

процессов. – М.: Информприбор, 1990. – № 3. – 40 с. 2. Сасонов Г.В., Киц А.И., Кюздени О.А. Датчики для измерения температур в промышленности. – К.: Наук. думка, 1972. – 223 с. 3. Куритник И.П., Фединец В.А., Добровинский И.Е. Средства измерения температуры в металлургии / ТС-6 // Приборы и устройства для контроля и регулирования технологических процессов. – М.: Информприбор. – 1988. – № 1. – 49 с. 4. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агарев, А.Л. Квитка. – К. Вища шк., 1986. – 776 с. 5. Миловзоров В.П. Элементы информационных систем. – М.: Высш. шк., 1989. – 440 с. 6. Золотдревский В.С. Механические испытания и свойства металлов. – М.: Металлургия, 1974. – 303 с. 7. Білотородченко В.І Механічні випробовування та обладнання для контролю якості мікрозварних точкових контактних зварних з'єднань // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 509. – С. 11–17. 8. Новицкий П.В., Зограф И.Л. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с. 9. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

УДК 629.113.004.2

Р.Я. Качмар

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки

ЗАСІБ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ І ЗАПАЛЮВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ ЗА ТОКСИЧНІСТЮ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

© Качмар Р.Я., 2007

Розроблено діагностичний засіб для періодичного контролю токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів автомобілів на лінії, з поточним контролем відповідних параметрів системи живлення-запалювання, які впливають на зміну токсичності.

A diagnostic mean is developed for the periodic control of toxicness of exhausts gases of petrols engines of cars on a line, with the current control of the proper parameters systems of feed and cognition systems, which influence on changing of toxicness.

Вступ. Зростання складності об'єктів контролю в автомобільній техніці, збільшення джерел інформації, врахування динамічних властивостей об'єктів та систем, накладає високі вимоги до точності і об'єктивності проведення діагностування. Одним із важливих завдань діагностування динамічних систем, до яких належать ДВЗ як з використанням карбюризації, так із застосуванням систем керування сумішоутворенням, є створення відповідної апаратури, дискретне чи неперервне зчитування результатів діагностування, виконання регулювальних (замінних) робіт. У цьому разі йдеться про створення комп'ютеризованого засобу для періодичного чи неперервного вимірювання токсичності відпрацьованих газів за об'ємним вмістом монооксиду вуглецю (СО).

Постановка проблеми. Одним із основних експлуатаційних показників щодо екологічності відпрацьованих газів (ВГ) ДВЗ є граничне значення їх токсичності, яке обмежується чинним в Україні відповідним стандартом. Моменту перевищення допустимого вмісту токсичних речовин у ВГ, зокрема, вмісту СО, передують нагромадження пошкоджень, розрегулювань тощо, що характеризує певний пробіг АТЗ. Зростання токсичності ВГ до значень, обмежених чинним законодавством чи рекомендованих заводом-виготівником, відбувається поступово за відповідною закономірністю. Характер перебігу змін токсичності ВГ залежить від ступеня впливу на неї різних чинників. Із

збільшенням впливу їх зростає ймовірність виходу параметра на момент перевірки за граничне значення, що призведе в такому разі до перевищення вмісту токсичних речовин у ВГ і зростання екологічного тиску на довкілля. Із зменшенням впливу чинників, що призведе до незначного збільшення токсичності ВГ, може зрости обсяг діагностувальних робіт для визначення його рівня. Останнє може зрештою вилитися у передчасне діагностування. Можна і відмежуватися від впливів інших чинників і зосередитися на одному, але в такому разі буде отримана локальна інформація про вплив одного чинника на зміну токсичності ВГ, яка при накладанні іншого чинника може істотно змінюватися.

Величини допустимого значення параметра діагностування (вміст CO у ВГ) і періодичності контролю, тобто міжконтрольних пробігів АТЗ призначаються залежно від граничного допустимого значення параметра. Оскільки точність і вірогідність діагностичної інформації залежать від цих показників, то на основі техніко-економічного аналізу їх або характеристик неперевищення допустимої токсичності ВГ (безвідмовності роботи ДВЗ за токсичністю ВГ) на заданому пробігу, можна спробувати керувати якістю діагностичної інформації, прийнявши конкретне допустиме значення токсичності і за результатами досліджень встановити періодичність контрольно регулювальних робіт СЖЗ.

Мета дослідження. Результати дорожніх та лабораторних випробувань [1, 2] дають змогу стверджувати, що до деякого значення пробігу АТЗ точність діагностичної інформації не має істотного значення, оскільки до нього значення вмісту токсичних речовин у ВГ не перевищує граничне з достатньо високою ймовірністю. Тобто до цього пробігу проведення діагностування буде передчасним і недоцільним. Отже, не беручи до уваги межі малих пробігів АТЗ, вимоги до точності діагностування підвищуватимуться при напрацюваннях їх, які перебільшують зону передчасного діагностування. Найбільша точність діагностування повинна бути забезпечена у межах пробігів АТЗ, що близькі до допустимих граничних значень токсичності ВГ, оскільки постановка діагнозу в цій зоні пов'язана з похибками першого та другого роду, що в обидвох випадках призводить до збільшення витрат. Зрозуміло, що з зростанням пробігу автомобіля відбувається зміна числових характеристик закону розподілу (або видозміна закону) діагностичного параметра. Тому для забезпечення заданої точності та інформативності, засоби і методи для виконання контрольно-регулювальних робіт (ККР) щодо системи живлення-запалювання (СЖЗ) на різних пробігах АТЗ повинні мати такі показники точності, які дають змогу зчитувати фактичні значення токсичності ВГ у межах допустимої похибки. Це забезпечувалося чутливістю λ -давача (реагування на мінімальний вміст CO від 0,2 до максимального 12 об. %), його швидкодією і періодичним таруванням [3].

Принципова схема завдання вимірювання токсичності за його допомогою виглядає так. До контрольованої системи, яка складається із декількох блоків, під'єднуються давачі, які через мережу перетворювачів та узгоджень передаються в блок порівняння з нормативними значеннями. Блок своєю чергою має в постійній пам'яті можливі значення токсичності ВГ для різних типів та марок двигунів і порівнянням визначає один із вихідних варіантів та робить висновок про справність СЖЗ загалом та її елементів.

Аналіз останніх досліджень. Структура системи діагностичного засобу для контролю рівня токсичності ВГ має такий вигляд (рис. 1). Зважаючи на зарубіжні аналоги (зокрема, в діагностуванні електроніки [4], будівельних конструкцій [5]), діагностичний засіб комп'ютеризований із елементами експертної системи. У склад цієї мікропроцесорної експертної системи діагностування входять: оболонка мікропроцесорної експертної системи (інтерфейс); підсистема первинного опрацювання оперативної інформації; підсистема розпізнавання діагностичних ознак; підсистема моделювання процесів розвитку несправностей; підсистема формування матриць та логічних формул, які описують поточний стан приладів системи живлення – запалювання; підсистема оперативної візуалізації поточного стану СЖЗ на дисплеї комп'ютера; підсистема навчання користувача.

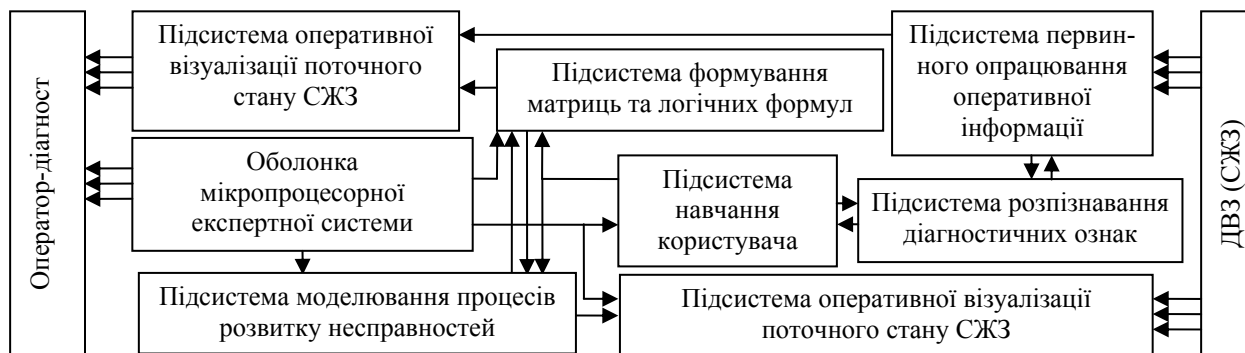


Рис. 1. Структурна схема експертної системи діагностування двигунів за вмістом СО у ВГ

Структура і склад системи діагностування двигунів. Для неперервного діагностування систем ДВЗ за показником токсичності ВГ на ходу автомобіля розроблено діагностичний засіб з використанням λ -давача та ноутбука, загальний вигляд його складових елементів і клем під'єднання живлення показаний на рис. 2.

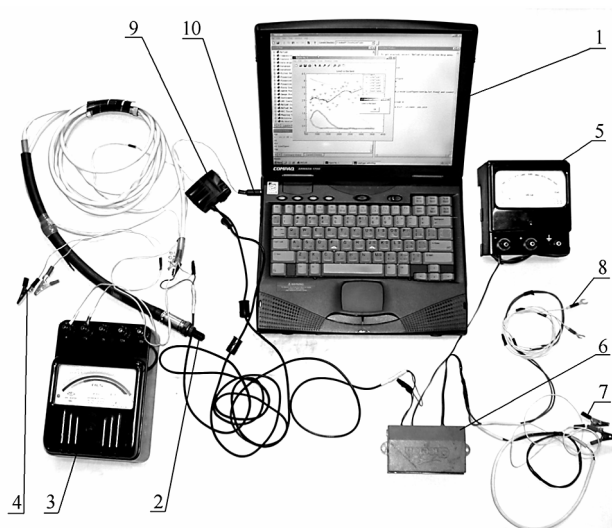


Рис. 2. Загальний вигляд елементів діагностичного засобу:

- 1 – ноутбук; 2 – λ -давач; 3 – мілівольтметр вимірювання вмісту СО у ВГ;
- 4 – клеми живлення газоаналізатора від АКБ; 5 – показчик частоти обертання;
- 6 – вимірювальний блок тахометра; 7 – сигнальні клеми (до розподільника);
- 8 – клеми живлення тахометра від АКБ; 9 – з'єднувальний блок; 10 – аудіо-штекер

Засіб не вимагає складних пристроїв. λ -давач монтується у вихлопну трубу на віддалі від зрізу її 30 см. Для забезпечення підігрівання λ -давача використовується штатна акумуляторна батарея. Сигнал із виходу λ -давача разом із сигналом частоти обертання колінчастого вала ДВЗ подаються в ноутбук через аудіо-порт, що дає змогу уникнути використання дорогого АЦП.

Для проведення діагностування ДВЗ щодо рівня токсичності його ВГ необхідно забезпечити нерухомість давача і здійснити вимірювання в русі АТЗ. Розроблені відповідні алгоритми вимірювань токсичності карбюраторних та інжекторних ДВЗ за допомогою засобу. Діагностування стану СЖЗ двигуна з нейтралізатором, що працює в режимі із зворотним зв'язком, утруднюється тим, що λ -давач змінює склад робочої суміші. Якщо двигун справний і працює належно, усі вимірювання токсичності ВГ вкажуть на це. Однак, якщо в двигуні порушений склад робочої суміші або наявні несправності давача, механічні несправності, витік вакууму або ВГ з випускної труби (причому у будь-якій комбінації), λ -давач намагатиметься компенсувати їх зміною складу паливної суміші. Тому результати вимірювання концентрації СО у ВГ такого несправного двигуна

можуть спричинити прийняття неправильного висновку. Негерметичність випускної труби і будь-які механічні несправності двигуна повинні бути усунуті перед діагностуванням.

Під час роботи двигуна склад ВГ є відображенням перебігу процесу згоряння робочої суміші в циліндрах. Будь-які зміни в умовах та режимах згоряння, спричинені порушенням роботи карбюратора, системи запалювання чи іншими причинами, негайно відбиваються на складі ВГ, що дозволяє швидко і без розбирання будь-яких вузлів здійснювати діагностичні роботи.

Аналіз отриманих результатів досліджень. За результатами виконаних досліджень з використанням розробленого діагностичного засобу на основі λ -давача, отримано характерні відхилення від нормального перебігу процесу за вмістом CO із зміною частоти обертання колінчастого вала на холостому ходу (рис. 3, крива 1) для бензинового карбюраторного двигуна ЗМЗ-402.10:

- різке зниження вмісту CO у ВГ, при відкритті дросельної заслінки, що спостерігається від мінімальної до підвищеної частоти обертання (крива 2);
- плавне підвищення вмісту CO у ВГ, у міру зростання частоти обертання колінчастого вала (крива 3);
- підвищений вміст CO у ВГ, при відкритті дросельної заслінки на мінімальній частоті обертання колінчастого вала (750 хв^{-1}), який спадає із зростанням частоти обертання (крива 4);
- підвищення вмісту CO у ВГ у разі відкриття дросельної заслінки, яке спостерігається від мінімальної до підвищеної частоти обертання колінчастого вала (крива 5).

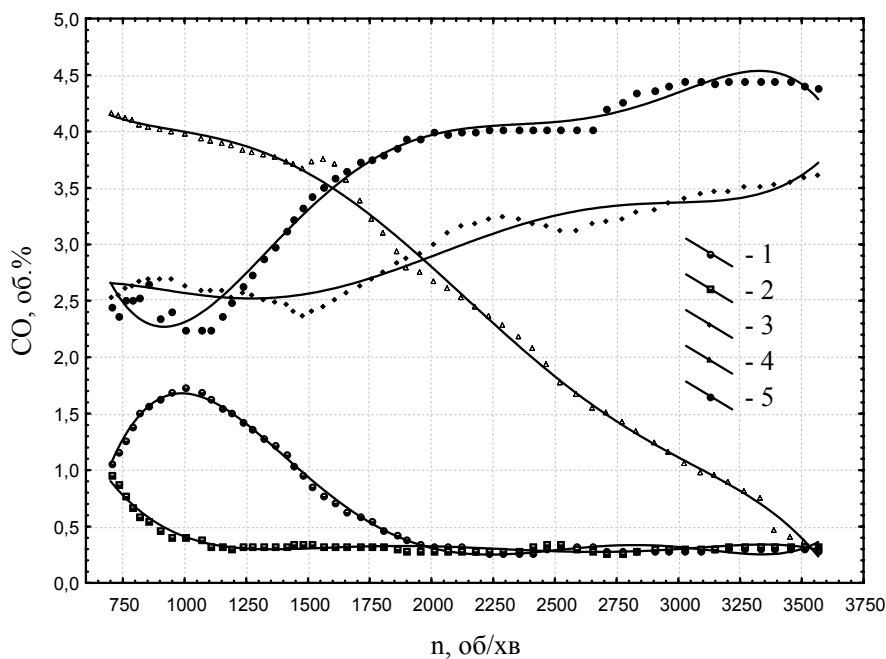


Рис. 3. Характеристика змін у перебігу процесу згоряння палива у двигунах ЗМЗ-402.10 залежно від частоти обертання колінчастого вала та вплив цих змін на токсичність ВГ за вмістом CO

Причиною першого відхилення є надмірно “збіднене” регулювання карбюратора, найчастіше через надто низький рівень палива у поплавковій камері чи закоксовування каліброваних отворів жиклерів або встановлення жиклерів малого перерізу.

Друге відхилення зумовлюється надмірно збагаченим регулюванням головної дозуючої системи першої камери, внаслідок збільшеного отвору її паливного жиклера або замалим перерізом її повітряного жиклера.

Третє відхилення найчастіше зумовлене перебагаченням регулюванням перехідної системи, тобто фактично завеликим перерізом паливного жиклера системи холостого ходу або замалим перерізом її повітряного жиклера.

Причиною останнього відхилення найчастіше є загальне перебагачення регулювання дозуючих систем карбюратора, пов'язане або із засміченням повітряних жиклерів, зокрема повітряного жиклера системи холостого ходу, або з установкою паливних жиклерів збільшеного перерізу. Ймовірною причиною цього, а також і третього відхилення, може бути також підвищення рівня палива у поплавковій камері карбюратора.

Перебіги цих процесів у двигунах на різних частотах обертання колінчастого вала, пов'язаних із зміною вмісту CO у ВГ (в об.%) описано відповідними рівняннями:

$$Q_{CO1} = -12,892 + 0,042 \cdot n - 4,462 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 + 2,128 \cdot 10^{-8} \cdot n^3 - 4,753 \cdot 10^{-12} \cdot n^4 + 4,05 \cdot 10^{-16} \cdot n^5;$$

$$Q_{CO2} = 6,309 - 0,015 \cdot n + 1,475 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 6,884 \cdot 10^{-9} \cdot n^3 + 1,544 \cdot 10^{-12} \cdot n^4 - 1,336 \cdot 10^{-16} \cdot n^5;$$

$$Q_{CO3} = 1,196 + 0,006 \cdot n - 9,2423 \cdot 10^{-6} \cdot n^2 + 5,911 \cdot 10^{-9} \cdot n^3 - 1,644 \cdot 10^{-12} \cdot n^4 + 1,661 \cdot 10^{-16} \cdot n^5;$$

$$Q_{CO4} = 6,828 - 0,009 \cdot n + 1,215 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 7,458 \cdot 10^{-9} \cdot n^3 + 1,993 \cdot 10^{-12} \cdot n^4 - 1,941 \cdot 10^{-16} \cdot n^5;$$

$$Q_{CO5} = 16,448 - 0,043 \cdot n + 4,905 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 2,464 \cdot 10^{-8} \cdot n^3 + 5,791 \cdot 10^{-12} \cdot n^4 - 5,181 \cdot 10^{-16} \cdot n^5.$$

З метою забезпечення роботи діагностувальної установки у середовищі Matlab 6.0 розроблено програму для порівняння значень зміни токсичності ВГ двигуна автомобіля із зростанням частоти обертання. Програма дає змогу порівнювати вхідні дані (вводяться із файла текстового типу) із кривими (рис. 3) методом інтерполяції. При цьому визначається похибка відхилення від кожної із кривих, за яким робиться висновок про приналежність вхідних даних до певного типу кривої і виводиться на екран.

Апробація діагностичного засобу. Розроблений діагностичний засіб було апробовано на автомобілі ВАЗ-21053, на якому бензиновий карбюраторний двигун із робочим об'ємом 1500 см³. З метою встановлення ефективності роботи діагностичного засобу, на попередньо відрегульованому двигуні за допомогою газоаналізатора з λ-давачем, було змодельовано розрегулювання системи живлення через перебагачення суміші на холостому ходу.

Зображення на моніторі ноутбука, отримане внаслідок опрацювання отриманих вхідних даних діагностування ДВЗ, зображено рис. 4.

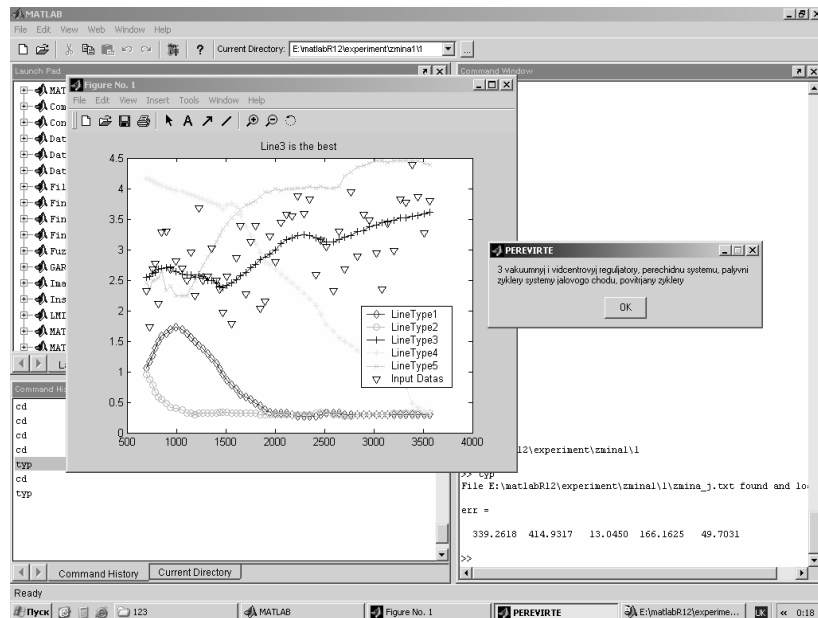


Рис. 4. Зображення на моніторі ноутбука із висновком про необхідність регулювання

Схема роботи діагностичного засобу полягає ось у чому: під'єднавши клема живлення 4 λ-давача 2 до АКБ і забезпечивши цим підігрівання λ-давача до робочої температури, а клема

живлення тахометра 8 до АКБ, сигнальні клеми тахометра 7 до переривника-розподільника, закріплюють λ -давач 2 на зрізі випускної труби АТЗ так, щоб синя лінія на зонді λ -давача розміщувалася на рівні зрізу. Внаслідок вимірювання λ -давач під дією наявного вільного кисню у ВГ генерує напругу, яка записується в пам'яті ноутбука разом із значенням частоти обертання, яка відповідає значенню токсичності ВГ за вмістом СО. Після виклику із системи Mathlab 6.0 результати вимірювання виводяться на екран (рис. 4). Маючи відповідну інформативну базу ноутбук порівнює характеристики перебігу фактичних процесів утворення СО під час роботи ДВЗ з нормативними. Після цього на екран монітора видається перелік можливих розрегулювань або відмов у порядку їх впливовості на викиди СО та виводиться алгоритм перевірки систем ДВЗ, залежно від типу останнього, а також рекомендації щодо способів приведення рівня токсичності ВГ до нормативного (відповідними регулюваннями СЖЗ чи заміною їх елементів).

Висновки і перспективи досліджень. На підставі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

1. Оскільки токсичність ВГ безпосередньо залежить від технічного стану систем живлення та запалювання, їх регулювань, технічного стану деталей ЦПП, то зміна токсичності ВГ за вмістом СО, у відповідних межах може бути критерієм оцінки стану наведених елементів ДВЗ.

2. Маючи відтаровану характеристику сигналу λ -давача залежно від вмісту оксиду вуглецю у ВГ та під'єднаний до нього мілівольтметр із проградуєваною шкалою в об'ємних відсотках вмісту оксиду вуглецю, останній можна використати як показчик на панелі приладів АТЗ, який інформуватиме водія про поточні значення рівня токсичності ВГ.

3. Застосування у випускних трактах двигунів АТЗ λ -давачів, дасть змогу як для моделей з карбюраторними двигунами, так і сучасних інжекторних з нейтралізаторами безперервно контролювати рівень токсичності ВГ та здійснювати коректування періодичності виконання регулювальних робіт у системах живлення та запалювання двигуна.

4. Поточна інформація про викиди оксиду вуглецю дасть змогу обирати екологічніші режими роботи двигунів, подібно до того як це робиться стосовно вибору економічних режимів. На окремих режимах роботи перевагу потрібно надавати не показам "економетра", а "екологометра".

5. Виготовлення газоаналізаторів на основі λ -давача дасть змогу зменшити тривалість виконання перевірок та підвищити точність контрольних-регулювальних робіт за рахунок швидкодії λ -давача. Ресурс змонтованого на автомобілі λ -давача для контролю токсичності ВГ за попередніми оцінками становить від 50 до 80 тис км.

6. Використання встановленого на АТЗ діагностичного засобу на основі λ -давача дозволить безперервно контролювати рівень розрегулювання та якість роботи систем живлення і запалювання на усіх режимах експлуатації автомобілів, а також технічний стан нейтралізаторів ВГ.

1. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Вплив пробігу автомобіля на токсичність відпрацьованих газів бензинових двигунів // *Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Зб. наук. пр. асоціації "Автобус"*. – Львів, 2003. – С. 164–169. 2. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Визначення періодичності обслуговування систем живлення-запалення бензинових ДВЗ за показником токсичності відпрацьованих газів // *Зб. наук. пр. НТУ*. – К.: НТУ, 2004. – № 9. – С. 74–80. 3. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Про застосування λ -зонду для визначення токсичності відпрацьованих газів бензинових двигунів // *Автоматизація: проблеми, идеи, решения: Материали міжнарод. науч.-техн. конф.* – Севастополь, 2002. – С. 161–163. 4. Кузенко Г.В. Розробка методів та засобів побудови експертних систем діагностування: Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – К., 1999. – 25 с. 5. Приходько Т.А. Система моделювання і діагностики строительных конструкций с элементами искусственного интеллекта // *ИКВТ – 99: Научн. тр. ДонГТУ*. – 2000. – № 4. – С. 300–303.