

І.Г. Грабар, А.В. Ільченко, Є.Г. Опанасюк

### ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

У статті наведений аналіз факторів впливу на токсичність відпрацьованих газів автомобільних бензинових двигунів. Намічені шляхи підвищення екологічної безпеки автомобільних двигунів як головного джерела сумарних викидів CO, CnHm та NOx. Показано, що експлуатація автомобілів без екологічного моніторингу – ознака нецивілізованої держави, а своєчасне проведення регулювань систем живлення та запалювання дозволяє знизити вміст токсичних складових у відпрацьованих газах до припустимих рівнів.

Зменшення шкідливих викидів в атмосферу вимагає прийняття глобальних рішень і особливо – у великих містах.

На автомобільний транспорт припадає до 70 % від сумарних викидів окисів вуглецю (CO), до 35 % – вуглеводів (CH) та до 30, ..., 35 % – окисів азоту (NO).

В той же час у містах з населенням від 5 до 10 млн. жителів на автомобільний транспорт припадає від 88 до 99 % CO, від 63 до 95 % CH та від 19 до 72 % NO, із яких більше половини припадає на легкові автомобілі [1].

США та Японія першими розпочали активну боротьбу з шкідливими викидами автомобілів. Так, в кінці 60-х років, коли парк автомобілів в США перевищив 100 млн. шт., щорічні втрати від хвороб, пов'язаних з шкідливими викидами автомобілів, склали близько 4 млн. людино-днів.

Завдяки рішучим діям екологів, медиків, науковців, виробничників, політиків (Закон про чисте повітря та норми викидів, затверджені Конгресом) з 1967 по 1980 роки в США шкідливі викиди легковими автомобілями знизились [1]:

- по CO – з 54,4 до 4,4 г/км;
- по CH – з 5,4 до 0,3 г/км;
- по NO – з 2,5 до 0,6 г/км.

Дуже жорсткі вимоги щодо норм шкідливих викидів прийняті Європейським союзом в стандарті Євро-1 і особливо – Євро-2, що також суттєво поліпшило екологічну ситуацію в цих країнах.

В таблиці 1 наведені коефіцієнти зменшення шкідливих викидів для найдієвіших заходів, спрямованих на підвищення екологічної безпеки автомобільних двигунів.

Таблиця 1

К <sub>і</sub>	Замкнута система вентиляції картера	Забезпечення регулювань системи холодного ходу	Оптимізація кута випередження	Підігрівання паливно-повітряної суміші	Рециркуляція відпрацьованих газів	Каталітичні нейтралізатори та допалювачі	К <sub>Σ</sub>
K <sub>CO</sub>	1	0,7	0,75	0,6	0,8	0,2	0,05
K <sub>CnHm</sub>	0,7	0,8	0,75	0,6	1,1	0,3	0,083
K <sub>NOx</sub>	1	1,05	0,9	1,4	0,4	0,7	0,37

За одиницю прийнято вважати шкідливі викиди для автомобіля без пристроїв для зниження токсичних викидів [1].

Якщо одночасно вживати кілька заходів, то можливості застосування антитоксичних пристроїв можуть бути значними.

В таблиці 2 наведені порівняльні дані викидів основних типів поршневих двигунів внутрішнього згорання (за даними [1]).

На вміст шкідливих викидів суттєво впливають конструктивні параметри, режими роботи та технічний стан двигуна [2-4].

Антитоксична політика США регулюється Законом про чисте повітря, який передбачає використання неетильованих бензинів та каталітичних нейтралізаторів і допалювачів.

Таблиця 2

$K_i$	Бензиновий двигун	Газовий двигун	Дизель з безпосереднім вприскуванням	Форкамерний дизель
$K_{CO}$	1	0,19	0,13	0,05
$K_{CnHm}$	1	0,42	0,53	0,07
$KNO_x$	1	0,33	0,93	0,44

Найперше, що необхідно запровадити негайно в Україні:

- 100 % екологічний контроль всіх без винятку автомобілів не рідше 2, ..., 4 разів на рік з видачею відповідного сертифікату;
- обов'язкові регулювання двигунів до стану  $C_j \leq [C_j]$ ;
- заборона експлуатації транспортних засобів, у яких  $C_j > [C_j]$ ;
- створення розгалуженої мережі пунктів діагностики викидів та регулювань;
- перепідготовка спеціалістів для контролю та дотримання екологічної безпеки автомобілів (працівники ДАІ, станцій ТО, приватних фірм);
- нагляд за вилученням з експлуатації транспортних засобів, що не відповідають нормам екологічної безпеки.

### Допустимі норми

Таблиця 3

Допустимий вміст CO у відпрацьованих газах

Режим	Об'ємна доля CO, % не більше		
	автомобілі, виготовлені до 1.07.1978	з 1.07.1978 до 1.01.1980	з 1.01.1980
п тпд, холостий хід	3,5	2,0	1,5
0,6 п ном, холостий хід	2,0	1,5	1,0

В таблиці 4 наведені результати діагностування шкідливих викидів 5 різних бензинових автомобілів, що мають різні терміни експлуатації, пробіг, технічний стан.

#### Найголовніший висновок:

- всі автомобілі до діагностування мали перевищення шкідливих викидів по CO та CH в 2, ..., 10 разів;
- всі автомобілі після діагностування «підручними» засобами регулювання були доведені до значень шкідливих викидів, значно нижчих від допустимих (без глобальних заходів типу табл. 1 чи 2).

Серед глобальних причин, які впливають на кількість шкідливих викидів автомобільних двигунів, в числі перших необхідно відмітити витрати палива, на які, в свою чергу, впливають конструктивні та експлуатаційні фактори автомобіля. Вплив на першу групу факторів у споживача транспортного засобу досить обмежений і зводиться, в основному, до використання шин з низьким коефіцієнтом опору кочення (радіальних), встановлення спойлерів з метою зменшення аеродинамічного опору та використання якісних мастил.

До другої групи факторів впливу на економічність бензинового двигуна і, відповідно, на токсичність відпрацьованих газів відносяться:

- стан циліндро-поршневої групи двигуна і газорозподільчого механізму (втрата компресії в усіх чи кількох циліндрах);
- порушення теплового режиму двигуна (термостат, жалюзі та ін.);
- стан паливної апаратури (негерметичність, зношеність, порушення регулювань, заміщення);
- стан трансмісії автомобіля і ходової частини (буксування зчеплення, утруднене переключення передач, послаблення кріплення елементів, зношення підшипників, порушення регулювань та ін.);
- стан електрообладнання автомобіля і, в основному, системи запалювання (зношення елементів, ерозія, розрегулювання).

Частина з цих факторів у процесі експлуатації має накопичувальний характер, і споживач може вплинути лише на зменшення інтенсивності процесів; другу ж частину можна привести до нормального технічного стану шляхом регулювань, найбільш ефективними з яких, з точки зору забезпечення паливної економічності і екологічної безпеки, є регулювання приладів систем живлення і запалення.

Згідно з [7] перевірка і регулювання вмісту CO у відпрацьованих газах автомобіля повинні здійснюватися при кожному ТО-1.

При експлуатації, з точки зору токсичності, слід особливу увагу приділяти регулювальним параметрам паливної апаратури, перш за все карбюратора, і системи запалення.

Підвищений вміст CO на холостому ході свідчить про неправильне регулювання системи холостого ходу карбюратора, а на частоті 0,6 від номінальної – про несправність головної дозуючої системи чи нещільне прилягання клапанів економайзера і (або) прискорювального насоса.

Вплив регулювання системи холостого ходу карбюратора на вміст CO пояснюється збільшенням до 20 % витрат палива через цю систему від загального балансу його споживання автомобілем у випадку порушення регулювання.

У випадку неправильного регулювання системи холостого ходу карбюратора викиди CO і СН збільшуються на 35–40 % і 30–35 % відповідно [8].

Збіднення горючої суміші при неправильному регулюванні системи холостого ходу карбюратора також супроводжується збільшенням викидів CO до 12 % і СН – до 14 % [8].

Неправильне регулювання системи запалення бензинового двигуна призводить до збільшення CO і СН.

Зазор між електродами свічок запалення, зазор у контактах переривача, початковий кут випередження запалення – регулювальні параметри, що дозволяють значно впливати на токсичність відпрацьованих газів.

На кафедрі технічної механіки ЖІТІ розроблено комплекс пристроїв та методик для регулювання карбюратора і переривача-розподільника на двигуні, який працює, що дозволяє знизити трудомісткість регулювання за складом відпрацьованих газів у 2–3 рази.

Для аналізу викидів використовувався газоаналізатор 102ФА О1 М.

Газоаналізатор 102ФА О1М призначений для вимірювання об'ємної долі окису вуглецю (CO) та вуглеводів (СН) в приготівленій газовій пробі, а також вимірювання частоти обертання колінчатого вала двигуна.

Призначений для контролю технічного стану карбюраторних двигунів, згідно з паспортними даними, газоаналізатор може аналізувати газову суміш, що має не більше 12 % CO, до 10 % CO, до 0,8 % СН (вуглеводів), до 0,15 кг/м<sup>3</sup> парів води та до 0,72 % мг/м сажі при температурі навколишнього середовища 1, ..., 45° С, атмосферному тискові 84, ..., 107 КПа, вологості до 95 %, амплітуді вібрацій до 0,1 мм при частоті 25 Гц.

Похибка вимірювання по каналу CO в діапазоні [0, ..., 5 %] не перевищує 0,25 %, а по каналу СН в діапазоні [0, ..., 2000 млн<sup>-1</sup>] не перевищує ±100 млн<sup>-1</sup>. Похибка вимірювання обертів ±250 об/хв. Дрейф нуля за 1 год. роботи не перевищує ±0,13 % по каналу CO та ±50 млн<sup>-1</sup> по каналу СН.

Час прогрівання приладу не перебільшує 30 хв.

Газоаналізатор витримує по каналу СН збільшення долі вуглеводів в пробі до 6500 млн<sup>-1</sup> протягом 30 хв., по каналу CO – вміст окису вуглецю в пробі до 13 % протягом 30 хв., після чого відновлює працездатність протягом 5 хв.

Середнє напрацювання на відмову аналізатора складає 15000 годин, що при експоненційному законі розподілу напрацювань на відмову відповідає ймовірності безвідмовної роботи за перші 1000 год. не гірше 0,93.

Принцип дії. В основу принципу дії покладено оптико-абсорбційний метод, заснований на вимірюванні поглинання енергії випромінювання в області інфрачервоної частини спектра. Доля поглинання ІЧ-енергії залежить від концентрації вимірюваної компоненти газової суміші. Кожен газ має свою характерну область хвиль поглинання, що забезпечує вибірковість газоаналізу.

Якщо по черзі пропускати потік монохроматичного ІЧ-випромінювання, що пройшов через інтерфераційний фільтр, через кювету з газовою сумішшю, що аналізується, та без неї, то приймач випромінювання буде реєструвати сигнал, що несе інформацію про ІЧ-енергію, яку поглинула газова суміш, і, відповідно, про концентрацію компоненти.

Для одночасного аналізу двох компонент (CO та СН) в оптичній схемі газоаналізатора передбачено два інтерференційних фільтри.

Програмно-апаратний комплекс, що нами пропонується, включає:

- газоаналізатор; систему датчиків шумів, вібрацій, обертів, форми сигналу в системі запалювання; температуру та тиск в камері згоряння;
- сигнали з датчиків подаються на комп'ютер, де обробляються та діагностуються.

Наші експериментальні дані показують, що автомобіль без контролю та підстройки викидів змінює свій стан від менших до більших концентрацій викидів.

Таблиця 4

Марка автомо- біля, рік випуску, № дви- гуна	Про- біг, тис. км	Вхідний контроль		Діагностика та регулювання					Час, потра- чений на діаг- ностику та регу- люван- ня, хв	Вихідний контроль		Примітка
		СО %	СН x10 млн <sup>-1</sup>	Кут замк- не- ного стану	Кут випе- ред- жен- ня	Рі- вень па- лива	Зба- га- чення сумі- ші	Якість суміші		СО %	СН x10 млн <sup>-1</sup>	
ЗАЗ- 968М, 1984, 981346	28	5,3	190	+	+	-	+	-	5/90	0,35	080	Зменшив- ся шум
М-407, 1962, 344115	26*	18,0	690	-	+	+	+	+	4/70	0,33	091	Зменшив- ся шум
ВАЗ- 2106, 1989, 0716479	48	4,8	025	+	+	+	-	-	3/20	0,8	020	
Honda Accord 1986, A20A21 009057	83,5	0,6	344	-	-	-	+	-	3/10	053	089	
ВАЗ- 21011, 1980, 4228701	142	0,42	105	-	-	-	-	-	3/0	0,42	105	
ИЖ- 21251, 1988, 6133098	90	>20	160	+	+	+	+	+	20/180	12	85	Регулюван- ня немож- ливе через технічний стан карбю- ратора

Якщо за міру безпорядку прийняти концентрацію викидів, то автомобіль веде себе у повній відповідності до інших законів термодинаміки – всі системи, крім синергетичних [6], протягом часу збільшують ентропію як міру безпорядку.

І тільки нелінійні системи, далекі від рівноваги, здатні до самоорганізації, тобто до зменшення ентропії. Це – ознака синергізму (самоорганізації). Синергетичними, до речі, є всі живі організми. Можливо, з елементами синергізму буде й автомобіль майбутнього.

Але, на наш погляд, в найближчий час необхідно створити:

- доступні за ціною та малі за об'ємом та вагою індивідуальні прилади кількісного контролю шкідливих викидів (вартістю 50, ..., 100 грн., вагою 0,1, ..., 0,3 кг);
- системи дистанційного моніторингу, які б дозволяли контролювати стан викидів автомобілів, що рухаються, наприклад, повз екологічний пост чи пост ДАІ без зупинки, і зупиняти тільки ті транспортні засоби, які перевищують допустимі норми викидів;
- системи супутникового моніторингу екологічного стану автомагістралей та окремих автомобілів.

Успіху досягають тоді, коли люди починають розуміти кількісні показники своєї роботи [9]. Стандарти – складова частина одвічної боротьби людини з реаліями ринку. Стандарти підштовхують людей працювати якнайкраще.

В екологічній проблемі важливо:

- визначити стандарти викидів;
- показати власникам автомобілів на переконуючих прикладах, як легко можна відрегулювати автомобіль до норм екологічних стандартів;
- контролювати кількісні показники викидів.

## ВИСНОВКИ

1. Експлуатація автомобілів без екологічного моніторингу є ознакою нецивілізованості суспільства і за своїми наслідками нагадує експлуатацію ядерних енергетичних установок без контролю радіаційних випромінювачів та викидів, потребує відповідного обладнання та персоналу. При цьому шкідливі викиди на автомобілях, що знаходяться в задовільному технічному стані, можуть перевищувати норми в десятки разів.
2. Контроль за викидами та своєчасне проведення регулювань параметрів карбюратора, системи запалювання та механізмів газорозподілу дозволяє зменшити викиди до рівнів допустимих.
3. У ЖІТІ створена система моніторингу екологічної безпеки автомобілів, а також відпрацьовані методики заходів, що дозволяють зменшити токсичні викиди до безпечних рівнів.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Развитие автомобильных транспортных средств / Под ред. Д.П. Великанова. – М.: Транспорт, 1984. – 120 с.
2. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Под ред. Д.Хилларда и Дж.С. Скрингера. – М.: Машиностроение, 1988. – 504 с.
3. Техническая эксплуатация автомобиля / Под ред. Г.В. Крамаренко. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
4. Правила проведения государственного технического осмотра механических транспортных средств и прицепов. – М.: Транспорт, 1989. – 23 с.
5. Газоанализатор 102ФА О1М. Паспорт и техническое описание. – Киев: НИО «Аналитприбор», 1992. – 70 с.
6. Ханен Г. Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах. – М.: Мир, 1985. – 419 с.
7. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
8. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономия топлива на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1984. – 302 с.
9. Стек Дж. Алхимия прибыли. – Минск: Парадокс, 1996. – 432 с.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Житомирського інженерно-технологічного інституту, завідувач кафедри технічної механіки.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій;
- нелінійні явища та моделі;
- синергетика;
- нові технології, прискорені сертифікаційні дослідження в умовах складного температурно-силового навантаження.

ІЛЬЧЕНКО Андрій Володимирович – науковий співробітник кафедри технічної механіки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- паливна економічність і екологічна безпека автомобільного транспорту;
- мікропроцесорні засоби і комп'ютерні системи в автомобілі;
- діагностика автомобілів.

ОПАНАСЮК Євген Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- екологія автомобільного транспорту;
- теорія і конструкція автомобілів та двигунів;
- прохідність автомобілів.