

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ БЕНЗИНОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Іванча Анна Іванівна, ст. гр. Ам-53-17,
kharkovanja@rambler.ua

В Україні екодіагностика автомобілів з бензиновими двигунами здійснюється відповідно до ДСТУ 4277:2004 [1, 2]. Відповідно до стандарту визначають вміст оксиду вуглецю (СО) та вуглеводнів (СН) у відпрацьованих газах (ВГ) автомобілів під час роботи двигуна в режимах холостого ходу для двох частот обертання колінчастого валу – мінімальної (n_{\min}) і підвищеної ($n_{\text{підв}}$), що встановлені виробником. Вміст СО і СН у відпрацьованих газах автомобілів повинен бути в межах значень, наведених у [1]. Описана також методика перевірки.

В ДСТУ окрім нормативів викидів регламентуються також і вимоги до технічних характеристик газоаналізаторів: метод газового аналізу, діапазон, вимірювання, похибка, швидкодія. Окрім того, 24 лютого 2016 р. Кабінет Міністрів України затвердив «Технічний регламент засобів вимірювальної техніки» [3], встановлює вимоги до засобів вимірювальної техніки. Він та розроблений на основі Директиви 2014/32/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 26 лютого 2014 р. про гармонізацію законодавства держав – членів стосовно надання на ринку вимірювальних приладів. Додаток 12 до Технічного регламенту регламентує особливі вимоги до аналізаторів відпрацьованих газів.

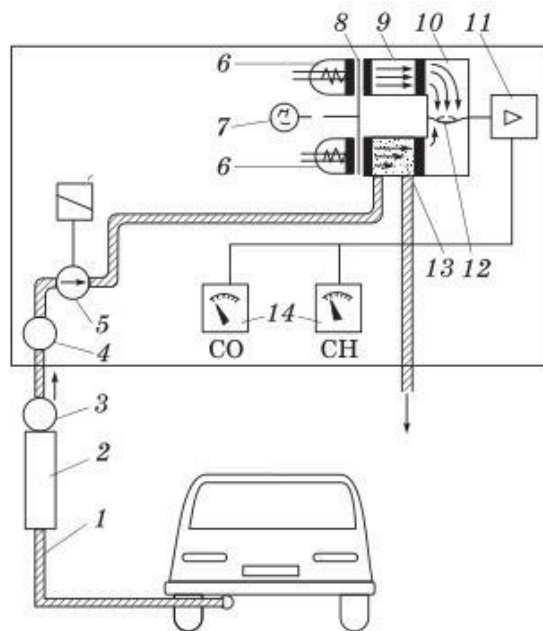
«У цих особливих вимогах терміни вживаються у такому значенні:

1) аналізатор відпрацьованих газів (далі – газоаналізатор) – засіб вимірювальної техніки, який застосовують для вимірювання об'ємної частки певних компонентів вихлопних газів двигунів транспортних засобів з іскровим запалюванням, при цьому вміст вологи, за якого визначають об'ємну частку цих компонентів, дорівнює вмісту вологи в аналізованій пробі;

2) компоненти вихлопних газів, що визначаються, – оксид вуглецю (СО), діоксид вуглецю (СО₂), кисень (О₂) та вуглеводні (СН). Вміст вуглеводнів повинен бути виражений як об'ємна частка н-гексану (С₆Н₁₄), виміряна методом інфрачервоного поглинання. Об'ємну частку СО, СО₂ і О₂ виражають у відсотках, СН – у мільйонних частках (млн⁻¹). Крім того, за об'ємною часткою компонентів вихлопних газів газоаналізатор обчислює величину лямбда;

3) лямбда – безрозмірна величина, що характеризує ефективність згоряння палива у двигуні через співвідношення повітря-пальне у вихлопних газах. Лямбду визначають за стандартизованою формулою» [3].

Таким чином, нормативи токсичності бензинових автомобілів контролюються за допомогою автоматичних інфрачервоних газоаналізаторів. Принцип дії газоаналізатора побудований на вимірюванні поглинання інфрачервоного випромінювання відповідним газом, кожного на «свій» довжині хвилі, в інфрачервоній частині спектру. Отже, за допомогою детектора, чутливого до інфрачервоних променів з певною довжиною хвилі, можна визначити ступінь їх поглинання при проходженні аналізованої проби, в результаті чого можна встановити концентрації того чи іншого компонента. Схема газоаналізатора, який працює за принципом інфрачервоного випромінювання, показана на рисунку 1.



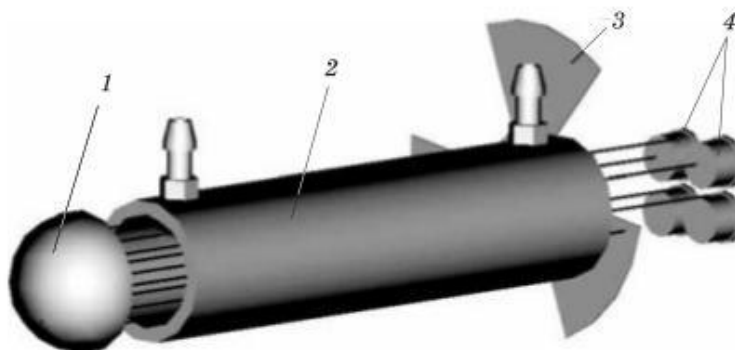
1 - газовідбірний зонд; 2 - відділювач конденсату; 3 - фільтр тонкого очищення; 4 - захисний фільтр; 5 - мембранний насос; 6 - джерела інфрачервоного випромінювання; 7 - синхронний електродвигун; 8 - обертовий диск обтюратора; 9 - порівняльна камера; 10 - приймач інфрачервоного випромінювання; 11 - підсилювач; 12 - мембранний конденсатор; 13 - вимірювальна камера; 14 - індикаторні прилади

Рис.1 Схема газоаналізатора

Відпрацьовані гази за допомогою мембранного насоса через газовідбірний зонд, відділювач конденсату і фільтри закачуються в вимірювальну камеру. Порівняльна камера при цьому заповнена інертним газом і закрита. Джерелами інфрачервоного випромінювання є ніхромні нагрівачі, які нагріваються до температури близько 700 °С. Відбиваючись від параболічних дзеркал, потік інфрачервоного випромінювання, періодично переривається обтюратором, що приводиться в обертання від синхронного електродвигуна, проходить через вимірювальну і порівняльну камери. У вимірювальній камері відбувається поглинання інфрачервоного

випромінювання певного компонента відпрацьованих газів в залежності від його концентрації. У порівняльній же камері цього не відбувається, і виникає різниця температур і тисків в обох камерах. Внаслідок цього змінюється ємність мембранного конденсатора 12, розташованого між камерами приймача. Сигнал з конденсатора подається на підсилювач 11 і далі на реєструючий прилад. За таким принципом працюють газоаналізатори типу ГИАМ 27-01, ЕТТ фірми BOSCH та ін.

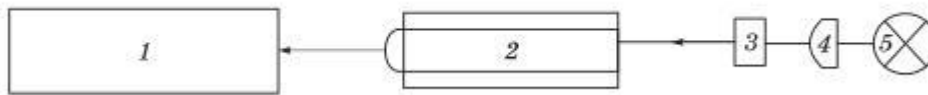
У більш пізніх конструкціях газоаналізаторів, наприклад ИНФАКАР, застосовується метод вимірювання, який частково відрізняється від розглянутого вище (рис. 2). Аналізований газ після очищення проходить через вимірювальну проточну кювету, де компоненти, що визначаються, взаємодіють з випромінюванням та викликають його поглинання у відповідних спектральних діапазонах (3,4; 3,9; 4,25 і 4,7 мкм). Інфрачервоне випромінювання аналітичних областей спектра цих компонентів, що подається випромінювачем, переривається обертовим диском обтюратора. Потік випромінювання характерних областей спектра виділяється приймачами випромінювання з інтерференційними фільтрами і перетворюється в електричні сигнали, пропорційні концентрації аналізованих компонентів.



1 - випромінювач; 2 - кювета; 3 - затвор; 4 - приймачі випромінювання з інтерференційними фільтрами

Рис.2 Схема оптична газоаналізатора ИНФАКАР

Замість чотирьох приймачів може встановлюватися один (газоаналізатор «Автотест») (рис.3) Інтерференційні фільтри в такій конструкції встановлюються в самому обтюраторі. Інфрачервоне випромінювання аналітичних областей спектра компонентів, що подається від джерела випромінювання і проходить через лінзу, по черзі виділяється відповідними інтерференційними фільтрами, які встановлені на обертовому диску обтюратора. Цей диск обертається з кроком (кутом повороту), рівним кожному змонтованому в ньому інтерференційному фільтру. Крім того, в обертовому диску змонтовано «порівняльний» фільтр, яким жоден компонент відпрацьованих газів не поглинається.



1 - фотоприймач; 2 - проточна кювета; 3 - інтерференційні фільтри; 4 - лінза; 5 - джерело випромінювання

Рис.3. Функціональна схема газоаналізатора «Автотест»

Залежно від концентрації певного газу (вуглеводнів, діоксиду та оксиду вуглецю) на виході піроелектричного приймача формуються послідовні електричні імпульси, пропорційні концентрації газу. Амплітуда сигналів дає інформацію про концентрацію визначених компонентів відпрацьованих газів. Аналіз цих компонентів виробляється в режимі поділу (по черзі). Чим більше концентрація компонента в відпрацьованих газах, тим менше інтенсивність випромінювання, прийнята фотоприймачем. Ця інформація перетворюється і проходить статистичну обробку в процесорі, а потім надходить на блок відображення інформації. Для виключення додаткової похибки від зміни температури навколишнього повітря і аналізованого газу фотоприймач і кювету захищені теплоізоляційними оболонками і термостатуються системами стабілізації.

В деяких сучасних багатокомпонентних газоаналізаторах «Автотест», «Инфакар М-1т.01UPEх», MGT 5 фірми МАНА крім вимірювання вищезазначених компонентів, передбачено вимірювання вмісту оксидів азоту (NO_x).

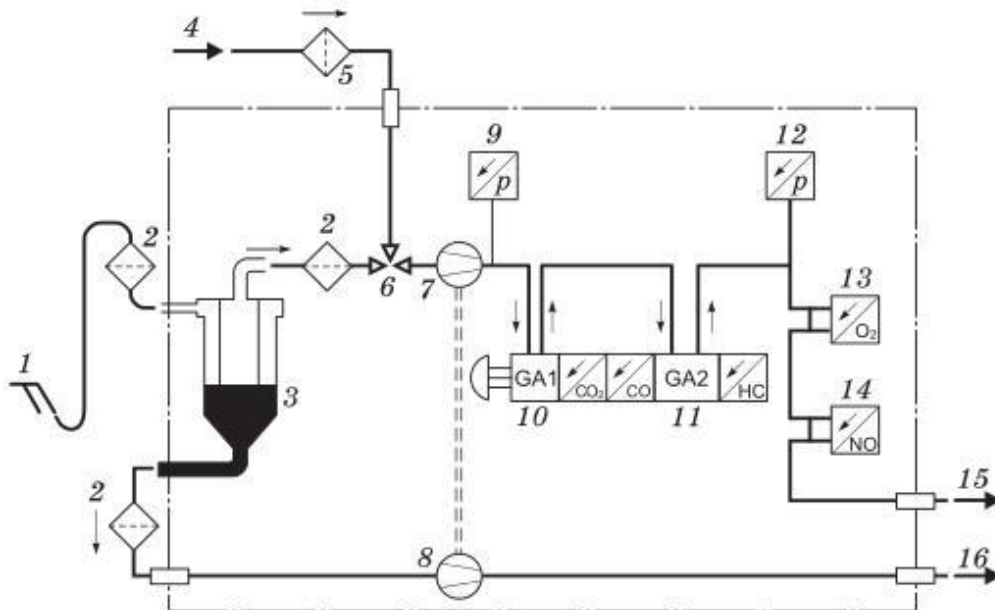
Визначення вмісту NO_x в таких газоаналізаторах здійснюється хімічним датчиком, що посиляє електричний сигнал, який пропорційний вмісту вимірюваних компонентів. Концентрація кисню визначається електрохімічним методом. У датчику кисню є вимірювальний і порівняльний електроди, що знаходяться в електроліті і відокремлені від аналізованого газу полімерною мембраною. На вимірювальному електроді кисень, продифундувавши через мембрану, електрохімічно відновлюється. У зовнішньому ланцюгу виникає електричний струм, сила якого пропорційна парціальному тиску кисню в газі над мембраною.

Загальна схема багатокомпонентного газоаналізатора показана на рис.4.

Вимірювані відпрацьовані гази відбираються з системи випуску автомобіля за допомогою зонда. Вони закачуються встановленим в вимірювальному приладі мембранним насосом 7 і подаються через фільтр в відділювач конденсату. Тут, перш ніж вимірюваний газ очиститься в наступному фільтрі ще раз, відокремлюються грубі забруднення і конденсат водяної пари. Другий мембранний насос (8) відкачує конденсат на вихід для зливу конденсату.

Спочатку вимірюваний газ проходить через газоаналізатор GA1. Тут

можна визначити концентрацію CO_2 і CO . Потім газ прямує в газоаналізатор GA2, який вимірює концентрацію CH . Перш ніж газ покине вимірювальний прилад через вихід 15, він проходить крізь датчики 13 і 14, які вимірюють вміст кисню і оксиду азоту. Коли відбувається автоматична установка приладу на «нуль» (так зване «продування»), вхід вимірювальної камери переключється електромагнітним клапаном 6, який встановлений перед насосом, з відпрацьованих газів на повітря. Фільтр 5 з активованим вугіллям захищає вимірювальний прилад від проникнення вуглеводнів, що містяться в навколишньому повітрі.



1 - зонд відбору проб відпрацьованих газів; 2 - фільтри; 3 - відділювач конденсату; 4 - вхід повітря; 5 - фільтр з активованим вугіллям; 6 - електромагнітний клапан; 7 - мембранний насос газу; 8 - мембранний насос конденсату; 9 - датчик тиску; 10 - газоаналізатор GA1 (вимірювальні камери CO_2 , CO); 11 - газоаналізатор GA2 (вимірювальна камера HC); 12 - датчик атмосферного тиску; 13 - електрохімічний датчик O_2 ; 14 - хімічний датчик NO_x ; 15 - вихід газу; 16 - вихід для зливу конденсату

Рис.4. Схема багатокomпонентного газоаналізатора

Датчик тиску 9 служить для перевірки щільності всього газового тракту. Другий датчик тиску 12 реєструє атмосферний тиск, який використовується в розрахунках. У деяких країнах нормується коефіцієнт надлишку повітря «лямбда». Цей коефіцієнт розраховується мікропроцесором газоаналізатора.

Залежно від комплектації аналізатор може також виробляти:

- визначення частоти обертання колінчастого вала двигуна;
- індикацію і виведення результатів вимірювань у вигляді протоколу із зазначенням поточної дати і часу;
- автоматичну корекцію «нуля» при включенні приладу і в подальшому за вимогою без відключення пробозабірної системи від вихлопної труби

автомобіля;

- вимірювання при негативних температурах навколишнього середовища (до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) при наявності додаткової системи підігріву проб відпрацьованих газів.

Газоаналізатори можуть видавати інформацію по перевірених параметрах як безпосередньо на передню панель приладу, так і на екран дисплея комп'ютера при комплексних перевірках автомобілів (рис.5). При використанні газоаналізаторів на станціях технічного огляду вихідні значення вимірюваних компонентів виводяться на екран дисплея і автоматично заносяться у діагностичну карту.

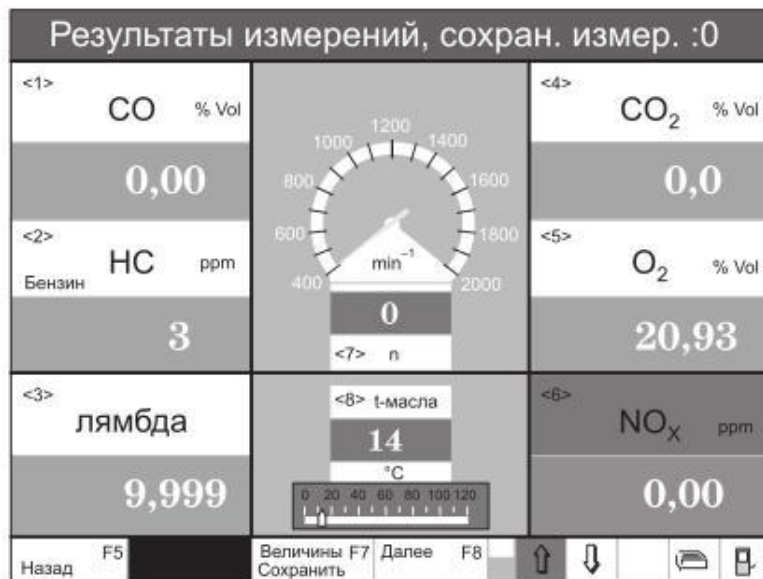


Рис.5. Экран дисплея з даними за складом відпрацьованих газів бензинового двигуна

Литература

1. Атмосфера. Норми і методи вимірювань вмісту оксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах автомобілів з двигунами, що працюють на бензині або газовому паливі: ДСТУ 4277:2004. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.:Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с. (Національний стандарт України).
2. Приміський І.В. Нормування викидів відпрацьованих газів автомобілів та перехід до стандартів ЄВРО / І.В. Приміський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №4/11 (70). – с. 43-49.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від від 24 лютого 2016 р. № 163 “Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки” (Офіційний вісник України від 22.03.2016 — 2016 р., № 21, стор. 89).

Науковий консультант: Мармут І.А. доц. каф. ТЕСА.