

УДК 629.113.004

Форнальчик Є.Ю., д.т.н., Качмар Р.Я., к.т.н.**Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів****ЗАЛЕЖНІСТЬ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ ВІД РЕГУЛЮВАНЬ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ І ЗАПАЛЮВАННЯ**

Експлуатаційними та лабораторними випробовуваннями бензинових двигунів встановлено вплив розрегулювань систем живлення і запалювання на токсичність відпрацьованих газів. Розроблено методика оцінки токсичності за вмістом оксиду вуглецю при роботі двигуна на холостому ході. Це дає змогу визначити екологічність автомобіля і при випробуванні його за європейським циклом.

Вступ

Серед усіх учасників дорожнього руху найбільшу частку становлять автомобільні транспортні засоби (АТЗ) з різним технічним станом і термінами служби. Для них характерні відповідні показники експлуатаційних властивостей, зокрема рівні витрати палива та токсичності відпрацьованих газів (ВГ). Для «старіших» АТЗ ці рівні, як правило, перевищують нормативи. До цього додаються ще нерегулярні та неякісні, інколи некваліфіковані, виконання періодичних технічних обслуговувань (ТО) і ремонтів існуючих АТЗ. Все це, разом із застарілою інфраструктурою вулично-дорожньої мережі, призводить до росту екологічного навантаження на довкілля.

Для об'єктивного та оперативного оцінювання рівня забруднення довкілля двигунами АТЗ необхідна інформативна методика визначення токсичності ВГ.

Постановка проблеми

Існуючі методики оцінки токсичності ВГ АТЗ можна поділити на дві групи: перевірка на стадії виробництва та під час їх експлуатації. За першою перевірка проводиться з метою сертифікації нових моделей АТЗ та під час атестації серійної продукції. Методики другої групи регламентують умови випробувань АТЗ в процесі їх експлуатації, під час контрольних перевірок, чергових Державних технічних оглядів, ТО і поточних ремонтів.

Перевірка на стадії виробництва здійснюється випробовуванням на стендах тягових якостей, максимально наближаючи випробувальні режими до реальних умов експлуатації. Вони імітують усереднений їздовий цикл руху АТЗ. Це забезпечує отримання, з відповідною вірогідністю, інформації про екологічні показники автомобіля.

За другою методикою випробування проводиться на дорогах або під час виїзду АТЗ з автотранспортного підприємства. Це так звані експрес-методи визначення токсичності ВГ. Основною перевагою цих методів є дешевизна та оперативність проведення випробувань. Інформативність результатів таких перевірок вкрай низька. Для АТЗ з бензиновими двигунами цими методами перевіряють токсичність ВГ зазвичай на холостому ході двигуна за фіксованих значень частоти обертання колінчастого валу. Частка цього режиму під час експлуатації АТЗ у міських умовах становить 18-35% тривалості перебування їх на лінії і ще менше (до 17 %) — за масою викидів. Решту часу займають режими так званих «часткових навантажень», коли автомобіль або розганяється, або рухається з постійною швидкістю. Під час контрольних перевірок вони залишаються неврахованими. Випробування на холостому ході недостатньо інформує про роботу системи нейтралізації ВГ автомобіля, оскільки температура ВГ, а також склад робочої суміші на цьому режимі такі, за яких ефективність нейтралізації вкрай низька. Раніше таке положення з випробу-

ванням вважалось прийнятним компромісом. На сьогодні, як ніколи, потрібно мати повну інформацію про рівень забруднення довкілля ВГ як з метою зменшення, так і з метою визначення технічного стану АТЗ. Отже, потрібна інформативніша методика оцінки токсичності ВГ АТЗ. При цьому вона повинна залишатися достатньо простою і порівняно дешевою.

Підвищити інформативність контрольних випробувань можна за рахунок вимірювання концентрацій шкідливих речовин у ВГ комплексно — на режимі холостого ходу та на навантажувальних режимах. Для реалізації цього підходу потрібно розв'язати два завдання. Перше — вибрати спосіб навантаження двигуна АТЗ. У стаціонарних умовах для забезпечення роботи двигуна під навантаженням потрібна установка автомобіля на тяговий роликостенд, або застосування інших навантажувальних пристроїв.

Друге завдання полягає у виборі значень параметрів режимів випробувань, їх кількості, швидкості руху АТЗ та значень опору їх рухові. Проблемою у цьому є різноманітність режимів руху автомобілів у місті, а стандартні їздові цикли їх не відтворюють. Тим більше, якщо фактичні дорожні покриття не відповідають стандартним, і автомобілі — з різними несправностями.

Аналіз попередніх досліджень

Дослідження відомих вчених, таких як Гутаревич Ю.Ф., Говорущенко М.Я., Матейчик В.П., Редзюк А.М., Звонов В.А. та інших щодо засобів і методів зменшення токсичності ВГ, дозволили встановити, що до цього часу не досліджувалася можливість оцінки токсичності за вмістом оксиду вуглецю у ВГ при роботі двигуна на холостому ходу при випробуванні його за європейським циклом. Авторами проведено аналіз впливу режимів роботи ДВЗ в реальних експлуатаційних умовах на показники паливної ощадливості та токсичності викидів автомобіля, проаналізовано існуючі їздові цикли і вибрано оптимальний для проведення випробувань.

Виклад основного матеріалу

З метою визначення характерних несправностей систем ДВЗ, які найчастіше зустрічаються в експлуатації АТЗ, було опрацьовано такі, які призводили до перевищення вмісту СО у ВГ. В результаті встановлено [1], що для систем живлення, наприклад, карбюраторних двигунів основним чинником, який впливав на збільшення токсичності ВГ і який зустрічався майже в усіх, є зміна положення гвинта якості суміші, а для системи запалювання — кут випередження запалення (КВЗ). Решта впливових чинників рідше зустрічалася, і вони не мали істотного впливу на зміну токсичності ВГ.

Згідно з виконаними попередніми дослідженнями на модернізованому стенді для випробування ДВЗ на предмет встановлення зміни токсичності ВГ залежно від зміни положення гвинта якості суміші та КВЗ відносно оптимальних значень — отримано, з використанням методики повного факторного експерименту, значення зведеної масової токсичності на нульовому рівні при об'ємному вмісті СО 0,5 % — $M_{\text{сум}} = 301,71 \text{ г/вінпр.}$ [2]. Крім цього отримано зміну параметрів, які характеризують роботу двигуна, — масового вмісту СО у ВГ ($M_{\text{СО}}$), витрати палива ($Q_{\text{пал}}$), залежно від змін положення гвинта якості суміші ($n_{\text{гв}}$) та КВЗ ($Ди$). Додатково знайдено вміст СО на холостому ходу ($Q_{\text{СО}}$) при кожній перевірці та масову токсичність $M_{\text{сум}}$, зведену до вмісту СО у ВГ із урахуванням коефіцієнтів агресивності [3] (табл. 1).

Таблиця 1

Результати виконання двофакторного експерименту

№ дослідю	Кодовані значення		Дійсні значення		Основні результати		Додаткові результати	
	X_1	X_2	$n_{ze},$ град	$Ди,$ град	$y_1(M_{CO})$ г/випр	$y_2(Q_{нал})$ г/випр	Вміст CO на холостому ході $Q_{CO},$ об.%	Зведена масова токсичність $M_{сум},$ г/випр
1	0	-1	0	-8°	112,23	385	2,32	324,5
2	0	+1	0	+8°	135,36	409	3,37	356,10
3	-1	0	-90°	0	145,64	473	4,42	348,21
4	-1	-1	-90°	-8°	149,85	461	6,11	355,47
5	-1	+1	-90°	+8°	129,18	396	4,17	324,86
6	+1	0	+90°	0	126,75	411	7,57	318,00
7	+1	-1	+90°	-8°	138,26	428	5,84	362,82
8	+1	+1	+90°	+8°	133,42	437	5,54	354,32

На підставі цього отримано поліноміальні залежності викидів CO у ВГ від коефіцієнту надлишку повітря у паливній суміші b та частоти обертання колінвала n при моделюванні поєднання різних несправностей (розрегулювання гвинта холостого ходу і KB3):

$$\begin{aligned}
 n_{ze} = 0; Ди = 0 & \quad Q_{CO0} = 68,34 + 6,71b - 0,199n - 26,74b^2 + 0,036bn + 0,0001 \cdot n^2; \\
 n_{ze} = 0; Ди = -8^\circ & \quad Q_{CO1} = -55,07 + 189,48b - 0,03n - 139,8b^2 + 0,035bn + 1,47 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = 0; Ди = +8^\circ & \quad Q_{CO2} = -28,05 + 79,8b + 0,011n - 48,7b^2 - 0,009bn - 3,59 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = -90^\circ; Ди = 0 & \quad Q_{CO3} = 26,94 - 31,9b - 0,02n - 4,03b^2 + 0,05bn - 8,03 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = -90^\circ; Ди = -8^\circ & \quad Q_{CO4} = -7,72 + 95,4b - 0,05n - 100,8b^2 + 0,07bn + 8,77 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = -90^\circ; Ди = +8^\circ & \quad Q_{CO5} = 39,3 - 12,04b - 0,07n + 11,6b^2 - 0,04bn + 8,09 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = +90^\circ; Ди = 0 & \quad Q_{CO6} = 31,49 - 63,3b + 0,019n + 31,44b^2 - 0,01bn - 8,5 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = +90^\circ; Ди = -8^\circ & \quad Q_{CO7} = -19,0 + 81,4b - 0,01n - 64,9b^2 + 0,01bn - 7,9 \cdot 10^{-6}n^2; \\
 n_{ze} = +90^\circ; Ди = +8^\circ & \quad Q_{CO8} = 23,3 - 40,1b - 0,006n + 20,0b^2 + 0,01bn - 4,6 \cdot 10^{-6}n^2.
 \end{aligned}$$

Побудовано поверхні відгуку, які вказують на те, що характер перебігу зміни токсичності ВГ двигунів за вмістом CO істотно залежить від регулювальних параметрів СЖЗ та від змін параметрів режиму роботи ДВЗ і показників його сумішоутворення (рис.). Рівняння свідчать, що розрегулювання гвинта холостого ходу призводять до збільшення впливу складу суміші на токсичність ВГ.

Оскільки поверхні відгуку мають подібний перебіг зміни результуючих параметрів, їх згруповано для різних значень регулювальних параметрів. Ця подібність характерна для ситуацій, коли у них усіх на зміну вмісту CO у ВГ неістотно впливає частота обертання колінчастого валу двигуна АТЗ. Поверхні відгуку, які описуються залежностями для 3-го та 6-го дослідю (див. табл. 1), характеризуються також незначними впливами частоти обертання колінчастого валу та інтенсивним зниженням вмісту CO для коефіцієнтів складу суміші $b > 0,85$.

За результатами виконаних досліджень у звичайних умовах експлуатації АТЗ з використанням діагностичного засобу на основі λ -давача [4], отримано характерні відхилення

вмісту CO у ВГ від нормативу, залежно від зміни частоти обертання колінчастого валу на холостому ході для двигуна ЗМЗ:

- різке зниження вмісту CO у ВГ, при відкритті дросельної заслінки, що спостерігається від мінімальної до підвищеної частоти обертання;
- плавне підвищення вмісту CO у ВГ, у міру зростання частоти обертання;
- підвищений вміст CO у ВГ, при відкритті дросельної заслінки на мінімальній частоті обертання колінчастого валу (750 хв^{-1}), який спадає з ростом частоти обертання;
- підвищення вмісту CO у ВГ при відкритті дросельної заслінки, яке спостерігається від мінімальної до підвищеної частоти обертання колінчастого валу.

Характер перебігу зміни вмісту CO у ВГ бензинових двигунів вказує на потребу звуження меж пошуку несправностей ДВЗ і на вчасне виявлення можливих несправностей за явних відхилень від нормативів.

Отримані залежності масового і сумарного масового викидів CO з ВГ (за результатами випробовувань АТЗ за міським їздовим циклом) від вмісту CO на холостому ході показують, що з ростом вмісту CO на холостому ході до 5,5 % спостерігається плавний ріст як масового викиду CO із ВГ, так і сумарного (усіх токсичних компонентів) масового, зведеного до вмісту CO .

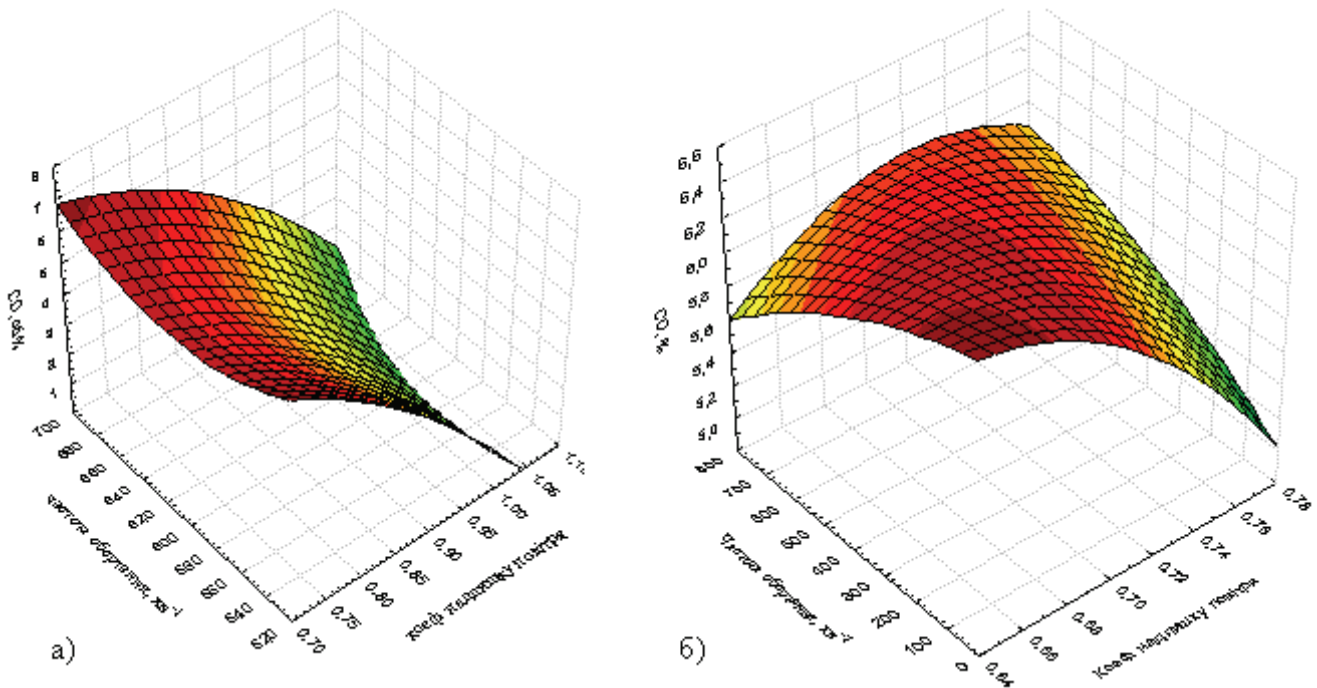


Рис. 1. Характерні залежності вмісту CO у ВГ від складу паливної суміші та обертів колінчастого валу двигуна для різних регулювань СЖЗ:

- а) $n_{ze} = 0$; $Du = 0$ (дослід на нульовому рівні); б) $n_{ze} = +90^\circ$; $Du = -8^\circ$ (7-й дослід)

Подальше перевищення токсичності призводить до падіння масових викидів токсичних речовин із одночасним погіршенням паливної ощадності. Це, і отримані поліноміальні залежності викидів CO від складу паливної суміші б та частоти обертання колінвала n при імітації різних несправностей ДВЗ, дали змогу скласти технічне завдання на розробку приладу для експрес-діагностування автомобільних бензинових двигунів за показником їх токсичності.

Висновки

1. Виконані дослідження показують, що токсичність відпрацьованих газів ДВЗ у значній мірі залежить від технічного стану його та автомобіля і ступеня дотримання нормативних вимог щодо регулювань.

2. Розроблена методика оцінки токсичності за вмістом оксиду вуглецю у ВГ при роботі двигуна на холостому ході може характеризувати екологічність автомобіля і при випробуванні його за європейським циклом.

3. Використання запропонованої методики дозволить розраховувати обсяги фактичних викидів забруднюючих речовин автомобілями і на підставі цього розробляти механізм економічного стимулювання щодо зниження забруднення довкілля.

4. Будь-яке маніпулювання із регулюванням КВЗ або положення гвинта якості суміші, призводить до росту масового вмісту СО у ВГ при випробуванні АТЗ за міським їздовим циклом. Існує мінімальне значення масового вмісту СО у ВГ при оптимальному положенні гвинта якості суміші та номінальному КВЗ. Порушення регулювання складу суміші призводить до збільшення ступеня залежності токсичності ВГ від частоти обертання колінчастого валу.

Напрями продовження досліджень

Попередні дослідження дозволять встановити залежність токсичності ВГ бензинових ДВЗ за одночасної дії багатьох чинників і побудувати багатофакторну математичну модель, якою можна описати процеси зміни концентрації токсичних речовин при випробуванні його за європейським циклом залежно від регулювань систем живлення і запалювання двигуна.

Список літератури

1. Вибірковий аналіз викидів оксиду вуглецю з відпрацьованими газами автомобілів / Є.Ю. Форнальчик, Р.Я. Качмар, Б.М. Преснер, В.І. Гулай // Автошляховик України. — 2002. — № 2. — С. 16-19.
2. Форнальчик Є.Ю. Визначення періодичності обслуговування систем живлення-запалення бензинових ДВЗ за показником токсичності відпрацьованих газів / Є.Ю. Форнальчик, Р.Я. Качмар // Збірник наукових праць НТУ. — К.: НТУ, 2004. — № 9. — С. 74-80.
3. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами. Затверджена Держкомстатом України. — Донецьк: Вип. ВАТ «УкНТЕК», 1999. — 107 с.
4. Качмар Р.Я. Засіб для діагностування систем живлення і запалювання двигунів автомобілів за токсичністю відпрацьованих газів / Р.Я. Качмар // Вісник Національного університету „Львівська політехніка”: Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. — 2007. — № 583. — С. 128 - 133.

Стаття надійшла до редакції 09.10.09
© Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я., 2009