернет-конференції. Тези доповідей (20-22 жовтня 2021 р.). Київ, 2021. С. 312.

28. Робочі процеси автомобілів : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 492 с.

29. Татарин Альбіна, Розум Руслан. Методи відновлення блоків циліндрів двигуна автомобіля. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.62-63.

30. Тригуб О. А. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О. А. Тригуб ; М- во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 187 с.

31. Фалович Н.М., Верес М.В., Розум Р.І. та інші. Огляд обладнання для діагностики та ремонту двигунів внутрішнього згорання. Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки: 2022. 33 (72). № 5 Видавнича група «Гельветика». – С.325-329.

32. Фалович Н.М., Захарчук О.П., Розум Р.І., Буряк М.В. Обґрунтування доцільності удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу VAN HOOB ACRON 915 ТА NEOPLAN N316/3 UL Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Том 1 № 18 (2022) Луцьк С.81-87.

33. Фалович Н.М., Фалович В.А., Шевчук О.С., Попович П.В., Чорна О.В. Державне регулювання та екологічна безпека на автомобільному транспорті. «Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки» Том 33 (72) № 4, 2022 С. 278-282.

34. Фалович Н.М., Шевчук О.С., Попович Д.П., Попович П.В., Буряк М.В., Розум Р.І., Чорна О.В. Експлуатаційна надійність видів громадського транспорту міста Тернополя сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Том 1 № 18 (2022) Луцьк С.186-191.

35. Grevtsev O., Selivanova N., Popovych P, Poberezhny L., et al. Simulation of thermomechanical processes in disc brakes of wheeled vehicle. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.

36. Grevtsev O., Selivanova N., Popovych P., Shevchuk O. Poberezhny, L., et al. Calculation of the Vehicles Stress-Deformed State while Transporting the Liquid Cargo. Communications-Scientific letters of the University of Zilina, 23(1).

37. Hrevtsev, N. Selivanova, P. Popovych, L. Poberezhny, Yu. Rudyak, O. Shevchuk, L. Poberezhna, A. Ivanova, O. Shashkevych, A. Hrytsanchuk, O. Zakharchuk. Evaluation of stress-strain state of vehicles' metal structures elements. Archives of Materials Science and Engineering, 2022, 113(2), pp. 77–85.

38. Hrevtsev, O., Selivanova, N., Popovych, P., Hrytsanchuk, A., Romanyschyn, O. Simulation of thermomechanical processes in disc brakes of wheeled vehicles. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2021, 104(1), pp. 11-20.

39. O. Grevtsev, N. Selivanova, V. Brych, O. Shevchuk, R. Rozum and Y. Rudyak, "Mathematical Modeling of the Stress-strain State in Variable Thickness Axial Bodies," 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2022, pp. 211-214.

40. P. Popovych, D. Popovych, R. Rozum, O. Shevchuk, M. Buriak, O. Chorna, O. Zaharchuk, V. Brych, I. Murovanyi, N. Falovych, O. Borysiak, V. Melnychenko. Study of traffic safety on the street and road network of Ternopil // Agenda 3-nd International Scientific and Practical Conference “Energy - Optimal Technologies, Logistics and Safety on Transport”. -Lviv, september. 2023.

41. P. Popovych, R. Rozum, O. Shevchuk, M. Buriak, O. Chorna, O. Zaharchuk, V. Brych, I. Yu. Rudyak, N. Falovych, O. Borysiak, M. Maiak, V. Melnychenko The research of the transport infrastructure development in Ternopil. Agenda 3-nd International Scientific and Practical Conference “Energy - Optimal Technologies, Logistics and Safety on Transport”. -Lviv, september. 2023.

42. Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. Innovative engines in the history of automobile building. Modern engineering and innovative technologies. Issue 18 / Part 2. Sergeieva & Co Karlsruhe, Germany 2021. P. 64 – 67.

43. Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohni P. B. Optimization of working processes of internal combustion engines with the purpose of improving their environmentality. Modern engineering and innovative technologies. Sergeieva&Co Karlsruhe (Germany) 2022. – Issue 19. Part 1. – P. 147-150.

44. Singh Kripal Automobile Engineering Vol-1 / Standard Publishers and Distributors Pvt Ltd; Standard Edition. 2020. – 764 p.

45. Singh Kripal Automobile Engineering Vol-2 / Standard Publishers and Distributors Pvt Ltd; Standard Edition. 2020. – 670 p.

46. Vashist Devendra, Ahmad Mukhtar Automobile Engineering / Dreamtech Press. 2020. – 416 p.