

У разі успішного досвіду зі створення спрощеного аналога тренажера типу СКІДКАР надалі можливе його вдосконалення до рівня прототипу.

### Література

1. <https://www.skidcar.com/>
2. <http://skid-car.by/>

Воробьев Александр Николаевич, аспирант, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет [sarayeva9@gmail.com](mailto:sarayeva9@gmail.com)

Себко Дмитрий Павлович, аспирант, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет [dsebko@gmail.com](mailto:dsebko@gmail.com)

Гетьман Д.С. здобувач вищої освіти другого рівня навчання (магістрант), група А-61-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [sarayeva9@gmail.com](mailto:sarayeva9@gmail.com)

### ДІАГНОСТИКА ДВИГУНА АВТОМОБІЛЯ ЗА ЕКОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ БЕЗПЕКИ

Стрімкий розвиток промисловості і збільшення чисельності автомобільного транспорту приводить до стрімкої загазованості навколишнього середовища, до збільшення кількості викидів (емісії) в атмосферу шкідливих речовин. Це несприятливо позначається на здоров'ї населення і стані навколишнього середовища. На початку 60-х років минулого сторіччя державні органи промисловості розвинених країн звернули увагу на руйнівні наслідки такого явища.

У 1970 році агентство США по захисту навколишнього середовища розробили стандарт обмеження токсичності відпрацьованих газів автомобіля. Це дозволило посилити контроль змісту шкідливих речовин і дотримання строгих норм. Зменшення шкідливих викидів відбувалося за рахунок зміни конструкції двигунів автомобілів і впровадження різних додаткових систем. Зокрема, система уловлювання пари палива, рециркуляція вихлопних газів (для зниження викидів оксидів азоту), каталітичний перетворювач та інші. З впровадженням каталітичного перетворювача в 1975 значно зменшилися викиди НС і СО (таблиця 1).

Таблиця 1 - Зміна складу вихлопних газів у автомобілів за роками

| Рік випуску | НС    | СО    | NO <sub>x</sub> |
|-------------|-------|-------|-----------------|
| 1965        | 5,5   | 5,4   | 2,25            |
| 1975        | 0,56  | 5,62  | 1,25            |
| 2003        | 0,039 | 0,88  | 0,0062          |
| 2010        | 0,009 | 0,076 | 0,0048          |

Їх використання принесло значну користь. Оскільки з'єднання свинцю різко знижують ефективність перетворення, то з 1975 року широко використовується не етильований бензин, що різко зменшує викид в атмосферу з'єднань цього металу і позитивно позначається на здоров'ї людей і стані лісів, і водоймищ. У період з 1976 по 1991 проводилися дослідження змісту свинцю в крові громадян і виявили зменшення в середньому на 78%. В цей час викид свинцю в атмосферу зменшився з 20 100 тонн (1985 р.) до 4 900 тонн (1993г.).

На початку 80-годов для подальшого посилювання вимог до складу відпрацьованих газів виробники автомобілів почали застосовувати три компонентні каталітичні нейтралізатори (TWC - Three Way Catalytic Converter), які перетворювали не тільки чадний газ і вуглеводні, але і оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ). Окрім цього, почали масово застосовуватися мікропроцесорні блоки управління з складом суміші і кисневі датчики. У цей час із-за невизначеності технологічних можливостей перевірки систем каталітичного перетворення і уловлювання парів палива ці системи не були включені в перелік обов'язкових перевірок, які здійснював електронний блок управління двигуна. Застосування в каталітичних перетворювачах нових компонентів змусило звернути увагу на зміст сірки в бензині. Зміст оксидів сірки у відпрацьованих газах, сприяє утворенню «кислотних дощів» [1].

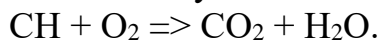
У січні 2000 року в США введений стандарт «Tier 2», згідно якому допускається зміст сірки не більше 150 ppm в RFG (reformulated gasoline) і не більше 500 ppm в звичайному (conventional gasoline, CG) бензині. Очікуваний економічний ефект від впровадження цієї програми скорочення змісту сірки до 2030 року по оцінках складає від 8,5 до 20 млрд. доларів. Передбачається подальше зниження допустимого рівня до 30 ppm в 2006 році [1].

У Японії вже використовується бензин із змістом сірки до 100 ppm. Державне регулювання питань захисту здоров'я громадян і навколишнього середовища привело до зменшення емісії шкідливих речовин. Дотримання жорсткіших норм і правил дозволяє значно зменшити шкоду, що наноситься природі і людям.

Екологічні вимоги до сучасного автомобіля є в теперішній час пріоритетними. Екологічна безпека автомобіля - це властивість автомобіля знижувати негативні наслідки впливу експлуатації автомобіля на учасників руху і навколишнє середовище. Вона направлена на зниження токсичності відпрацьованих газів, зменшення шуму, зниження радіоперешкод при русі автомобіля [4].

Сучасна діагностична ділянка немислима без газоаналізатора. Газоаналізатор - один з основних інструментів діагноста. Безперечно, на сучасній діагностичній ділянці необхідний тільки чотирьохкомпонентний газоаналізатор з розрахунком параметра лямбда. Двокомпонентні прилади придатні тільки для регулювання карбюраторів. Для оцінки значень, що отримані при діагностуванні газоаналізатором вихлопної системи автомобіля слідує, перш за все знати склад атмосферного повітря, це буде потрібно для правильного розуміння суті того,

що відбувається. Азот - 78% Кисень - 20.95% Аргон - 0.93% Вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) - 0.03%. Решта газів, в основному інертних, присутня в малих кількостях, і в нашому випадку значення не мають. Значення близькі до приведених, можна побачити на табло газоаналізатора, якщо включити його на свіжому повітрі». Отже, в циліндрах двигуна згорає горюча суміш. Реакція окислення вуглеводнів палива відбувається по наступній схемі:



Склад суміші прийнято оцінювати коефіцієнтом надлишку повітря «лямбда». Він є відношенням реальної кількості повітря, що поступило в циліндри, до тієї кількості, яка необхідна для повного згорання палива, що поступило в циліндри. Суміші, в яких кількість повітря збігається з теоретично необхідним, називаються стехіометричним. Лямбда в цьому випадку дорівнює 1. Якщо кількість повітря більша за необхідне, то суміш прийнято називати бідною, і лямбда знаходиться в діапазоні 1.0...1.3. Бідніша суміш перестає запалати. Якщо ж повітря менше за необхідне, то суміш називають багатю. Така суміш характеризується значенням лямбда 0.8...1.0. При згоранні стехіометричної суміші вихлопні гази повинні складатися з вуглекислого газу CO<sub>2</sub>, водяної пари H<sub>2</sub>O і азоту N<sub>2</sub>. Але при експлуатації так не виходить. Під дією високої температури в циліндрі двигуна азот і кисень вступають в реакцію, в результаті якої утворюються оксиди азоту, в основному NO. Крім того, у відпрацьованих газах (ВГ) завжди містяться вуглеводні, що позначаються зазвичай СН. Вони є початковими або такими, що розпалися молекулами палива, які не приймали участі в згоранні. Частина СН викидається в результаті того, що на тактах впускання і стискування горючої суміші пари палива поглинаються масляною плівкою на стінках циліндрів. На такті випуску відбувається їх виділення з плівки.

У ВГ обов'язково присутній продукт неповного згорання палива - оксид вуглецю СО (чадний газ). І, звичайно ж, неминуче залишається кисень, що не вступив в реакцію. Тому склад відпрацьованих газів справного інжекторного двигуна приведений на рисунку 1.

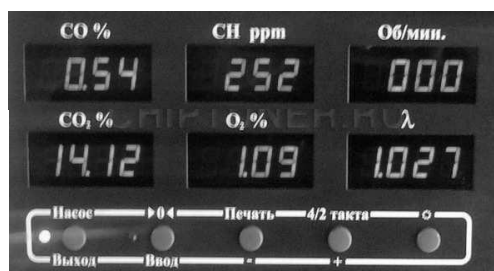


Рисунок 1 – Значення складу ВГ інжекторного двигуна

Якщо поглянути на схему реакції, то стає цілком очевидним, що оптимальне згорання горючої суміші характеризується максимальним виділенням вуглекислого газу CO<sub>2</sub>. Чим якісніше згорає паливо в конкретному двигуні (а

кожен двигун за великим рахунком - індивідуальність), тим більше  $\text{CO}_2$  у складі ВГ, і це один з критеріїв, якими можна скористатися при регулюванні топлівоподачі. Перш за все, газоаналізатор не вкаже на несправний датчик, але з його допомогою можна визначити напрям пошуку. Розглянемо це на прикладах. Бідна суміш. Цей режим характеризується низьким змістом  $\text{CO}$ , зниженим  $\text{CO}_2$ , підвищеним, - кисню і  $\text{CH}$ . Розрахунковий параметр лямбда опиниться більше одиниці. Причини такого дефекту стосовно інжекторним двигунів - підсос повітря у впускний тракт, низький тиск палива, невірне регулювання топлівоподачі. Шукати конкретну причину необхідно вже за допомогою інших приладів. Бідну суміш не можна плутати з наступним дефектом.

Негерметичність вихлопної системи. Через нещільність підсмоктується атмосферне повітря і, змішуючись з відпрацьованими газами, змінює їх склад. Річ у тому, що переміщення газів у вихлопному тракті носить хвильовий характер, і зони тиску чергуються із зонами розрідження. Саме у зону розрідження і підсмоктується повітря. Навіть якщо підсос незначний, той зміст  $\text{O}_2$  в ВГ збільшиться. Оскільки в повітрі його 21%, а в ВГ близько 1%. В той же час  $\text{CO}_2$  в повітрі мало, і кількість цього газу у складі ВГ зміниться не так значно. Тому необхідно розрізнити бідну суміш і підсос повітря у впускний тракт. У другому випадку має місце неприродно високі значення  $\text{O}_2$  і лямбда.

Достатньо низький зміст  $\text{CH}$  говорить про те, що паливо згорає добре, і  $\text{CO}$  практично в межах норми, але дуже багато кисню, і, відповідно, високе значення лямбда. Висновок - *багата суміш*. В цьому випадку газоаналізатор покаже високий вміст  $\text{CO}$ , підвищене  $\text{CH}$ , знижене  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , і лямбда менше одиниці. Причин багато - невірні свідчення датчика масового розходу повітря (ДМРП) підвищений тиск палива, невірний сигнал датчика температурі охолоджувальної рідини (ДТОЖ), а також бензин в маслі, статтю про яке слід читати разом з цією, щоб склалося повне розуміння відбувається. Кажучи про підвищений вміст  $\text{CH}$ , слід розуміти величину 300..500 ppm, таке значення зазвичай супроводжує багату суміш. Якщо ж воно значно вище, причому ознаки багатой суміші можуть бути і відсутніми, то це вже прояв наступного дефекту.

*Високий вміст  $\text{CH}$* . Діапазон значень цього параметра - 50..200 ppm. Якщо на табло приладу ми бачимо  $\text{CH}$ , рівний 300..400 і більш. Потрібно шукати причину, по якій бензин не згорає або присутні пропуски спалахів. Причин можуть бути наступними:

- зношені або несправні свічки;
- пошкоджені високовольтні дроти;
- дефектний модуль запалення;
  - не відрегульований тепловий зазор на клапанах;
  - знижена компресія;
  - несправна (забита) форсунка.

Ще одна причина підвищеного вмісту в ВГ пари палива - нещільний або початкуючий прогорати випускний клапан. В цьому випадку на такті стискування частина паливного заряду виштовхується у випускний тракт. Двигун при цьому може працювати цілком нормально, і решта параметрів газоаналізу буде в нормі.

Висновок: Підвищений вміст в ВГ парів палива говорить про те, що остання частина суміші не згорає. Далі СО знижено, і його значення дозволяє зробити вивід, що багата суміш не має місця. Високий вміст кисню разом з високим СН дозволяє зробити припущення про пропуски. Повітря з'являється з циліндрів, які при пропусках викидають атмосферне повітря, змішане з бензином. СО<sub>2</sub> знижене, що теж показує про ненормальне згорання. Лямбда - прилад розраховує її, у тому числі і із вмісту кисню. Саме пропуски спалахів і спостерігалися на даному двигуні, і вони добре чутні у зрізу вихлопної труби.

Якщо автомобіль оснащений датчиком кисню (ДК) і каталізатором, то теж треба робити застосування газоаналізатора. Повна діагностика включає перевірку правильного функціонування системи управління двигуном. Для цього потрібно вставити газоаналізатор у випускну трубу автомобіля і записати отримані значення. Якщо автомобіль знаходиться в справному стані, то значення будуть знаходитися в межах.

Висновок: Каталізатор повноцінно «допалює» ВГ до необхідного стану СО - нижче за межу СН. Але значення СО<sub>2</sub> близьке до максимального, і недостатньо кисню. Весь зміст кисню пішов на перетворення СО і СН в СО<sub>2</sub> і Н<sub>2</sub>О. Тут ми не побачимо оксидів азоту, але потрібно знати, що в каталізаторі ці оксиди, шкідливі для здоров'я і навколишнього середовища, відновлюються до чистого азоту і вже не псують екологічну обстановку.

Можлива несправність наступного роду. При справній роботі датчика каталізатора напруга на нім змінюватиметься, а склад ВГ буде значно вищий за норму. Дуже багата суміш, і каталізатор вже не в змозі з нею справитися. Щоб зрозуміти причину цього явища, слід пам'ятати роботу датчика кисню. Він не вимірює, він порівнює зміст кисню в ВГ з вмістом його ж в атмосферному повітрі. Для цього датчику необхіден приток повітря, який здійснюється по проводах датчика каталізатора. Якщо ця притока з якої-небудь причини утруднена, датчик каталізатора починає видавати сигнал, неправильного вмісту кисню в ВГ. При цьому датчик працює, ЕБУ коректує топливopoдачу по його сигналу, але суміш буде багатою. Причиною цього бувають перекручені дроти датчика каталізатора, вода в роз'ємні або неякісна обробка антї кором. При роботі двигуна з непрацюючою форсункою відбувається великий розгін в значеннях. Це відбувається із-за величезного вмісту кисню і від цього великі значення лямбда.

## Література

- 1) Амбарцумян В. В., Носов В. Б., Тагасов В. И., Сарбаев В. И. Экологическая безопасность автомобильного транспорта. – М.: Научтехлитиздат, 1999 г.

- 2) Беднарский В. В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей. – Ростов н/Дону: Феникс, 2003 г.
- 3) Бейз К. А., Овчаров А. М. Экология и автомобиль. -М.: Транспорт 1998 год.
- 4) Калинин В. А., Реба П. В., Курин Р. К. Электронная проверка каталитического нейтрализатора. Учебник для учащихся автотранспортного техникумов. - М.: Транспорт, 2005 год.
- 5) Правила № 49, К.49-02 - Європейської Екологічної Комісії ООН.
- 6) 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. Затверджені наказом Держспоживстандарту від 31.01.04 р. № 14.

Карпенко Володимир Олександрович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, karpenko4dm@gmail.com  
Нескреба Едуард Євгенійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, eeneskreba12@ukr.net

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІНИ ВНУТРІШНЬОГО ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ШИНИ**

Внутрішній тиск та температура шини є надважливими параметрами. Від них залежать експлуатаційні властивості автомобіля та насамперед безпека. Після деякого періоду руху внутрішній тиск та температура шини стабілізуються, тобто досягають своїх нормативних значень. При цьому шини набувають найкращих показників своїх експлуатаційних параметрів [1]. Тож вкрай важливо знати цей період, за який внутрішній тиск та температура шини стабілізуються та досягають найбільш сприятливих значень. Для визначення періоду стартового руху, тобто часу до стабілізації внутрішнього тиску та температури шини необхідно провести експериментальні дослідження.

Експериментальні дослідження – один з способів отримати наукові знання. В його основі лежить експеримент, що являє собою науково поставлений дослід або спостереження явища в точно врахованих умовах, які дозволяють слідкувати за ходом, керувати ним, відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Від звичайного повсякденного пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на досліджуване явище [2]. Основною метою експерименту є перевірка теоретичних положень, тобто робочої гіпотези. В даному випадку цілком зрозуміло, що тиск всередині шини та її температура будуть зростати під час руху. Це явище можна пояснити насамперед наявністю тертя кочення між шиною та опорною поверхнею.

Для ефективного проведення дослідження необхідно скласти план-програму експерименту. План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів,