

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи з дисципліни
“Електронні системи двигунів внутрішнього згорання”
для студентів освітньо-професійних програм “Експлуатація,
випробування та сервіс автомобілів та тракторів”, “Двигуни
внутрішнього згорання”
денної та заочної форм навчання

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Електронні системи двигунів внутрішнього згорання” для студентів освітньо-професійних програм “Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів”, “Двигуни внутрішнього згорання” денної та заочної форм навчання / Укладачі: Георгій СЛИНЬКО, Наталя РЯБОШАПКА. Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2024. 47 с.

Укладачі: Георгій СЛИНЬКО, професор, д.т.н.
Наталя РЯБОШАПКА, ст.викл.

Рецензент: Наталія ЄВСЄЄВА, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: Віктор АЛМАЄВ, зав.лаб.

Затверджено на засіданні кафедри
“Автомобілі, теплові двигуни та
гібридні енергетичні установки”
протокол № 4
від “27” листопада 2024 р.

Рекомендовано до видання
НМК Транспортного факультету
протокол № 4
від “24” грудня 2024 р.

З М І С Т

	ВСТУП	4
	ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
1	ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВЗ	4
2	РЕЖИМИ РОБОТИ ДВИГУНА ПІД КЕРУВАННЯМ ЕБК	11
3	ДАТЧИКИ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВИКОНАВЧІ МЕХА- НІЗМИ ПІД КЕРУВАННЯМ ЕБК.....	14
3.1	Датчики інформації	14
3.2	Виконавчі механізми керування ДВЗ	23
4	ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ	28
4.1	Поняття технічної діагностики	28
4.2	Технічні засоби діагностики	33
4.3	Комплексні технічні засоби діагностики СКД	43
5	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ	44
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	46

ВСТУП

До сучасного двигуна внутрішнього згоряння висувають наступні вимоги:

- висока економічність;
- виконання норм ЄВРО по токсичності;
- низькі показники по гучності;
- точне регулювання кута випередження запалювання та складу суміші на всіх режимах роботи двигуна.

Виконання цих вимог, особливо до показників економічності та токсичності, можливо тільки при використанні електронних систем керування двигуном. Якщо в карбюраторних системах паливоподачі практично не використовується електроніка, то сучасні системи запалювання та впорскування палива створюються тільки на основі керування електронними системами.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Дані методичні вказівки пропонують студентам вивчити теоретичний матеріал, що стосується пристроїв та роботи системи впорскування та запалювання, датчиків і виконавчих пристроїв, необхідних для контролю коректного й погодженого функціонування автомобільних систем, а також досліджування впливу зовнішніх параметрів на роботу системи керування двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Експлуатаційне обслуговування сучасних електронних систем ДВЗ повинне забезпечувати стабільність та надійність їх функціонування при найменшій участі людини в процесі обслуговування й контролю, тому виникає необхідність у широкому використанні способів діагностики та блокування (аварійного захисту) електронних систем ДВЗ.

1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ РОБОТИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВЗ

Основою роботи системи впорскування палива є наступні процеси: повітря, яке надходить у двигун, вимірюється спеціальним

датчиком витрати повітря, дані показання переносяться в комп'ютер (електронний блок керування (ЕБК)), який аналізує їх та з урахуванням значень різних параметрів, закладених у його пам'яті (температура повітря, температура двигуна, ступінь відкриття дросельної заслінки, швидкість, з якої вона відкривається, швидкість обертання колінчатого вала та ін.), розраховує кількість палива, яку необхідно спалити в кількості повітря при даному режимі роботи двигуна.

Потім ЕБК передає на форсунки електричний імпульс необхідної тривалості, відкриваються форсунки, паливо (яке перебуває під тиском) впорскується у впускний колектор.

На рисунку 1.1 показаний зовнішній вигляд ЕБК двигуна Fiat.



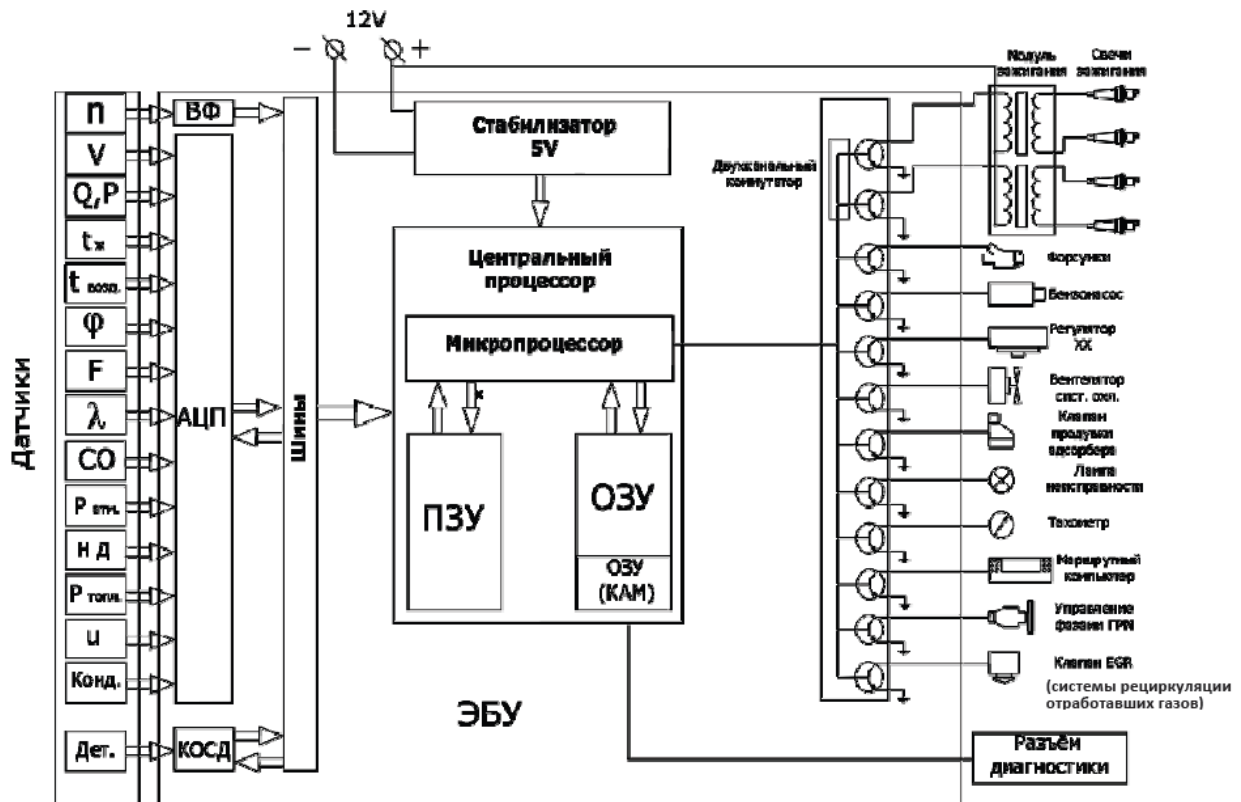
Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд ЕБУ двигуна Fiat

Електронні системи керування двигуном (СКД) підрозділяються на два типи: імпульсного та безперервного впорскування.

У системах імпульсного типу форсунки відкриваються імпульсним електричним сигналом та кількість палива, що впорскується в циліндри, буде залежати від тривалості електричного сигналу. У системах безперервного впорскування форсунки відкриваються під тиском палива та кількість палива, що впорскується, буде залежати від тиску палива.

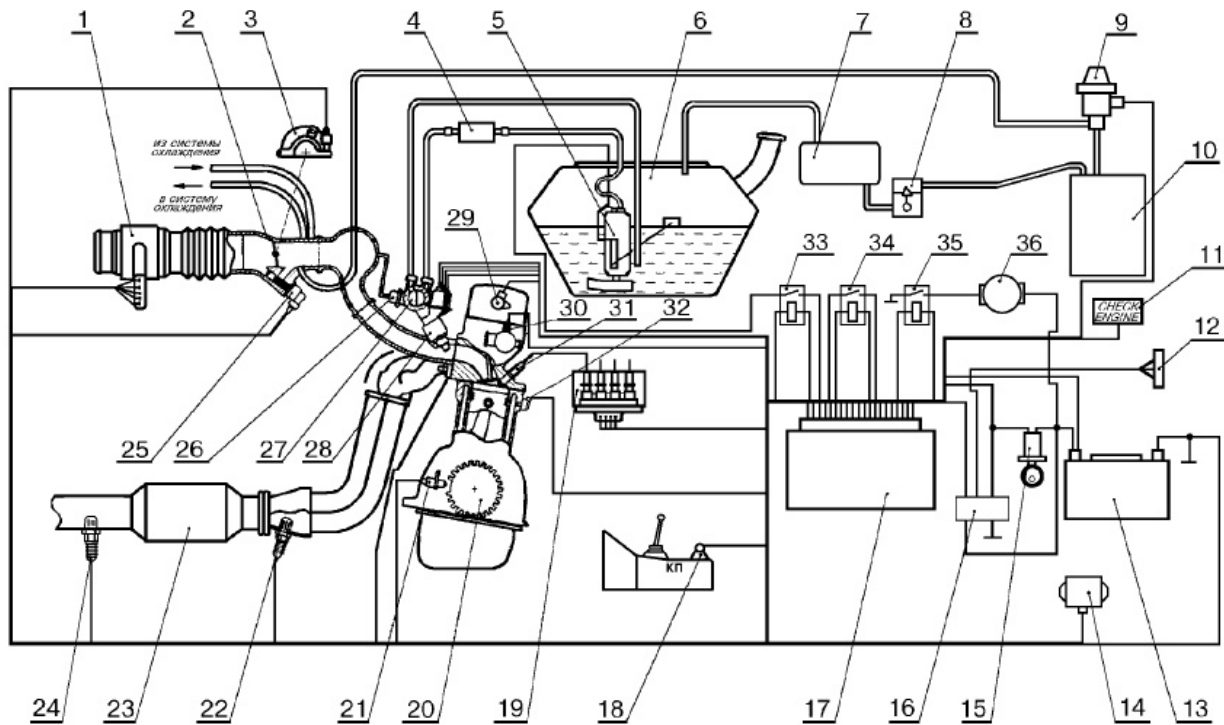
Блок-схема імпульсної системи розподіленого впорскування палива представлено на рисунку 1.2.

СКД складається з датчиків (вимірювальних перетворювачів), ЕБК та виконавчих пристроїв. Принципову схему СКД представлено на рисунку 1.3.



n – датчик частоти обертання й положення колінчатого вала; v – датчик швидкості руху автомобіля; Q, P – датчик навантаження на двигун; $t_{\text{ж}}$ – датчик температури охолодної рідини; $t_{\text{возд}}$ – датчик температури повітря; ϕ – датчик положення дросельної заслінки; F – датчик фаз; λ – датчик кисню; CO – потенціометр (може встановлюватися на автомобілях, на яких не встановлений кисневий датчик); $P_{\text{атм}}$ – датчик атмосферного тиску; $НД$ – датчик нерівності дороги; $P_{\text{топл}}$ – датчик тиску палива; U – сигнал напруги бортової мережі; $Конд.$ – сигнал включення кондиціонера; $Дет.$ – датчик детонації

Рисунок 1.2 – Блок-схема керування впрыскуванням палива та запалювання



1 – датчик масової витрати повітря; 2 – патрубок дросельний; 3 – датчик положення дросельної заслінки; 4 – паливний фільтр; 5 – електробензонасос; 6 – паливний бак; 7 – сепаратор; 8 – гравітаційний клапан; 9 – електромагнітний клапан продувки адсорбера; 10 – адсорбер; 11 – лампа контролю; 12 – колодка діагностики; 13 – акумулятор; 14 – датчик нерівної дороги; 15 – замок запалювання; 17 – ЕБК; 18 – датчик швидкості; 19 – модуль запалювання; 20 – диск, що задає; 21 – датчик положення колінчатого вала; 22 – керуючий датчик кисню; 23 – нейтралізатор; 24 – діагностичний датчик кисню; 25 – регулятор холостого ходу; 26 – регулятор тиску палива; 27 – паливна рампа; 28 – форсунки; 29 – датчик фаз; 30 – датчик температури охолодної рідини; 31 – свічі запалювання; 32 – датчик детонації; 33 – реле електробензонасоса; 34 – головне реле; 35 – реле електроventилятора; 36 – електроventилятор системи охолодження двигуна

Рисунок 1.3 – Схема системи керування ДВЗ ВАЗ ЄВРО-3:

Принцип дії СКД: з датчиків, вбудованих у двигун, знімається інформація про режим роботи двигуна (частота обертання колінчатого вала, положення колінчатого вала по куту повороту, витрата повітря або абсолютний тиск у впускному трубопроводі, положення дросельної заслінки, температура охолодної рідини й повітря, що надходить у впускний колектор та ін.). Ці сигнали надходять в ЕБК, який переробляє отриману інформацію та керує виконавчими

механізмами: форсунками, модулем запалювання, регулятором холостого ходу, електрабензонасосом, вентилятором охолодної рідини, клапаном продувки адсорбера, клапаном рециркуляції вихлопних газів.

Імпульсні сигнали від датчика частоти обертання та положення колінчатого вала надходять у вхідний формувач, який перетворює їх в імпульси прямокутної форми.

Навантаження на двигун визначається за допомогою датчика абсолютного тиску у всмоктувальному колекторі або датчиком масової витрати повітря.

За датчиком детонації ЕБК, управляючи котушками запалювання, корегує кут випередження запалювання. За датчиком кисню ЕБК, керуючи форсунками, корегує кількість палива, що впорскується, а отже змінюється склад паливної суміші.

Аналогові сигнали від датчиків перетворюються в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) у цифрові коди, які надходять у мікропроцесор. Наприклад, від датчиків витрати повітря передається не безпосередньо витрата повітря, а її електричний аналог – напруга, величина, якої залежить від витрати повітря.

Для обробки інформації мікропроцесор використовує тільки дві цифри: 0 і 1. В 8-розрядному мікропроцесорі інформація представляється у вигляді набору з восьми біт. Такий набір дозволяє відобразити числа від 0 до 256 (число два у восьмому ступені дорівнює 256). Напруга на датчиках змінюється від 0 до 5 В, тому напругу можна виміряти з точністю 0,02 В ($5/256 = 0,02$).

В основу принципу дії АЦП покладено електронний ключ (рисунки 1.4), який з великою частотою, що набагато перевищує частоту зміни аналогового сигналу, розмикає та замикає ланцюг. Ця частота, називається частотою дискреції, та від її величини залежить кількість точок виміру напруг аналогового сигналу. Отже, чим більша частота дискреції ключа, тим більша кількість вимірів проводиться АЦП, та точність оцифрування сигналу збільшується. Кожному конкретному виміру призначається свій індивідуальний 8-бітний код, відповідний до значення коду АЦП у діапазоні від 0 до 255 (враховуючи 0 усього 256). У момент замикання ланцюга через ключ проходить напруга й відбувається вимір поточного значення аналогової величини. Це значення аналогової величини запам'ятовує конденсатор. Заряд конденсатора буде відповідати напрузі в конкретний момент часу й

блок керування призначає йому цифрове ім'я (код, наприклад, 10101010), розряджуючи конденсатор, приймаючи на себе заряд. Далі процес повторюється.

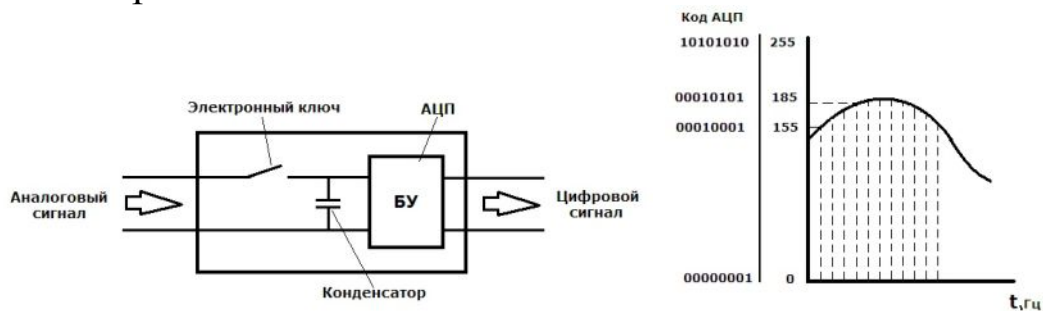


Рисунок 1.4 – Принципова схема АЦП

Призначення та типи постійних запам'ятовувальних пристроїв. У постійно запам'ятовувальному пристрої (ПЗП) зберігається програма роботи мікропроцесора, яка містить дві частини:

- керуюча програма обробки даних «софт», яка робить необхідні розрахунки на основі закладених формул;
- калібрування, які являють собою двох-, тривимірні таблиці різних параметрів роботи системи впорскування та запалювання.

Необхідні параметри для керування виконавчими пристроями обчислюються відповідно до даних, що надходять та набору коефіцієнтів корекції, записаних у калібруваннях ПЗП. Змінюючи дані ПЗП, можна впливати на роботу практично будь-якого виконавчого пристрою з тих, якими управляє ЕБК. Наприклад, для одержання інших потужностних характеристик можна змінювати установку кута випередження запалювання, величину часу впорскування, відключити або змінити режим роботи систем, що контролюють токсичність вихлопних газів.

Крім того, можна змінити оберти холостого ходу, максимально дозволені оберти двигуна та максимально припустиму швидкість автомобіля (при її електронному обмеженні).

Програма в основному залежить від типу блоку керування, конструкції двигуна (8-ми або 16-клапанний) і норм токсичності. Зміст ПЗП не змінюється при знятті живлення акумуляторної батареї та не змінюється в ході роботи програми.

ПЗП в грубому спрощенні являє собою гнізда, виконані у вигляді конденсаторів. Конденсатор має два стани: заряджений або розряджений, тобто зберігає 0 або 1.

Під дією ультрафіолетової лампи між обкладинками конденсатора створюється провідне середовище, яке сприяє розряду конденсатора. Ультрафіолетове випромінювання збільшує енергію електронів і сприяє їхньому пересуванню.

ПЗП існують двох типів:

- CMOS-UV-EPROM: дані в ПЗП стираються ультрафіолетом, звичайно встановлені в панель. Такі ПЗП встановлюються, наприклад, в ЕБК BOSCHM1.5.4.

- FLASH: більш сучасна Флеш-ПЗП, яка допускає необмежене число циклів перезапису, причому без добування мікросхеми з ЕБК. Такі ПЗП встановлюються в сучасних ЕБК, наприклад, Січень-5.1, або Boschmp7.0, або Микас 7.1.

Flash-пам'ять – це пам'ять ПЗП із вшитим у неї програматором.

Одержавши сигнал, програматор записує інформацію в комірку пам'яті.

Оперативний запам'ятовувальний пристрій (ОЗП) або пам'ять довільного доступу – RAM (Random access memory). Призначена для зберігання результатів проміжних обчислень, величини сигналів, що надходять із датчиків і програмних змінних. Зміст ОЗП губиться при відключенні живлення акумуляторної батареї.

Мікропроцесор (8 або 16-розрядний) виконує в ЕБК всі обчислення (ділення, множення, вирахування, додавання), а також логічні операції. Окремі блоки ЕБК зв'язані між собою плоскими кабелями, відомими за назвою шини. По шинах передаються дані (шина даних), адреси пам'яті (адресна шина), а також сигнали керування (керуюча шина).

Основним показником, що визначають потужнісні характеристики двигуна, є його здатність всмоктувати більшу масу повітря на тактах впуску. Чим більше паливно-повітряної суміші надходить у циліндри двигуна, тем вище буде крутний момент на валу двигуна за умовами оптимального складу суміші й кута випередження запалювання.

На серійних автомобілях немає можливості побільшити кількість усмоктуваного повітря. Тому в пропонованих програмуваннях змінюють кут випередження запалювання й кількість

впорскнутого палива (період відкритого стану форсунок), домагаючись тим самим, поліпшення їздових характеристик автомобіля на певних режимах роботи.

Інформація про характеристики двигуна зберігається в ПЗП ЕБК у формі таблиць, називаних робочими таблицями. Ці таблиці виходять із тривимірних карт випередження запалювання й таких же карт для періоду відкритого стану форсунок. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних комбінацій параметрів, однак, насамперед такими параметрами є швидкість, тиск у колекторі, температура двигуна й, можливо, напруга акумулятора. Кожна з таблиць дає, наприклад, своє значення кута випередження, і для визначення істинно необхідного кута всі результати зіставляються. Нарешті, ЕБК видає команду силовому ключу системи запалювання на включення або вимикання котушки відповідно до поточного стану двигуна.

Подібним чином обчислюється й період відкритого стану форсунок.

2 РЕЖИМИ РОБОТИ ДВИГУНА ПІД КЕРУВАННЯМ ЕБК

Первісне вприскування палива відбувається щораз при пуску. Тривалість імпульсу вприскування залежить від температури. На холодному двигуні імпульс вприскування збільшується для збільшення кількості палива, а на прогрітому тривалість імпульсу зменшується. Після первісного вприскування ЕБК перемикається на відповідний режим керування форсунками.

Режим пуску двигуна. При включенні запалювання ЕБК включає реле електробензонасоса, який створює тиск у магістралі подачі палива до паливної рампи. ЕБК перевіряє сигнал від датчика температури охолодної рідини та визначає правильне співвідношення повітря й палива для пуску.

Після початку обертання колінчатого вала ЕБК працює в пусковому режимі, поки оберти не перевищать 400 об/хв або не настане режим продувки «залитого» двигуна.

Режим продувки двигуна. «Залитий паливом двигун» (тобто паливо замочило свічі запалювання), може бути очищений шляхом

повного відкриття дросельної заслінки при одночасному повертанні колінчатого вала. При цьому ЕБК не подає імпульси впорскування на форсунки, та двигун повинен «очиститись». ЕБК підтримує цей режим доти, поки оберти двигуна нижче 400 об/хв, та датчик положення дросельної заслінки показує, що вона майже повністю відкрита (більш 75 %).

Робочий режим керування паливоподачею. Після пуску двигуна (коли оберти більш 400 об/хв) ЕБК керує системою подачі палива в робочому режимі. У цьому режимі ЕБК розраховує тривалість імпульсу на форсунки по сигналах від датчика положення колінчатого вала (інформація про частоту обертання), датчика масової витрати повітря, датчика температури охолодної рідини й датчика положення дросельної заслінки.

Розрахована тривалість імпульсу впорскування може давати співвідношення повітря й палива, що відрізняється від 14,7:1. Прикладом може служити непрогрітий стан двигуна, тому що при цьому для забезпечення високих їздових якостей потрібна збагачена суміш.

Робочий режим для системи впорскування зі зворотним зв'язком. У цій системі ЕБК спочатку розраховує тривалість імпульсу на форсунки на основі сигналів від тих же датчиків, що й у системі впорскування без зворотного зв'язку. Відмінність полягає в тому, що в системі зі зворотним зв'язком ЕБК ще використовує сигнал від датчика кисню для корегування та тонкого регулювання розрахункового імпульсу, щоб точно підтримувати співвідношення повітря й палива на рівні (14,6...14,7):1. Це дозволяє каталітичному нейтралізатору працювати з максимальною ефективністю.

Робота системи з послідовним впорскуванням палива. ЕБК включає форсунки послідовно, у порядку запалювання по циліндрах (1-3-4-2). Датчик фаз дає ЕБК сигнал про те, коли 1-й циліндр перебуває у ВМТ наприкінці такту стиску. На підставі цього сигналу ЕБК розраховує момент включення кожної форсунки, причому кожна форсунка впорскує паливо один раз за два оберти колінчатого вала двигуна, тобто за один повний робочий цикл. Такий метод дозволяє більш точно дозувати паливо по циліндрах та зменшити рівень токсичності відпрацьованих газів.

Режим збагачення при прискоренні. ЕБК стежить за різкими змінами положення дросельної заслінки (за датчиком положення

дросельної заслінки) та за сигналом датчика масової витрати повітря й забезпечує подачу додаткової кількості палива за рахунок збільшення тривалості імпульсу впорскування. Режим збагачення при прискоренні застосовується тільки для керування паливоподачею в перехідних умовах (при переміщенні дросельної заслінки).

Режим потужностного збагачення. ЕБК стежить за сигналом датчика положення дросельної заслінки й частотою обертання колінчатого вала для визначення моментів, у які водієві необхідна максимальна потужність двигуна. Для досягнення максимальної потужності потрібно збагачена горюча суміш, та ЕБК змінює співвідношення повітря й палива приблизно до 12:1. У системі упорскування зі зворотним зв'язком у цьому режимі сигнал датчика концентрації кисню ігнорується, тому що він буде вказувати на збагачення суміші.

Режим збідніння при гальмуванні. При гальмуванні автомобіля із закритою дросельною заслінкою можуть збільшитися викиди в атмосферу токсичних компонентів. Щоб не допустити цього, ЕБК стежить за зменшенням кута відкриття дросельної заслінки й за сигналом датчика масової витрати повітря й вчасно зменшує кількість подаваного палива шляхом скорочення імпульсу впорскування.

Режим відключення подачі палива при гальмуванні двигуном. При гальмуванні двигуном із включеною передачею й зчепленням ЕБК може на короткі періоди часу повністю відключити імпульси впорскування палива. Відключення й включення подачі палива на цьому режимі відбувається при виконанні певних умов по температурі охолодної рідини, частоті обертання колінчатого вала, швидкості автомобіля й куту відкриття дросельної заслінки.

Компенсація напруги живлення. При спаданні напруги живлення система запалювання може давати слабку іскру, а механічний рух «відкриття» форсунки може займати більше часу. ЕБК компенсує це шляхом збільшення часу накопичення енергії в котушках запалювання й тривалості імпульсу впорскування. Відповідно, при зростанні напруги акумуляторної батареї (або напруги в бортовій мережі автомобіля) ЕБК зменшує час накопичення енергії в котушках запалювання й тривалість впорскування.

Режим відключення подачі палива. При виключеному запалюванні паливо форсункою не подається, чим виключається самозапалювання суміші при перегрітому двигуні. Крім того,

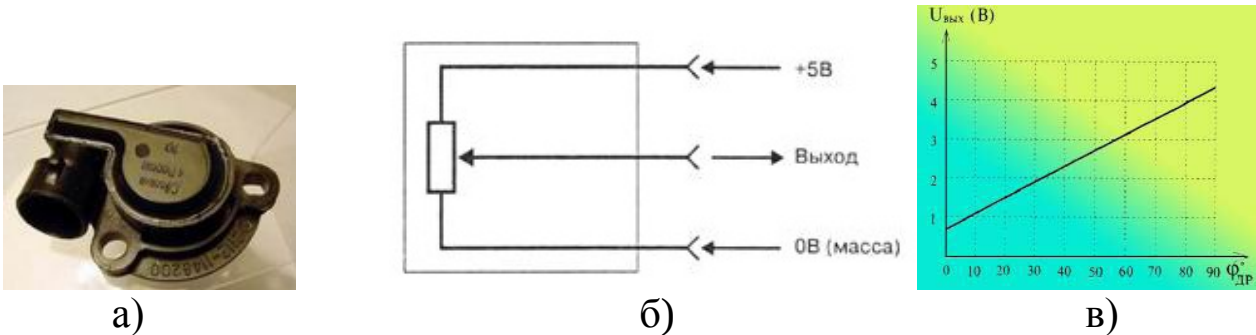
імпульси впорскування палива не подаються, якщо ЕБК не одержує опорних імпульсів від датчика положення колінчатого вала, тобто це означає, що двигун не працює.

Відключення подачі палива також відбувається при перевищенні гранично припустимої частоти обертання колінчатого вала двигуна для захисту двигуна від перекручування.

3 ДАТЧИКИ ІНФОРМАЦІЇ ТА ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ ПІД КЕРУВАННЯМ ЕБК

3.1 Датчики інформації

Датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) (рис. 3.1) – це єдиний вузол, який безпосередньо ухвалює команди від водія на керування двигуном (педаць «газу», тросик від «газу» – дросельна заслінка – ДПДЗ). ДПДЗ вимірює положення *дросельної заслінки* (ДЗ) і передає ЕБК, у якому положенні перебуває ДЗ. Усі інші вузли й агрегати в системі керування двигуном, передають сигнали ЕБК або ухвалюють сигнали від ЕБК без участі водія.



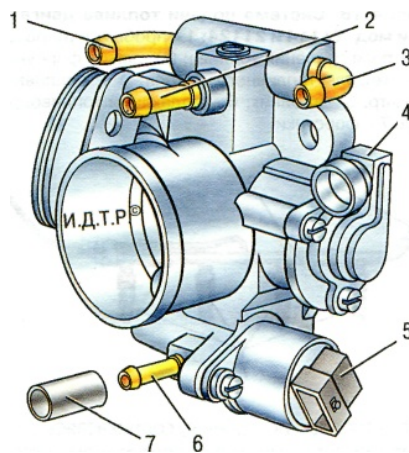
а) – зовнішній вигляд; б) – електрична схема; в) – типова характеристика градуювання

Рисунок 3.1 – Один з варіантів потенціометричного датчика положення дросельної заслінки

ДПДЗ, ДЗ і регулятор холостого ходу (РХХ) разом утворюють вузол дросельної заслінки (рис. 3.2). Датчик положення дросельної заслінки встановлено збоку на дросельному вузлі й пов'язано з віссю дросельної заслінки. Датчик являє собою потенціометр, на один

кінець якого подається плюс напруги живлення (5 В), а інший з'єднаний з масою (рис. 3.1,б). Із третього виводу потенціометра (від повзунка) іде вихідний сигнал до контролера. Коли дросельна заслінка повертається (під впливом на педаль керування), змінюється напруга на виході датчика. При закритій дросельній заслінці вона нижче 0,7 В. Коли заслінка відкривається, напруга на виході датчика росте й при повністю відкритій заслінці повинне бути більш 4 В.

Відслідковуючи вихідну напругу датчика, контролер коректує подачу палива залежно від кута відкриття дросельної заслінки (тобто за бажанням водія). Датчик положення дросельної заслінки не вимагає ніякого регулювання, тому що контролер сприймає холостий хід (тобто повне закриття дросельної заслінки) як нульову оцінку.



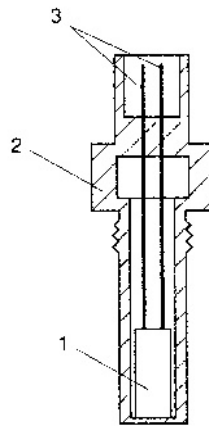
1 – патрубок підведення охолодної рідини; 2 – патрубок системи вентиляції картера на холостому ході; 3 – патрубок для відводу охолодної рідини; 4 – датчик положення дросельної заслінки; 5 – регулятор холостого ходу; 6 – штуцер для продувки адсорбера; 7 – заглушка

Рисунок 3.2 – Схема дросельного вузла

Датчик температури охолодної рідини (ДТОР) (рис. 3.3) – термоелектричний резистор. Протягом нагрівання ДВЗ, ЕБК вимірює напругу на виході із ДТОР та, відповідно, коректує роботу двигуна (оберти Х.Х., збагачення подачі паливної суміші, включення й вимикання вентилятора ОР). Датчик температури охолодної рідини встановлюється на випускному патрубку системи охолодження в потоці охолодної рідини двигуна.



а)



б)

а) – зовнішній вигляд; б) – конструкція;

1 – напівпровідниковий резистор;

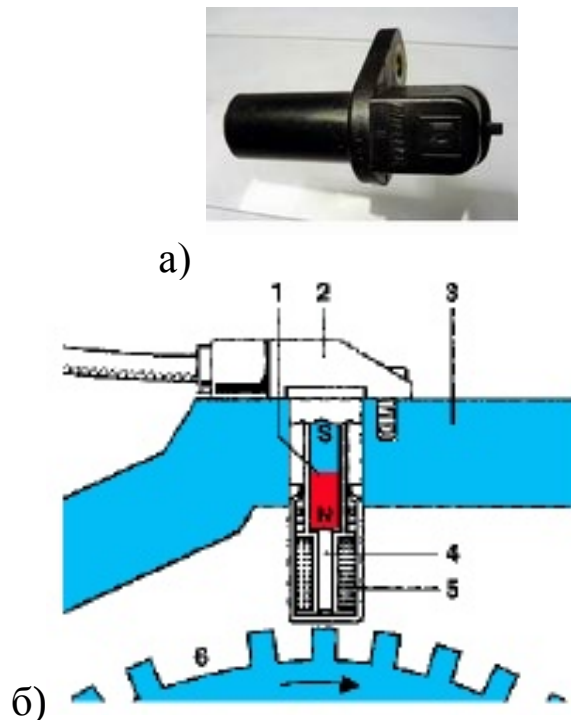
2 – металевий корпус; 3 – електричні контакти

Рисунок 3.3 – Датчик температури

Термістор, що перебуває усередині датчика, є резистором з негативним температурним коефіцієнтом при нагріванні якого опір зменшується (при $-40\text{ }^{\circ}\text{C} = 100\text{ кОм}$ та $70\text{ Ом} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$). ЕБК подає на ДТОР напругу 5 В через резистор з постійним опором. Температуру охолодної рідини ЕБК розраховує по спаданню напруги на датчику.

Датчик положення колінчатого вала (ДПКВ) (рис. 3.4) – часто його називають датчиком синхронізації індукційного типу, установлюється на передній частині двигуна зі спеціальним диском (шківом), жорстко укріпленим на колінчатому валу (КВ). ДПКВ та шків разом забезпечують кутову синхронізацію ЕБК. Диск синхронізації складається з 60 зубів, рівномірно розподілених по колу, з яких вилючено два зуби ($60 - 2 = 58$). Пропуск двох зубів з 60 на диску дозволяє ЕБК визначити швидкість обертання та положення КВ.

Зазор між ДПКВ і вершиною зуба диска строго визначений і рівний 0,8...1,0 мм.



а) – зовнішній вигляд; б) – конструкція;
1 – постійний магніт; 2 – корпус; 3 – картер двигуна; 4 – магнітом'який сердечник; 5 – обмотка; 6 – зубчасте колесо із точкою відліку

Рисунок 3.4 – Датчик положення колінчатого вала

Після включення замка запалювання ЕБК чекає приходу імпульсів із ДПКВ. Одержавши імпульси від ДПКВ, ЕБК синхронізує положення й швидкість обертання КВ та видає імпульси для паливних форсунок (Ф) та модуля запалювання (МЗ). Запуск двигуна й рівна робота означає, що програма ЕБК правильно визначила всі 58 зубів і два пропуски в розрахунковому тимчасовому діапазоні. Якщо є збої імпульсів від ДПКВ, тоді це приведе до нестійкій роботи або збоїв у роботі ДВЗ (збої керування форсунками й МЗ). Побачивши збої від ДПКВ, ЕБК намагається пересинхронізувати процес керування.

Датчик фаз (ДФ) або датчик положення розподільного вала (ДПРВ) (рис. 3.5) – являє собою напівпровідниковий прилад, його принцип заснований на ефекті Холу.



Рисунок 3.5 – Датчик фаз

ДФ видає один імпульс за один цикл роботи (два оберти КВ = чотирьом тактам). Програма, одержавши імпульс від ДФ, визначає ВМТ такту стиску першого циліндра й синхронізує керування форсунками. Завдяки сигналам від ДФ, ЕБК точніше дозує якість сумішоутворення (фазоване впорскування). Під час такого впорскування кожна форсунка одержує один імпульс за один цикл. При виході з ладу ДФ ЕБК визначає помилку й переходить на попарно-паралельне впорскування палива.

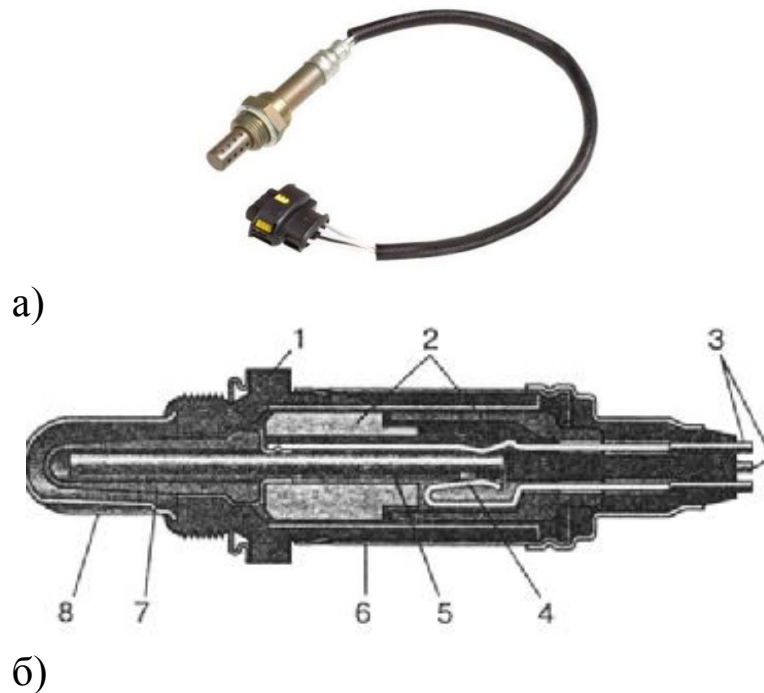
Датчик швидкості автомобіля (ДШ) (рис. 3.6) установлюється на коробці передач (КПП). Його завдання – відправляти імпульси ЕБК за час певного оберту колеса. Ці імпульси потрібні не тільки для визначення швидкості руху автомобіля, але й програмі ЕБК для вибору режиму роботи. Якщо немає обриву або замикання в ланцюзі ДШ, тоді ЕБК не може визначити стан автомобіля (рухається або ні).

Система самодіагностики ЕБК розпізнає вихід з ладу ДШ тільки при наявності великих обертів у двигуні в комбінації з великим навантаженням. У цьому випадку записується код помилки ДШ.



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд датчика швидкості

Датчик кисню (ДК), або лямбда зонд, (рис. 3.7) установлюється на вихлопній системі. Його функція в роботі ЕБК – визначення наявності кисню в відпрацьованих газах (для підтримки стехіометричного складу суміші).



а) – зовнішній вигляд; б) – конструкція;

1 – корпус; 2 – керамічний ущільнювач; 3 – виводи (підігрів і сигнал); 4 – контакт нагрівального елемента; 5 – нагрівальний елемент; 6 – кожух; 7 – твердий електроліт на основі ZrO_2 ; 8 – захисний ковпачок із прорізами

Рисунок 3.7 – Цирконієвий датчик кисню

Для нормальної роботи датчика кисню потрібна температура не менш $350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Щоб прискорити нагрівання датчика кисню, особливо після пуску двигуна, у датчик вмонтовано нагрівальний елемент. ЕБК має додатковий модуль прогріву датчика, який включає підігрів і визначає готовність ДК до роботи. На поверхні ДК відбувається реакція окиснення незгорілого палива. Спеціальний шар здатний віддавати або відновлювати іони кисню, тим самим інформуючи ЕБК про багату або бідну суміш. ЕБК, ухвалюючи сигнали ДК, зменшує або збільшує час відкриття форсунок. Один з важливих факторів для правильної роботи ДК – зв'язок з атмосферним повітрям через свій джгут проводів. Різниця концентрації кисню в атмосфері (що надходить через джгут проводів) та на поверхні робочої частини (вихлоп відпрацьованих газів) є причиною мінливого вихідного

сигналу датчика. У бідній суміші (надлишок повітря) робочу поверхню ДК відновлює кисень – напруга падає. У багатій суміші паливо окислюється киснем за рахунок поверхні датчика – напруга росте.

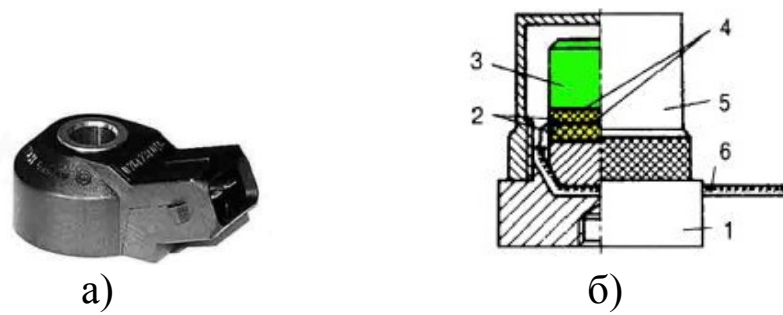
Вихідна напруга ДК прямо пов'язана із процесом окиснення незгорілого палива у вихлопній системі. Неправильне показання ДК бідної суміші, коли в дійсності у вихлопній системі багата суміш, обумовлене забрудненням сажею робочої поверхні ДК. Робоча поверхня ДК покривається сажею, та реакція окиснення не відбувається. При наявності такого сигналу на ЕБК від ДК, ЕБК віддає команду на збільшення часу відкриття форсунок, тим самим збагачуючи й так багату суміш, або навпаки. При забрудненні каналу повідомлення ДК із атмосферою, ДК «бачить» бідну суміш і ЕБК ще сильніше збіднює суміш, зменшивши час відкриття форсунок. Такі неполадки ДК легко поправні.

У першому випадку поїздка на стабільних обертах (траса) 50-60 км/год. Звичайно після такої поїздки несправний ДК починає працювати нормально. У другому випадку вистачає продувки джгута проводів (на стику із ДК) стисненим повітрям.

Датчик детонації (ДД) (рис. 3.8) прикріплений до верхньої частини блоку циліндрів і вловлює аномальні вібрації (детонаційні удари) у двигуні. Чутливим елементом датчика є п'єзокристалічна пластинка. При детонації на виході датчика генеруються імпульси напруги, які збільшуються зі зростанням інтенсивності детонаційних ударів. ЕБК за сигналом датчика регулює випередження запалювання для усунення детонаційних спалахів палива.

У ньому перебувають температурний датчик і нагрівальний резистор. Минаюче повітря прохолоджує один з датчиків, а електронна схема датчика перетворює цю різницю температур у вихідний сигнал для електронного блоку керування. У різних варіантах систем впорскування палива можуть застосовуватися датчики масової витрати повітря двох типів. Вони відрізняються за пристроями та за характеристиками видаваного сигналу, який може бути частотним або аналоговим.

Датчик масової витрати повітря (ДМВП) (рис. 3.9, 3.10, 3.11) розташований між повітряним фільтром та шлангом впускної труби.



а) – зовнішній вигляд; б) – конструкція;
 1 – основа; 2 – п'єзoeлементи; 3 – інерційна маса; 4 – латунна фольга; 5 – кришка; 6 – кабель

Рисунок 3.8 – П'єзoeлектричний датчик детонації

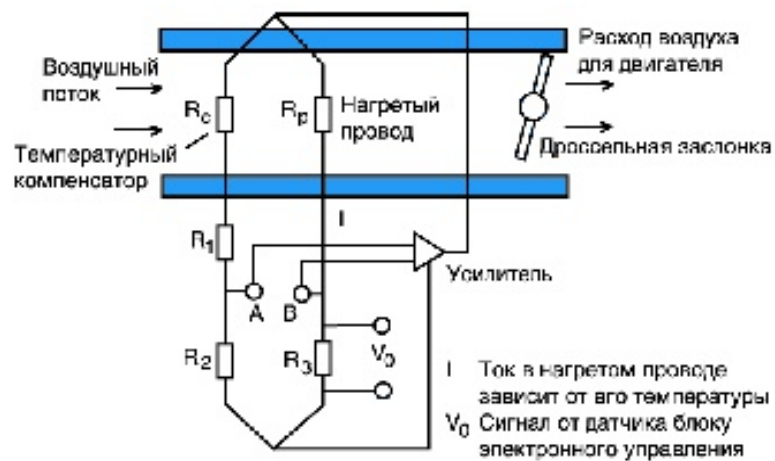


Рисунок 3.9 – Електрична схема датчика для виміру масової витрати



Рисунок 3.10 – Датчик масової витрати повітря фірми BOSCH

У першому випадку залежно від витрати повітря міняється частота сигналу, а в другому випадку – напруга. ЕБК використовує інформацію від датчика масової витрати повітря для визначення тривалості імпульсу відкриття форсунок.



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд датчика масової витрати повітря (ДМВП) General Motors (GM)

Датчик нерівної дороги (рис. 3.12) дороги застосовується в системах, відповідних до норм Євро-3. Призначений для виміру амплітуди коливання кузова автомобіля. Принцип його дії заснований на п'єзоефекті. Виникаюче при русі автомобіля по нерівній дорозі змінне навантаження впливає на кутову швидкість обертання колінчатого вала. Створені при цьому коливання частоти обертання колінчатого вала схожі на коливання, що виникають при пропусках запалення.

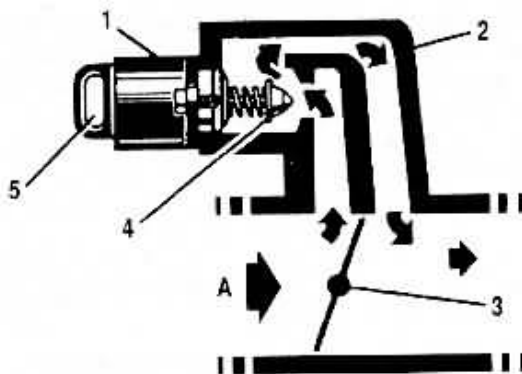


Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд датчика нерівної дороги

Для виключення цієї помилки контролер при перевищенні певного порога сигналу від датчика нерівної дороги відключає функцію діагностики пропусків запалення.

3.2 Виконавчі механізми керування ДВЗ

Крокове реле холостого ходу (РХХ) (рис. 3.13, 3.14) установлюється на вузлі ДЗ і забезпечує проходження повітря через байпасний канал (канал холостого ходу). Від перетину байпасного каналу залежить вступ повітря у двигун при закритій ДЗ, що прямо залежить від положення вала крокового двигуна (прогрів, оберти Х.Х.). Завдання РХХ – підтримка заданих обертів холостого ходу.



1 – кроковий двигун регулятора холостого ходу; 2 – дросельний патрубок; 3 – дросельна заслінка; 4 – запірна голка клапана РХХ; 5 – електричний роз'єднувач; А – повітря, що надходить

Рисунок 3.13 – Схема регулювання подачі повітря РХХ

РХХ також забезпечує:

- прогрів холодного двигуна, підтримку підвищених обертів і плавне скидання протягом нагрівання при закритій ДЗ;
- при відкритті ДЗ, повітря проходить через ДЗ і байпасний канал, тобто РХХ повинен бути готовий до різкого закриття ДЗ, тим самим забезпечуючи плавне скидання обертів до заданого Х.Х.;
- компенсаційне підвищення обертів перед включенням таких механізмів як кондиціонер, вентилятор системи охолодження.

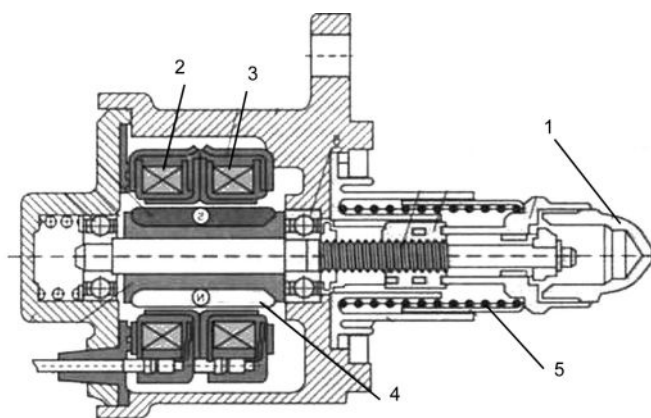
Вихід з ладу РХХ приводить до наступних збоїв системи:

- зупинка двигуна після скидання газу або неможливість роботи на Х.Х.;
- підвищені оберти Х.Х., що збільшуються протягом прогрівання двигуна.

Усі несправності, пов'язані з лінією керування крокового двигуна (РХХ) і самого РХХ, легко виявляються діагностичним устаткуванням.



а)



б)

а – зовнішній вигляд; б – конструкція; 1 – дроселюючий елемент; 2, 3 – обмотки крокового електродвигуна; 4 – ротор крокового електродвигуна; 5 – пружина

Рисунок 3.14 – Регулятор холостого ходу із кроковим електродвигуном

Електромагнітні форсунки (рис. 3.15). Паливні форсунки ВАЗ установлені разом з рампою на впускному колекторі. Одна форсунка на кожний циліндр. Паливна форсунка дозує подачу палива під тиском у впускну трубу циліндра по команді контролера. Форсунка являє собою пристрій з електромагнітним клапаном, який при одержанні електричного імпульсу керування з контролера впорскує паливо під тиском на тарілку впускного клапана. Після закінчення електричного імпульсу форсунка перекриває подачу палива. Паливо може подаватися двома методами: синхронним, тобто при певному положенні колінчатого вала, або асинхронним, тобто незалежно або

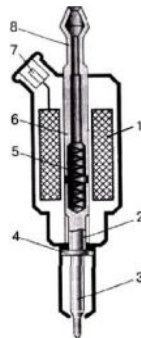
без синхронізації з обертанням колінчатого вала. Синхронне упорскування палива – найбільше часто застосовуваний метод. Асинхронне упорскування палива застосовується в основному в режимі пуску двигуна.

Форсунки включаються попарно та по черзі: спочатку форсунки 1-го й 4-го циліндрів, а через 180° повороту колінчатого вала – форсунки 2-го й 3-го циліндрів і т.д. Таким чином, кожна форсунка включається один раз за оберт колінчатого вала, тобто два рази за повний робочий цикл двигуна.

Електробензонасос (ЕБН) (рис. 3.16, 3.17). Застосовується ЕБН турбінного типу. Модуль ЕБН містить датчик рівня палива. Опір датчика рівня (Ом) перебуває в межах «min-повний бак» – «max-порожній бак». Напруга живлення подається на ЕБН через реле, яким управляє ЕБК.



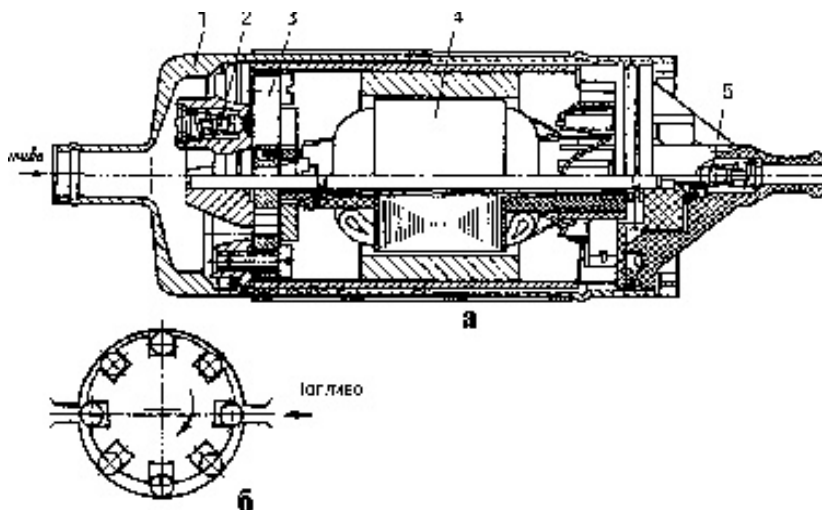
а)



б)

а) – зовнішній вигляд; б) – конструктивна схема електромагнітної форсунки; 1 – обмотка електромагніту; 2 – якір; 3 – замикаючий елемент; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – магнітопровід; 7 – вихідні контакти; 8 – штуцер для палива

Рисунок 3.15 – Електромагнітні форсунки



а) – поздовжній розріз; б) – схема дії; 1 – корпус насоса; 2 – запобіжний клапан; 3 – роликовий насос; 4 – електродвигун; 5 – зворотний клапан

Рисунок 3.16 – Електробензонасос (поздовжній розріз та схема дії)



Рисунок 3.17 – Електробензонасос (зовнішній вигляд)

Модуль запалювання (рис. 3.18) містить два потужні електронні ключі та дві котушки запалювання. Іскроутворення відбувається за методом «холостої іскри», тобто іскра утворюється одночасно у двох циліндрах: 1-4 і 2-3. В одному циліндрі робоча іскра, в іншому – «холоста».

На 16-клапанних моторах обсягом 1,6 літра використовуються індивідуальні котушки запалювання на кожну свічу з фазованим керуванням.



Рисунок 3.18 – Модуль запалювання

Вентилятор у системі охолодження (рис. 3.19) включається й вимикається ЕБК залежно від температури охолодної рідини двигуна (від 98°C до 107°C), залежно від типу ЕБК двигуна, частоти обертання колінчатого вала, роботи кондиціонера (якщо він є на автомобілі) та інших факторів. Електроventилятор включається допоміжним реле, розташованим у монтажному блоці. При роботі двигуна електроventилятор включається, якщо температура охолодної рідини перевищує 104°C або буде дано запит на включення кондиціонера. Електроventилятор вимикається після спаду температури охолодної рідини до 101°C , після вимикання кондиціонера або зупинки двигуна.



Рисунок 3.19 – Зовнішній вигляд вентилятора в системі охолодження

У цей час перехід від механічних систем керування до електронних систем керування визначив швидкий розвиток

електронних технологій. Електронні технології керування створюють якісні характеристики робочої суміші й розподіл суміші по циліндрах.

Однак електронні технології сучасного автомобіля коштовні, вони включають більш 100 виробів, а їх вартість становить приблизно 30 % вартості автомобіля.

4 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ

4.1 Поняття технічної діагностики

Сучасні технічні об'єкти містять у собі велику кількість компонентів, об'єднаних між собою складною системою функціонального зв'язку та інформаційного обміну, причому окремі компоненти можуть бути самі по собі досить складними динамічними системами (наприклад: автомобіль, двигун, трансмісія тощо). Разом з тим відмова одного з компонентів може привести до відмови всього об'єкта й, як наслідок, до невиконання покладеного на нього завдання.

Причинами відмов окремих компонентів об'єкта є, як правило, різного роду *дефекти*.

У державному стандарті "Якість продукції. Терміни" *дефект* визначається як будь-яка невідповідність того або іншого виробу вимогам, установленим нормативно-технічною документацією.

При цьому дефект інтерпретується як деяка вада (недолік) виробу, що є результатом однієї із причин:

- помилок при його конструкторській розробці й виготовленні,
- використання вихідних матеріалів і комплектуючих елементів, що не мають досить високу якість,
- відхилення технологічного процесу виготовлення від заданого,
- недотримання встановлених правил експлуатації та застосування,
- різного роду ушкоджень через вплив непередбачуваних дестабілізуючих факторів (температурних, ударних, акустичних, кліматичних тощо).

При розробці та виготовленні конкретного об'єкта йому надається ряд властивостей, які в сукупності визначають якість об'єкта. До кожної із цих властивостей висуваються певні вимоги, що впливають із умов цільового застосування об'єкта. Невідповідність хоча б однієї із цих властивостей установленим вимогам свідчить про

наявність в об'єкті дефекту. Надалі при роботі об'єкта теж необхідно здійснювати такого роду перевірки для того, щоб вчасно виявити дефект у випадку його виникнення та вжити необхідні заходи до його усунення або, принаймні, зменшенню його шкідливих наслідків.

Виявлення дефекту є встановлення факту його наявності в об'єкті.

Пошук дефекту полягає у вказівці з певною точністю його місця розташування в об'єкті.

Галузь науково-технічних знань, сутність якої становлять теорія, методи та засоби *виявлення й пошуку дефектів* об'єктів технічної природи і є *технічна діагностика*.

Сукупність підлеглих зміні властивостей об'єкта, яка характеризує ступінь його функціональної придатності в заданих умовах цільового застосування, називають *технічним станом* об'єкта.

З того моменту, як з'являється необхідність визначення технічного стану, технічний об'єкт виступає в ролі об'єкта діагностування. Іншими словами, *об'єкт діагностування* – виріб та його складові частини або заготовка, технічний стан яких підлягає визначенню.

Визначити технічний стан об'єкта — це значить з'ясувати, чи володіє він набором необхідних властивостей, що забезпечують придатність його до застосування та правильність виконання їм своїх функцій, і якщо не має, тоді – через які дефекти.

Усі можливі технічні стани об'єкта поділяються на види.

Вид технічного стану – це така його категорія, яка характеризується відповідністю (або невідповідністю) якості об'єкта певним вимогам.

Слід розрізняти поняття «*технічний стан*» та «*вид технічного стану*».

Ознаками технічного стану об'єкта можуть бути якісні та (або) кількісні характеристики його властивостей. Фактичні значення кількісних та проявлення якісних характеристик визначають технічний стан об'єкта.

Розрізняють наступні види технічного стану:

- справність та несправність;
- працездатність та непрацездатність;
- правильне функціонування й неправильне функціонування.

Справністю об'єкта називають такий його стан, при якому він повністю задовольняє всім вимогам, установленим нормативно-технічною документацією. Говорять, що об'єкт перебуває в *справному технічному стані*.

Для умов експлуатації практично важливим є поняття *працездатного технічного стану* об'єкта.

Працездатністю об'єкта називають здатність його виконувати задані функції, зберігаючи задані параметри в межах, установлених нормативно-технічною документацією.

Подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, називають його **відмовою**.

Як бачимо, поняття "справність" і "ушкодження" є більш широкими, чому поняття "працездатність" і "відмова" відповідно. Працездатний об'єкт на відміну від справного повинен задовольняти лише тем вимогам, які забезпечують його нормальне функціонування. Інші ж вимоги (наприклад, до зовнішнього вигляду, якості захисних покриттів, цілісності допоміжних пристосувань і т.д.) можуть не виконуватися. Очевидно, що справний об'єкт завжди працездатний, але працездатний об'єкт не завжди є справним. Слід помітити, що багато з дефектів хоча й не порушують працездатності об'єкта в розглянутий момент часу, проте знижують його безвідмовність, а тому підлягають усуненню в міру їх виявлення.

При тому самому об'єктивно існуючому технічному стані об'єкт може бути, наприклад, працездатним для одних умов застосування й непрацездатним для інших.

Нарешті, для етапу застосування по призначенню істотним є поняття *технічного стану правильного функціонування* об'єкта.

Визначення виду технічного стану об'єкта називається **контролем його технічного стану**.

Завдання виявлення дефектів (пошуку дефектів) ставиться до завдань **технічного діагностування**, яке вважається складовою частиною процесу контролю технічного стану об'єкта. Пошук дефекту — це визначення його місця із заданою глибиною.

Глибина пошуку задається вказівкою складових частин об'єкта, з точністю до яких повинне визначатися місце дефекту.

Результатом діагностування є **технічний діагноз** — висновок про технічний стан об'єкта із вказівкою, при необхідності, місця, виду й причини дефекту (дефектів).

Таким чином, завданнями діагностування є завдання перевірки справності, працездатності й правильності функціонування об'єкта, а також завдання пошуку дефектів, що порушують справність, працездатність або правильність функціонування.

Технічна діагностика — галузь знань, що досліджує *технічні стани* об'єктів діагностування та проявлення технічних станів, що розробляє методи їх визначення, а також принципи побудови й організацію використання системи діагностування. Це ілюструє рисунок 4.1.

Технічна діагностика

Системи діагностування	→	Об'єкти діагностування
	→	Методи діагностування
	→	Засоби діагностування

Мета:

- дослідження прояв технічних станів;
- розробка методів діагностування;
- розробка принципів побудови й організації систем діагностування.

Рисунок 4.1 – Предмет та мета технічної діагностики

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта здійснюється тими або іншими *засобами діагностування*. Засоби можуть бути апаратними або програмними; у якості засобів діагностування може також виступати людина-оператор, контролер, наладчик.

Сукупність засобів та об'єкта діагностування й, при необхідності, виконавців, підготовлена до діагностування або здійснююча його за правилами встановленими відповідної документацією називають **системою технічного діагностування (системою діагностування)**. Там же зазначене, що термін «діагностична система» є неприпустимим.

Розрізняють системи **тестового** й **функціонального діагностування**. У системах тестового діагностування на об'єкт подаються спеціально організовані *тестові впливи*.

У системах функціонального діагностування, які працюють у процесі застосування об'єкта по призначенню, подача тестових

впливів, як правило, виключається; на об'єкт надходять тільки *робочі впливи*, передбачені його алгоритмом функціонування.

У системах обох видів засоби діагностування сприймають та аналізують *відповіді об'єкта* на вхідні (тестові або робочі) впливи й видають результат діагностування, тобто ставлять діагноз: об'єкт справний або несправний, працездатний або непрацездатний, функціонує правильно або неправильно, має такий-то дефект або в об'єкті ушкоджена така-то його складова частина й т.п.

Системи тестового діагностування необхідні для перевірки справності та працездатності, а також пошуку дефектів, що порушують справність або працездатність об'єкта.

Ефективність процесів діагностування визначається не тільки якістю алгоритмів діагностування, але й у не меншому ступені якістю засобів діагностування. Останні можуть бути *апаратурними* або *програмними*, *зовнішніми* або *вбудованими*, *ручними*, *автоматизованими* або *автоматичними*, *спеціалізованими* або *універсальними* (рисунок 4.2).

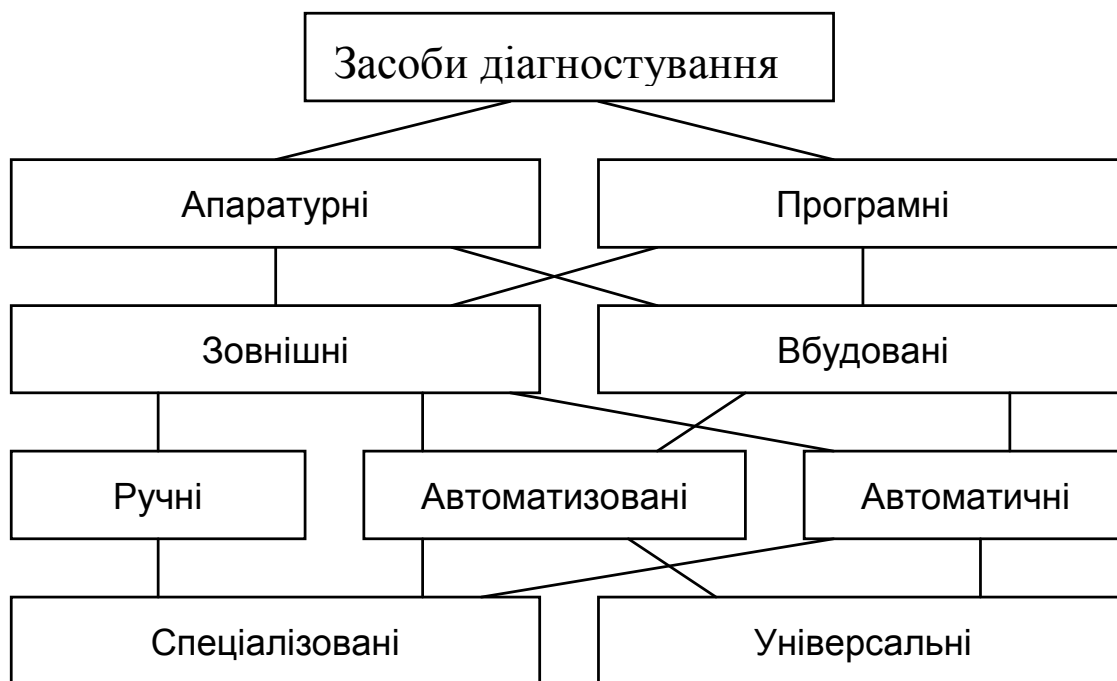


Рисунок 4.2 – Класифікація засобів діагностування

4.2 Технічні засоби діагностики

Перелік технічних засобів діагностики дуже широкий, тому дати докладний опис кожного засобу практично неможливо.

Зупинимось на мінімальному наборі засобів, який дає можливість зробити оцінку технічного стану двигуна й системи керування.

Цей перелік виглядає в такий спосіб:

- компресометр (компресограф);
- комплект для виміру тиску палива;
- 4-х компонентний газоаналізатор з автоматичним обчисленням параметра α ;
- мотортестер;
- сканер;
- інформаційно-довідкові системи.

Перші три позиції даного переліку обов'язкові для проведення оцінки технічного стану будь-якого двигуна незалежно від його типу, а без такої оцінки спроби оцінки працездатності СКД (системи керування двигуном), а тим більше її ремонт втрачають будь-який сенс.

Добір конкретної моделі мотортестерів та сканерів здійснюється на основі оцінки їх можливостей, прогнозування передбачуваного переліку моделей автомобілів, що обслуговуються та фінансових міркувань.

Компресометр являє собою манометр із безповоротним клапаном та призначений для виміру величини максимального тиску в циліндрі наприкінці такту стиску (цю величину часто називають компресією). Результати вимірів використовуються для оцінки стану деталей циліндропоршневої групи й газорозподільного механізму.

Важливо оцінити не тільки величину компресії, але й швидкість наростання тиску в циліндрі, а також різницю в компресії по циліндрах.

Якщо компресія в циліндрах двигуна нижче встановленої виготовлювачем, або різниця в компресії між циліндрами перевищує допустимі (як правило – більш ніж 1 кг/см), то з даного факту випливає, що потрібен ремонт циліндропоршневої групи двигуна, а від оцінки технічного стану СКД необхідно на даному етапі відмовитися.

Різні моделі компресометрів різняться по величині вимірюваного тиску (для бензинових та дизельних двигунів), а також по кількості адаптерів для підключення до різних типів двигунів залежно від форми й розмірів свічкового отвору.

Існують також **компресографи**, які записують результати вимірів на змінні картки, що дає можливість провести більш точний аналіз стану циліндропоршневої групи й газорозподільного механізму по характеру наростання тиску в циліндрі.

Комплект для виміру тиску палива являє собою манометр із краном та комплект адаптерів для підключення до паливних систем різних марок і моделей автомобілів. Він застосовується для перевірки елементів паливно-емісійної системи (бензонасос, регулятор тиску, паливні магістралі, форсунки та ін.). Основною особливістю комплектів є те, що манометр підключається паралельно й не порушує працездатність паливно-емісійної системи в цілому, а це дозволяє проводити виміри на працюючому двигуні. Особливу увагу при цьому слід звернути на забезпечення герметичності всіх з'єднань, тому що влучення палива на сильно нагріті ділянки двигуна (вихлопний колектор, вихлопна труба і т.д.) може спричинити пожежу.

Газоаналізатор являє собою електронно-оптичний прилад для виміру об'ємної частки компонентів у відпрацьованих газах двигуна.

Газоаналізатори бувають 1, 2, 3, 4, 5-компонентні. Вимірювані компоненти вихлопних газів: CO, CH, CO₂, O₂, NO_x. Відомо, що всі сучасні бензинові автомобілі (за винятком автомобілів з безпосереднім упорскуванням палива в циліндри й пошаровим розподілом суміші) на усталених режимах (крім режиму повного навантаження) повинні працювати при стехіометричному співвідношенні повітря / паливо ($\alpha = 1$). Причому точність підтримки цього співвідношення досить висока ($\alpha = 0,97-1,03$). Лямбда – це інтегральний параметр, що дозволяє оцінити якість робочої суміші. А якість згоряння суміші можна оцінити за складом відпрацьованих газів. Для завдань діагностики правильним буде використовувати 4 і 5-компонентні газоаналізатори, причому ті, які здатні розраховувати коефіцієнт α .

Для розрахунків коефіцієнта λ необхідно виміряти чотири компоненти: CO, CH, CO₂, O₂. Якщо в розпорядженні діагноста є 4-компонентний газоаналізатор але без обчислення α , то розрахувати

його вручну в режимі реального часу проблематично. Відповідно відсутня можливість оперативно оцінити якість робочої суміші.

Висновок: двокомпонентні газоаналізатори для роботи на СТО не годяться.

Розглянемо пристрій і принцип роботи на прикладі газоаналізатора DIAGAZ.

Прилад складається із системи пробовідбору та пробопідготовки, блоку вимірювального (БВ) і блоку електронного (БЕ).

Конструктивно газоаналізатор виконаний у металевому корпусі, призначеному для установки на горизонтальній поверхні (столі). Система пробовідбору й пробопідготовки газоаналізатора включає газозабірний зонд, пробовідбірний шланг, фільтр-вологівдділювач N 204-F 10, фільтр грубого очищення GB-202, фільтр тонкого очищення OV-702, електроклапан трілінійний двопозиційний, побудник витрати газу 2-х камерний, трійник, 2 пневмоопору, електрохолодильник, кювету, датчик кисню.

Злив конденсату, виділюваного у фільтрі-вологівдділювачі, відбувається через штуцер СК.

Принцип дії датчиків об'ємної частки (CO , CO_x , вуглеводнів) – оптико-абсорбційний.

Принцип дії датчика виміру концентрації кисню – електрохімічний.

Принцип дії датчика частоти обертання колінчатого вала заснований на індуктивному методі визначення частоти імпульсів струму в системі запалювання.

Блок вимірювальний містить оптичний блок, у якому є випромінювач, вимірювальна кювета, фокон, піроелектричний приймач випромінювання.

Випромінювання модулюється обтюратором, у якому розташовані інтерференційні фільтри.

Оптичну та газову схеми приладу наведено на рисунку 4.3. Зовнішній вигляд приладу показано на рисунку 4.4.

У вимірювальному блоці також розміщено електрохімічний датчик кисню.

Блок електронний призначений для виміру вихідних сигналів первинних перетворювачів газоаналізаторів DIAGAZ, обробки й вистави результатів виміру.

Газоаналізатор DIAGAZ містить:

- блок живлення постійного струму напругою 12В;
- блок живлення змінного струму напругою 220 В, частотою (50 ± 1) Гц,
- блок попереднього посилення сигналу пироелектричного приймача;
- мікропроцесорний контролер, у тому числі виконуючий функцію виміру частоти обертання колінчатого вала двигуна;
- 6 світлодіодних індикаторів;
- клавіатуру;
- датчик температури;
- датчик абсолютного тиску;
- цифровий вихід для зв'язку з комп'ютером через роз'єднувач RS 232.

Клавіатура містить кнопки: (нумерація з лівого краю) 1, 2, 3, 4, 5
Газоаналізатор має наступні режими роботи, закладені в меню контролера:

- вимір;
- вибір параметрів для налаштування.

МЕНЮ контролера містить наступні регульовані параметри:

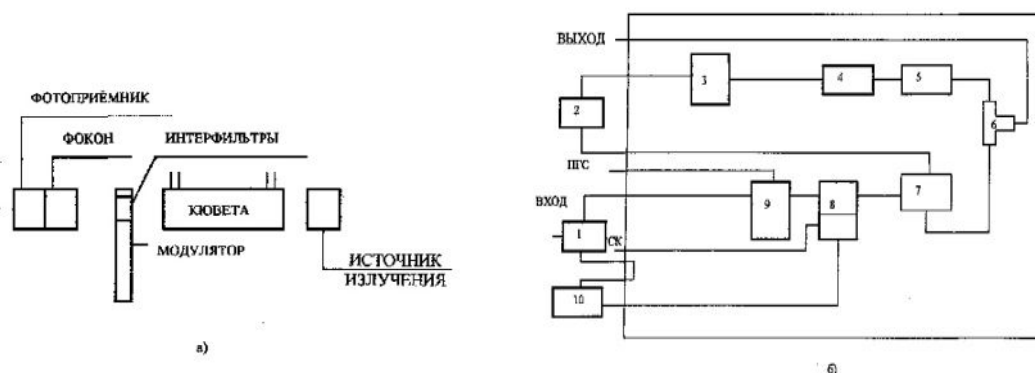
- СО - посилення;
- СО - нелінійність;
- СН - посилення;
- СН - нелінійність.
- СО₂ - посилення;
- СО₂ - нелінійність;
- О₂ - посилення;
- О₂ - нелінійність.

Аналізований газ надходить в аналізовану кювету, де обумовлені компоненти, взаємодіючи з випромінюванням, викликають його поглинання у відповідних спектральних діапазонах. Потоки випромінювання характерних областей спектра виділяються інтерференційними фільтрами й перетворюються в електричні сигнали, пропорційні концентрації аналізованих компонентів. Електрохімічний датчик при взаємодії з киснем видає сигнал, пропорційний концентрації кисню. Величина α обчислюється газоаналізатором автоматично по обмірюваних СО, СН, СО₂ і О₂.

Аналізований газ із вихлопної труби автомобіля надходить у газозабірний зонд, устаткований затискачем для закріплення останнього на вихлопній трубі автомобіля. Із газозбірного зонда проба газу проходить по полівінілхлоридної трубці через фільтр-вологівідділювач, електроклапан трилінійний двопозиційний, камеру збудника витрати (насоса), електрохолодильник, два фільтри тонкого очищення (один з них внутрішнього приладу) і надходить у кювету й датчик кисню, звідки через трійник викидається на вихід. Основна частина конденсованої води з фільтра-вологівідділювача проходить через фільтр грубого очищення, камеру збудника витрати й видаляється через штуцер СК.

Деяка частина конденсованої води безупинно автоматично виводиться з електрохолодильника збудником витрати через трійник за межі приладу через штуцер ВИХІД.

Продувка приладу повітрям в автоматичному режимі здійснюється через штуцер ПГС.



а) оптична схема;

б) газова схема:

1 – фільтр-вологівідділювач, 2,3 – фільтр тонкого очищення, 4 – кювета, 5 – датчик кисню, 6 – трійник, 7 – електрохолодильник, 8 – збудник витрати, 9 – електроклапан, 10 – фільтр грубого очищення

Рисунок 4.3 – Схеми газоаналізатора

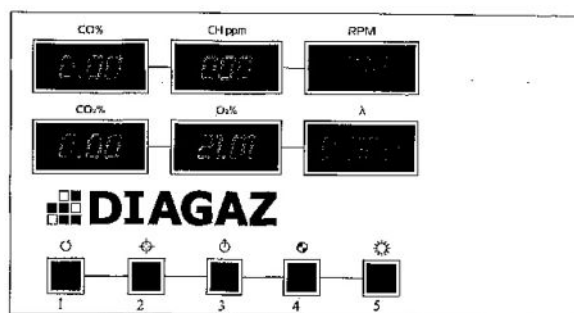


Рисунок 4.4 – Зовнішня панель

Сучасні газоаналізатори високого класу, крім надійності й зручності в роботі, мають безліч додаткових функцій. Вони можуть вимірювати частоту обертання колінчатого вала двигуна, температуру масла, а також запам'ятовувати проміжні протоколи вимірів і передавати результати на персональний комп'ютер або друкувати їх на вбудованому принтері.

Дуже важливою з погляду експлуатації якістю газоаналізатора є його надійність. Оскільки, по своєму пристрою газоаналізатор – складний електронний прилад, відремонтувати його самотужки, як правило, неможливо й доводиться звертатися на фірмовий сервісний центр, що вкрай незручно, тому при виборі моделі газоаналізатора слід звертати увагу на його захищеність від зовнішніх впливів і наявність блоку попередньої підготовки газів.

Мотор-тестери це універсальні електронні прилади, призначені для проведення вимірів параметрів роботи двигуна. Параметри вимірюються за допомогою спеціальних датчиків і пробників, що входять у комплект приладу. Як правило, мотор-тестери дозволяють вимірювати наступні параметри:

- частота обертання колінчатого вала;
- температура масла;
- напруга акумулятора;
- напруги в первинній і вторинних ланцюгах системи запалювання;
- пульсації напруги генератора;
- струм стартера;
- струм генератора;
- кут замкненого стану контактів;
- час накопичення й струм розмикання в первинному ланцюзі котушки запалювання;
- частоту, тривалість і скважність імпульсів,
- кут випередження запалювання;
- величину розрядження/тиску у впускному колекторі.

Звичайно мотор-тестер у своєму складі має цифровий осцилограф, що представляє вимірювані величини (струм, напруга, частота обертання колінчатого вала, розрядження і т.д.) у графічному виді, а також у вигляді гістограм. Деякі мотор-тестери мають можливість запису кадрів зображення в пам'ять приладу для наступного порівняння й аналізу. Налаштування параметрів

розгорнення осцилографа проводиться автоматично при виборі режиму вимірів. Наприклад, за формою осцилограми у вторинному ланцюзі запалювання можна виявити несправні елементи тракту (свічі запалювання, високовольні проведення, кришка розподільника) і навіть відхилення складу суміші в циліндрах.

На деяких мотор-тестерах (DSN-PRO) реалізований також режим імітації сигналів датчиків.

Мотор-тестери умовно можна розділити на три групи: великі або консольні, середні й портативні.

Консольні мотор-тестери (SUN, DASPAS) - це стаціонарні пристрої, виконані на базі персональних комп'ютерів, у яких датчики, як правило, розташовуються на спеціальній поворотній консолі. Ці мотор-тестери мають велику кількість вимірювальних входів, що дозволяють проводити вимір декількох однотипних параметрів одночасно й аналізувати їх за допомогою багатоканального осцилографа.

Наприклад, у режимі перевірки запуску двигуна перевіряються: зміни напруги на клемах 1 і 15 котушки запалювання й клемах акумуляторної батареї, оберти, що розвиваються стартером, струм споживання стартера, а також величину розрядження у впускному колекторі.

Принципова відмінність мотор-тестерів вищої групи складності полягає в реалізації деяких спеціальних функцій, таких як:

- вимір відносному компресії по циліндрах;
- вимір потужностного балансу циліндрів;
- наявність вбудованої бази даних заводських допусків вимірюваних параметрів для різних моделей двигунів автомобілів;
- наявність експертної системи, що аналізує результати вимірів (у випадку повного заповнення протоколу вимірів). Експертна система підказує також можливі шляхи пошуку несправностей.

Слід зазначити, що функції виміру відносної компресії й потужностного балансу можуть бути реалізовані в повному обсязі тільки на автомобілях з механічним розподільником запалювання, а оскільки в цей час такі системи практично не застосовуються, то ці режими втратили своє практичне значення.

Побічно потужностний баланс циліндрів можна оцінити по нерівномірності обертання колінчатого вала двигуна.

До складу мотор-тестерів вищої групи складності входить 4^x або 5^{ти}-компонентний газоаналізатор. Результати його вимірів теж використовуються програмою, що аналізує.

Мотор-тестери середньої групи складності відрізняються від консольних відсутністю бази даних, що аналізує програми, а також меншою кількістю вимірювальних входів і режимів вимірів. Наприклад, може бути відсутнім режим виміру розрядження у впускному колекторі або, замість багатоканального, вбудований одноканальний осцилограф.

Портативні мотор-тестери за своїми функціями аналогічні, а іноді й перевершують мотор-тестери середнього класу. Вони виконуються у вигляді переносних пристроїв з рідкокристалічним екраном. Живлення приладів здійснюється від мережі 220В або бортової мережі автомобіля, що дозволяє їх використовувати навіть в польових умовах.

Для більш якісного відображення й аналізу результатів вимірів портативні мотор-тестери мають можливість передавати дані на персональний комп'ютер, або безпосередньо на принтер для роздруківки. Можливо також сполучення з газоаналізатором через персональний комп'ютер. Багато виробників через велику конкуренцію прагнуть оснастити свої прилади оригінальними режимами аналізу.

Наприклад, статистичний аналіз змін параметрів роботи високовольтного тракту для різних режимів роботи двигуна.

Сканери. Для вивчення автомобільних сканерів буде потрібно невеликий відступ для розгляду функції електронних блоків керування автомобілів ЕБК.

З моменту появи перших ЕБК у них була реалізована функція самодіагностики, тобто можливість виявлення несправностей у датчиках і виконавчих пристроях СКД. У випадку виявлення несправності ЕБК переходить в аварійний режим роботи, не звертаючи увагу на інформацію від даного датчика, але забезпечуючи роботу двигуна. При цьому на панелі водія висвітлюється попереджувальний сигнал CHECK ENGINE і код помилки записувався в пам'ять ЕБК.

Щоб прочитати значення цього коду застосовувався так званий протокол повільних кодів. Виконуючи певні маніпуляції (перемичка, кнопка) можна було перевести ЕБК у режим читання кодів помилок і

тоді, по комбінації загорянь контрольної лампочки, зчитувався відповідний код.

У цей час більшість ЕБК працює на швидких кодах при яких зчитування інформації з ЕБК можливо тільки спеціальними приладами – сканерами.

Сканер підключається до діагностичного роз'єму автомобіля і як би вступає в діалог з ЕБК. Порядок обміну інформацією між сканером і ЕБК визначається виготовлювачем ЕБК і називається протоколом.

Слід зазначити, що сканер може одержати тільки ту інформацію, яку йому може передати ЕБК.

Найбільш повну інформацію можна одержати використовуючи протокол виготовлювача, однак оскільки таких протоколів дуже багато, то була прийнята міжнародна угода про використання єдиного стандарту в зчитуванні інформації з ЕБК. Цей стандарт одержав найменування OBD-2, з 2000 року випуску застосовується на всіх моделях автомобілів.

Протокол OBD-2 не заміняє в повному обсязі протоколи виготовлювача, однак дозволяє в усіченому виді одержувати інформацію від ЕБК. Зокрема це читання кодів помилок і одержання інформації про роботу СКД у реальному масштабі часу.

Визначимося з тим, що вважає помилкою в роботі датчика ЕБК.

Для прикладу розглянемо аналіз роботи ЕБК датчика температури охолодної рідини.

По своїй фізичній суті датчик температури охолодної рідини – терморезистор, який змінює свій опір залежно від температури.

Із сигнального проведення датчика температури охолодної рідини знімається напруга, яка надходить на певну ніжку роз'єму ЕБК. Надалі сигнал перетворюється у двійковий код і ухвалюється до розрахунків як один з аргументів функції керування. Перш ніж прийняти даний сигнал до розрахунків, ЕБК порівнює його зі значеннями граничних рівнів тобто максимум і мінімум припустимий для даного сигналу, записаного в пам'яті ЕБК. Якщо значення сигналу вписуються в цю «вилку», тоді датчик вважається справним, а сигнал від нього приймається до розрахунків.

Уявимо собі ситуацію, коли сигнальний провід відірвався від датчика. У цьому випадку на ніжку ЕБК сигнал не надходить (напруга – 0В). Таке значення перебуває за нижньою межею припустимого й ЕБК видає сигнал про помилку «Несправність датчика температури»,

хоча насправді датчик справний, а проблема полягає в обриві лінії зв'язку.

Тепер розглянемо іншу ситуацію - окиснився контакт на сигнальному проводі датчика температури. Відповідно, у місці контакту різко підвищився опір, а як наслідок цього рівень напруги сигналу, що дійшов до ніжки ЕБК, буде нижче, чим він повинен бути при даній температурі двигуна. Якщо при цьому рівень сигналу впише в «вилку» мінімум-максимум, тоді датчик вважається справним, а сигнал від нього достовірним і буде прийнятий до розрахунків, що спричинить порушення в роботі СКД.

З вищевикладеного можна зробити наступні висновки:

- наявність помилок не є достатньою інформацією, щоб зробити висновок про технічний стан датчика, або виконавчого пристрою;
- відсутність помилок не є однозначним критерієм для висновку про справний стан СКД.

Більш повну інформацію про роботу сигнальних і виконавчих трактів СКД можна одержати, використовуючи сканер у режимі відображення роботи СКД у реальному масштабі часу.

Вертаючись до розглянутого нами випадку окисненого контакту датчика дефект можна було виявити, порівнявши показання значення температури двигуна, отриманої сканером від ЕБК, і фактичною температурою двигуна, обмірюваної іншим способом (термометр).

Сканери - електронні пристрої на базі мікропроцесорів, що дозволяють зчитувати інформацію в цифровому виді з пам'яті ЕБК.

Вони підключаються до діагностичного роз'єму автомобіля.

Залежно від виконання вони дозволяють:

- зчитувати з пам'яті коди помилок,
- класифікувати їх на поточні й ті, що запам'ятовані,
- розшифровувати коди в текстовому виді,
- відображати інтерпретацію ЕБК поточних значень сигналів від датчиків і розрахункових величин,
- активізувати деякі виконавчі елементи системи керування двигуном (форсунки, регулятор холостого ходу, клапан продувки адсорбера),
- перезаписувати на згадку ЕБК значення деяких коефіцієнтів (наприклад, коефіцієнт корекції паливоподачі).

Можливості, сканера, як уже було сказано вище, принципово обмежені можливостями системи самодіагностики, закладеної при

розробці ЕБК. Тому на автомобілях ранніх років випуску можливості сканера навіть дилерського рівня обмежуються читанням і розшифруванням кодів несправностей.

Застосування сканерів більш доцільно на автомобілях останніх років випуску, у яких можливості самодіагностики ЕБК більш широкі.

Ще однієї функцією сканера є обнуління міжсервісних інтервалів.

Застосування сканерів визначається протоколом обміну. Наприклад, усі автомобілі групи VAG мають однаковий протокол обміну між ЕБК і сканером.

Тому для діагностики будь-якого автомобіля цієї групи (VW, Audi, Seat, Skoda) досить мати один сканер. Прагнення зробити сканери універсальними призвело до появи сканерів зі змінними картриджами й перехідниками для різних діагностичних роз'ємів.

Після введення стандарту OBD-2 усі американські й більшість європейських виробників установлюють на автомобілі однаковий діагностичний роз'єм.

Протокол OBD-2 дозволяє зчитувати ті параметри, які безпосередньо впливають на безпеку й токсичність відпрацьованих газів. При цьому протокол обміну виробника, як ми вже відзначали, дозволяє зчитувати набагато більшу кількість даних.

Конструктивно сканери різняться на апаратні й програмні.

Апаратні являють собою електронний прилад, що має клавіші керування й екран для відображення інформації.

Програмні складаються із програми, установленної на персональний комп'ютер, і адаптера для перетворення сигналів ЕБК до сигналів, що доступні для обробки на персональному комп'ютері. Приклад апаратного сканера ДСТ-2М, програмного – комплект МТ-2.

4.3 Комплексні технічні засоби діагностики СКД

Останнім часом з'явилася велика кількість приладів, які поєднують у собі можливості різних технічних засобів діагностики СКД.

Як ми вже відзначали вище до складу деяких мотор-тестерів входить газоаналізатор (SMP-4000).

У якості ще одного комплексного засобу можна привести прилад DCN-PRO.

Основні режими роботи приладу:

- сканер для всіх типів японських і корейських виробників, а також для автомобілів, що підтримують стандарти OBD-2;
- 4^x канальний осцилоскоп;
- аналізатор систем запалювання для автомобілів з механічним розподільником запалювання й із системами запалювання DIS;
- 2^x канальний мультиметр;
- імітатор сигналів датчиків по частоті й напрузі.

На підставі всього вищевикладеного можна зробити висновок про те, що для створення й повноцінного функціонування поста діагностики на СТО необхідно укомплектувати його різними технічними засобами, що забезпечують вимір і аналіз основних параметрів роботи двигуна.

Комплект приладів може варіюватися за складом й передбачати можливість доповнення, але при цьому залишатися необхідним для роботи поста діагностики СТО.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які принципові позитивні якості мають СКД?
2. Які принципи покладені в основу сучасних СКД?
3. Що розуміють під командним параметром електронного керування?
4. Що таке дискретно-індивідуальне керування циклом ДВЗ?
5. Що розуміють під адаптивністю керування?
6. Які особливості має ЕБК ДВЗ як мікропроцесорна система?
7. Класифікація сучасних ЕБК ДВЗ.
8. Сформулюйте резерви поліпшення паливної економічності ДВЗ.
9. Які вимоги пред'являються до електронних систем керування паливоподачею у ДВЗ?
10. Які форми реалізації електронних систем керування в сучасних ДВЗ?
11. Які особливості електронних систем паливоподачі й запалювання в бензинових двигунах і дизелях?
12. Назвіть і поясніть принцип дії датчиків паливоподачі й запалювання в сучасних ДВЗ.

13. Проаналізуйте виконавчі механізми паливоподачі й запалювання сучасних ДВЗ.

14. Які типи форсунок використовуються при паливоподачі ДВЗ із іскровим запалюванням?

15. Які типи форсунок використовуються при паливоподачі дизельних ДВЗ?

16. Проаналізуйте виконавчі механізми подачі бензину до форсунок.

17. Проаналізуйте виконавчі механізми подачі дизельного палива до форсунок.

18. Які виконавчі механізми застосовуються в мікропроцесорній частині ЕБК ДВЗ?

19. Сформулюйте предмет та мети технічної діагностики.

20. Які функції виконуються при діагностуванні електронних систем керування ДВЗ?

21. Класифікація засобів діагностики.

22. Охарактеризуйте діагностичне устаткування для перевірки несправностей ЕБК ДВЗ.

23. Що таке тестування надійності елементів ЕБК ДВЗ?

24. Охарактеризуйте загальні процедури тестування компонентів електронних систем керування ДВЗ.

25. Охарактеризуйте системи тестового й функціонального діагностування.

1. Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: в 6 т. Харків : : Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. Т1 : Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. 492 с. — Режим доступу:
<http://mbk.mk.ua/wp-content/uploads/2020/05/1553523240.pdf>
2. Марченко А.П., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: в 6 т. Харків : : Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. ТЗ : Комп'ютерні системи керування ДВЗ. 344 с.
— Режим доступу:
<http://mbk.mk.ua/wp-content/uploads/2020/05/1553523240.pdf>
3. Гавриляк М.С. Основи автоматики та систем управління : навч. посіб. Чернівці : Чернівець. нац. ун-тет, 2022, 211 с.
— Режим доступу:
<https://archer.chnu.edu.ua/handle/123456789/4001?show=full>
4. Власюк Г.Г., Співак В.М., Трапезон К.О., Швайченко В.Б. Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації : навч. посіб. Київ : Освіта України, 2010. 159 с.
— Режим доступу:
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/2ca76600-f713-44ad-aeeef-1cc214618646/content>
6. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (частина II). Тернопіль : ТНТУ, 2016. 163с.
— Режим доступу:
[http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18171/1/EEOA_Lect %D0%](http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18171/1/EEOA_Lect_%D0%86%D0%B8%D0%B8I_FullText.pdf)
[86I_FullText.pdf](#)
7. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. И., Голдун В. Ю. Элементы электронных систем управления автомобильными двигателями : навч. посіб. Николаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. 132 с. — Режим доступу:
<https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/172/1/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%20%D0%BA%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B0%D0%B2%>

D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf

8. Кубіч В.І. Гібридні силові установки легкових автомобілів : навч. посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 193 с. —

Режим доступу: <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/f67932c2-fcc4-4069-b96f-9d50cc54d478/content>

9. В'ячеслав Шавкун. Технологічні процеси сервісу транспортних засобів з електричним та гібридним : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 123 с.

— Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61839/1/%D0%A8%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D1%83%D0%BD%2C%2088%D0%9B%2C%202022%2C%20pdf.pdf>

10. Alexander A. Stotsky Automotive Engines: Control, Estimation, Statistical Detection. — Springer, 2009. 227 с. — Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/286279885_Automotive_engines_Control_estimation_statistical_detection