

При порівняльних випробуваннях роботи двигуна на бензині А-92 й А-92 + 1% присадки істотного впливу на зміну компонентів СО і C_mH_n не було.

Випробування автомобіля на роликівому інерційному стенді при зміні швидкості руху від 40 до 70 км/год і потужності на колесах від 6 до 7 кВт об'ємна частка компонентів NO_x у відпрацьованих газів, при роботі на бензині А-92 й А-92 + 1% змінювалася в межах погрішності приладу. Робота двигуна на всіх режимах випробувань була стійка.

Список літератури

1. *Данилов А.М.* Применение присадок в топливах для автомобилей: Справ. Изд. – М.: Химия, 2000. - 232 с.
2. *Папок К.К., Рагозин Н.А.* Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям (химмотологический словарь). – Изд. 4-е пер. и доп. – М.: Химия, 1975.
3. *Батрин Ю.Д., Старовойтов М.К., Якушин М.И.* Изучение антидетонационных свойств аминов различных классов применительно к прямогонным и товарным бензинам А-76 и АИ-92. Выбор лучшей антидетонационной присадки и разработка экономичного способа её производства. // Новые топлива с присадками. Сборник трудов конференции. – Санкт-Петербург: –Академия прикладных исследований, 2000. – С.61-68.

Борисюк Дмитро Вікторович, к.т.н., старший викладач, Вінницький національний технічний університет, e-mail: bddv@ukr.net
Зелінський Вячеслав Йосипович, асистент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: zelinskiy.slava@gmail.com

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМИ УПРИСКУВАННЯ ПАЛИВА ДВИГУНІВ «MONO-JETRONIC»

Досить часто водієві автомобіля, особливо ненового, доводиться стикатися з несправностями системи уприскування палива.

Несправності в системі уприскування палива з'являються в силу різних причин. Разом з тим, можна виділити наступні основні причини несправностей: граничний термін служби конструктивних елементів системи, технічні дефекти конструктивних елементів, порушення правил експлуатації (застосування неякісного бензину, забруднення в системі тощо), зовнішні впливи на конструктивні елементи (окислення контактів, механічні пошкодження, попадання вологи в електронні компоненти тощо).

Найбільш надійним способом встановлення несправностей системи уприскування палива є комп'ютерне діагностування. Даний вид діагностування

заснований на автоматичному фіксуванні відхилень параметрів системи від стандартних значень (режим самодіагностування).

Метою дослідження є підвищення надійності функціонування такого важливого функціонального блоку двигуна внутрішнього згорання автомобіля, яким є система уприскування палива «Моно-Jetronic», за рахунок створення математичної моделі автоматизації процесу діагностування її вузлів, яка пов'язує несправності та ознаки несправностей.

Основна частина. Рішення задачі автоматизації логічного процесу постановки діагнозу вимагає розробки моделей агрегатів і систем автомобіля як об'єктів діагностування, що описують на одному математичному рівні взаємозв'язки між безліччю можливих несправностей і безліччю значень діагностичних параметрів.

Найбільш універсальною моделлю об'єкта діагностування є представлення його у вигляді «чорного ящика», вхідні і вихідні параметри якого мають кінцеву множину значень. Передбачається, що всі можливі стани об'єкта утворюють кінцеву множину станів. В даному випадку об'єкт є «чорним ящиком» не тому, що його внутрішня структура і параметри повністю невідомі, а тому, що накладається заборона на доступ до них і стан об'єкта можна визначати, тільки досліджуючи його вихідні параметри (без розбирання).

Для представлення об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика» необхідно задати (рис. 1) [1-6]: кількість всіх вхідних дій Y від стимулюючих пристроїв і зовнішнього середовища; кількість всіх вихідних ознак несправності S ; кількість всіх несправностей об'єкта діагностування X ; оператор A , який перетворює кількості X та Y в кількість S :

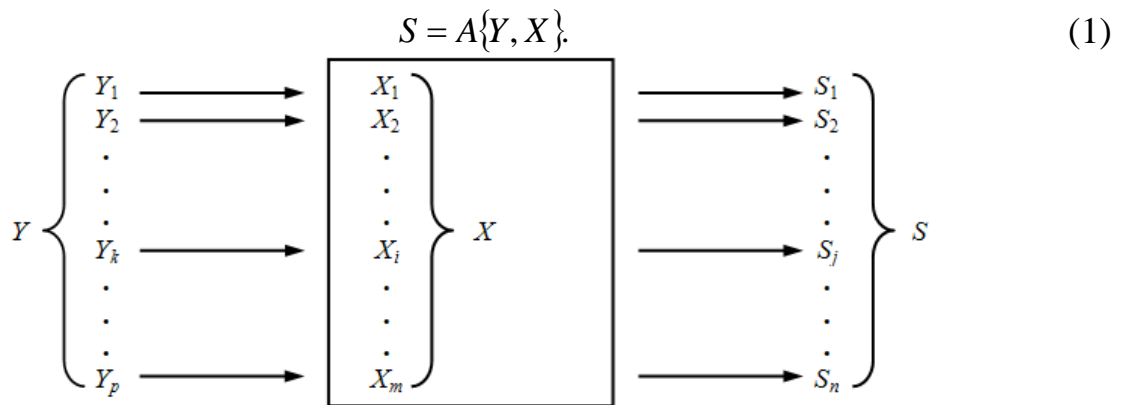


Рисунок 1 – Представлення об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика»

Враховуючи, що при діагностуванні елементи кількості Y стабілізуються (або змінюються по заданому закону), вираз (1) перетвориться у вид

$$S = A\{X\} \quad (2)$$

Іншими словами, будь-який вихідний параметр об'єкта діагностування є функцією його технічного стану при даному стані входів.

У ряді робіт з технічного діагностування автомобілів взаємозв'язок між можливими технічними станами (несправностями) агрегатів і систем автомобіля та ознаками цих несправностей описується у вигляді так званих діагностичних матриць [5, 6].

З досвіду багаторічної експлуатації автомобілів Volkswagen Golf II, Volkswagen Jetta II, Volkswagen [Passat B3](#), Volkswagen Passat B4, Audi 80 B3, Fiat Tipo та Fiat Tempra в табл. 1 представлена матриця діагностування системи уприскування палива «Mono-Jetronic» [7].

В матриці (див. табл. 1) позначимо наступні несправності системи уприскування палива двигунів «Mono-Jetronic»: x_1 – несправність регулятора тиску; x_2 – несправність блоку управління; x_3 – несправність датчика положення дросельної заслінки; x_4 – несправність датчика температури охолоджуючої рідини; x_5 – підсмоктування повітря в системі; x_6 – несправності паливної системи; x_7 – негерметичність центральної форсунки уприскування; x_8 – несправність електросервопривода дросельної заслінки; x_9 – несправність кисневого датчика; x_{10} – несправність дросельної заслінки.

Також в матриці (див. табл. 1) вводимо ознаки вище вказаних несправностей: S_1 – холодний двигун не запускається або важко запускається; S_2 – прогрітий двигун не запускається або важко запускається; S_3 – двигун запускається і глухне; S_4 – нестійка робота двигуна на холостому ході; S_5 – двигун працює з перебоями при розгоні; S_6 – двигун працює з перебоями при постійній частоті обертання; S_7 – двигун не розвиває номінальної потужності; S_8 – зворотні спалахи в випускному колекторі; S_9 – підвищена витрата палива.

Як видно з табл. 1, кожна несправність характеризується певною комбінацією значень її ознак, які можуть приймати два умовних значення «0» і «1».

На перетині i -го рядка і j -го стовпця ставиться «1», якщо при наявності i -ої несправності спостерігається вихід j -ої ознаки з області її допустимих значень, в протилежному випадку ставиться «0».

Для синтезу такої матриці необхідно нескінченну кількість технічних станів об'єкта замінити кінцевою множиною технічних станів, кожне з яких пов'язано з певною несправністю (або їх комбінацією) або з працездатним станом (рис. 2) [3, 4].

Таблиця 1 – Матриця діагностування системи уприскування палива двигунів «Mono-Jetronic»

Несправність ь	Ознака несправності								
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
x_1	1	1	0	0	0	0	0	1	0
x_2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
x_3	1	1	1	0	0	1	1	0	0
x_4	1	1	0	1	1	0	0	0	1
x_5	1	1	0	0	0	0	1	0	0
x_6	1	1	0	0	1	0	1	0	0
x_7	0	1	0	0	1	0	0	0	0
x_8	0	0	1	1	0	0	0	0	0
x_9	0	0	1	0	1	0	1	1	1
x_{10}	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Таке перетворення може бути записано у вигляді

$$\{x_i\}_\kappa = F_x \{x_i\}, \quad (4)$$

де $\{x_i\}$ - множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може приймати в загальному випадку нескінченну кількість значень;

$\{x_i\}_\kappa$ - кінцева множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може приймати лише два умовних значення «0» і «1», які відповідають відсутності та наявності i -ої несправності;

$i = 1, 2, \dots, m$;

F_x - оператор, який перетворює кількість $\{x_i\}$ в кількість $\{x_i\}_\kappa$ наступним чином: для будь-якого i -го параметру x_i присвоюється значення «0», якщо величина лежить в області допустимих значень, в протилежному випадку присвоюється значення «1».

Перетворення нескінченної кількості значень параметрів вихідних процесів в кінцеву кількість значень діагностичних параметрів може бути записано у вигляді

$$\{s_j\}_\kappa = F_s \{s_j\}, \quad (5)$$

де $\{s_j\}$ - кількість ознак вихідних процесів, кожна з яких може приймати в загальному випадку нескінченну кількість значень в певному інтервалі;

$\{s_j\}_\kappa$ - кінцева кількість діагностичних ознак, кожна з яких може приймати тільки два умовних значення «0» і «1»;

$j = 1, 2, \dots, n$;

F_s - оператор, що перетворює кількість $\{s_j\}$ в кількість $\{s_j\}_\kappa$ наступним чином: будь-якій j -ій ознаці s_j присвоюється умовне значення «0», якщо величина лежить в області значень, що відповідають справному стану об'єкта діагностування, в протилежному випадку присвоюється значення «1».

В результаті проведених перетворень отримано два кінцевих значення $\{x_i\}_\kappa$ і $\{s_j\}_\kappa$, елементи яких певним чином пов'язані один з одним.

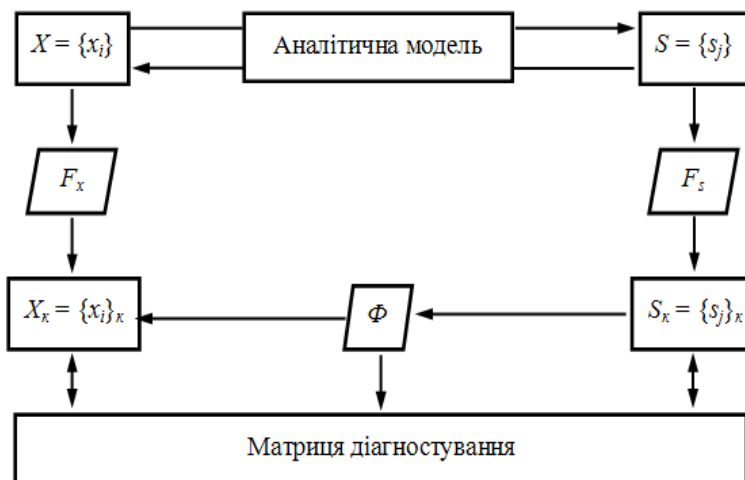


Рисунок 2 – Блок-схема синтезу матриці діагностування:

$X = \{x_i\}$ - нескінченна кількість технічних станів об'єкта;

$X_\kappa = \{x_i\}_\kappa$ - кінцева кількість технічних станів;

$S = \{s_j\}$ - нескінченна множина ознак технічних станів об'єкта;

$S_\kappa = \{s_j\}_\kappa$ - кінцева множина ознак технічних станів об'єкта

F_x - оператор, перетворюючий кількість $\{x_i\}$ в кількість $\{x_i\}_\kappa$;

F_s - оператор, що перетворює кількість $\{s_j\}$ в кількість $\{s_j\}_\kappa$;

Φ - оператор, що перетворює кількість технічних станів об'єкта в кількість діагностичних параметрів

У загальному вигляді цей зв'язок може бути виражений у вигляді

$$\{s_j\}_\kappa = \Phi\{x_i\}_\kappa \quad (6)$$

де Φ - оператор, що перетворює кількість технічних станів об'єкта в кількість діагностичних параметрів.

Перетворення (6) відображає функціонування будь-якого технічного об'єкта як перетворювача кількості структурних параметрів у кількість діагностичних параметрів і є модифікацією моделі (1).

Перетворення (6) можна розгорнути за допомогою системи (3).

Система рівнянь (3) пов'язує кожну ознаку несправності S_j з усіма структурними параметрами об'єкта діагностування, що відображає зв'язки між структурними параметрами і діагностичними сигналами.

Матриця діагностування, як модель об'єкта діагностування, показує, що вона є по суті справи табличною формою запису системи рівнянь (1).

Параметр S_1 в матриці діагностування системи уприскування палива «Mono-Jetronic» можна розглядати як двозначну булеву функцію, яка залежить від аргументів $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$. Булева функція залежить від аргумента x_1 , якщо має місце співвідношення

$$\varphi(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 0, x_{i+1}, \dots, x_m) \neq \varphi(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, 1, x_{i+1}, \dots, x_m)$$

Як впливає з цього визначення та табл. 1, S_1 істотно залежить тільки від $x_1, x_4, x_5, x_{11}, x_{12}$.

Залежність $S_1 = \varphi_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ виражається в даному випадку в вигляді функції логічного додавання (диз'юнкція):

$$S_1 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6.$$

Відповідний аналіз інших ознак несправностей дозволяє записати систему рівнянь (3) для даної матриці діагностування системи уприскування палива «Mono-Jetronic» у вигляді:

$$\begin{cases} S_1 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6; & S_4 = x_4 + x_8; & S_7 = x_3 + x_5 + x_6 + x_9 + x_{10}; \\ S_2 = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7; & S_5 = x_6 + x_7 + x_9; & S_8 = x_1 + x_9; \\ S_3 = x_3 + x_8 + x_9; & S_6 = x_3; & S_9 = x_3 + x_4 + x_9. \end{cases} \quad (7)$$

Всі послідовні перетворення, що призводять до синтезу моделі об'єкта діагностування у вигляді діагностичної матриці, наочно представлені на блок-схемі (див. рис. 2). У тому випадку, коли модель об'єкта діагностування представлена у вигляді діагностичної матриці, діагностична задача формується наступним чином.

За даними ознаками несправностей S_1, S_2, \dots, S_n отриманими при діагностичному обстеженні, потрібно визначити несправності x_1, x_2, \dots, x_m в момент перевірки, якщо відомі функціональні залежності між діагностичними параметрами і всіма структурними параметрами, що задані у вигляді діагностичної матриці або системи рівнянь типу (7). Кожен структурний параметр і кожен діагностичний параметр приймає тільки два значення: «0» і «1».

Очевидно що для вирішення діагностичної задачі необхідне зворотне перетворення кількості діагностичних параметрів в кількість структурних параметрів, тому що при постановці діагнозу відомими є саме значення діагностичних параметрів.

У загальному вигляді зворотне перетворення можна представити виразом

$$\{x_i\}_k = \Phi^{-1}\{s_j\}_k,$$

або в розгорнутому вигляді

$$\begin{cases} x_1 = f_1(S_1, S_2, \dots, S_n) \\ x_2 = f_2(S_1, S_2, \dots, S_n) \\ x_m = f_m(S_1, S_2, \dots, S_n) \end{cases} \quad (8)$$

Вид функцій f_m неважко встановити в кожному конкретному випадку на основі наступних міркувань.

У діагностичній матриці (див. табл. 1) розглянемо окремо один із стовбців, наприклад, перший. З матриці видно, що наявність несправності x_1 викликає одночасно вихід трьох її ознак S_1, S_2 та S_8 з області їх допустимих значень. Значення інших діагностичних параметрів при наявності тільки несправності x_1 залишаються в межах норми. Значить x_1 є булевою функцією, в даному випадку кон'юнкція (або функцією логічного множення):

$$x_1 = S_1 S_2 S_8.$$

Відповідний аналіз всіх інших стовпців розглянутої матриці дозволяє зворотне перетворення (3) записати в вигляді системи булевих функцій:

$$\begin{cases} x_1 = S_1 S_2 S_8; & x_3 = S_1 S_2 S_3 S_6 S_7 S_9; & x_5 = S_1 S_2 S_7; & x_7 = S_2 S_5; & x_9 = S_3 S_5 S_8 S_9; \\ x_2 = S_1 S_2; & x_4 = S_1 S_2 S_4 S_9; & x_6 = S_1 S_2 S_5 S_7; & x_8 = S_3 S_4; & x_{10} = S_7. \end{cases} \quad (9)$$

Як видно з цього прикладу, процес постановки діагнозу на основі моделі об'єкта діагностування, вираженої у вигляді діагностичної матриці, складається з наступних етапів:

- шляхом відповідних вимірювань і перетворень (5) встановлюються ознаки всіх несправностей S_1, S_2, \dots, S_n ;

- значення діагностичних параметрів підставляються в систему булевих функцій (8);

- обчислюються значення всіх мулевих функцій несправностей x_i ($i = 1, 2, \dots, m$) причому якщо $x_i = 1$, то в об'єкті є i -та несправність.

Виходячи з того, що об'єкт діагностування є працездатним лише у випадку відсутності всіх несправностей, то функція його робоздатності набуде вигляду:

$$F_p = \overline{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{10}}. \quad (10)$$

Повертаючись до блок-схеми синтезу матриці діагностування (див. рис. 2), можна сформулювати в загальному вигляді умову здійснення діагностування наступним чином: для здійснення діагностування достатньо, щоб зворотне перетворення кількості ознак несправностей у кількість структурних параметрів (несправностей) об'єкта було однозначним.

Якщо при синтезі діагностичної матриці не виконана ця умова і в системі (8) є дві або більше рівних функцій, то перелік діагностичних параметрів необхідно доповнити новим параметром, який увійшов би в якості додаткового аргументу тільки в одну з розглянутих рівних функцій.

Висновок. Розроблена математична модель автоматизації процесу діагностування системи уприскування палива двигунів «Mono-Jetronic» дозволить виявляти її несправності в залежності від їх ознак, що значно підвищить термін експлуатації паливної системи і системи запалювання.

Література

1. Малкин В. С. Техническая диагностика / В. С. Малкин. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 272 с.

2. Ананьин А. Д. Диагностика и техническое обслуживание машин / А. Д. Ананьин, В. М. Михлин, И. И. Габитов. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 432 с.

3. Сырбаков А. П. Диагностика и техническое обслуживание / А. П. Сырбаков. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 220 с.

4. Яхьяев Н. Я. Основы теории надежности и диагностика / Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. — М.: Издательский центр «Академия», 2009. — 256 с.

5. Мирошников Л. В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л. В. Мирошников, А. П. Болдин, В. И. Пал. — М.: Транспорт, 1977. — 263 с.

6. Барановський В. М. Математична модель діагностування системи уприскування палива «Mono-Jetronic» / В. М. Барановський, А. В. Спирін, В. Й. Зелінський, В. С. Наляжний // Вісник машинобудування та транспорту. — 2018. — Вип. 1 (7). — С. 10-17.

7. Лудченко О.А. *Технічне обслуговування і ремонт автомобілів* / О.А. Лудченко. — К.: Знання, 2003. — 511 с.

Булгаков Микола Петрович, к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія npbulgakov2@gmail.com

Сатулов Анатолій Іванович, ст. викладач, Херсонська державна морська академія satulov.anatolij@ksma.ks.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ МАСЛА ЗАСТОСУВАННЯМ ПОРОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Розвиток двигунобудування й нафтохімії висуває нові вимоги до сучасних маслоочисників у двигунах внутрішнього згорання. Форсування дизелів по наддуву й частоті обертання, використання в підшипниках тонкостінних вкладишів, зниження маслообміну масла з одночасним збільшенням строку його служби, застосування моторних масел з високими диспергуючими властивостями – от ті умови, у яких треба працювати засобам очищення.

Більшість використовуваних на морському флоті швидкохідних та середнеоборотних дизелів має застарілі системи маслоочистки. Так, наприклад, більш 82 % усього парку допоміжних суднових дизелів оснащені тільки фільтрами грубого очищення. На інші ж, крім зазначених, установлені ще фільтри тонкого очищення, в основному, застарілих конструкцій.

Тільки окремі двигуни мають цілком сучасні фільтруючі установки з можливістю самоочистки або зі змінними елементами з волокнистих поверхневих і об'ємних фільтрувальних матеріалів.

Повнопоточна система тонкого очищення масла має наступну особливість: через фільтр, встановлений у нагнітальній магістралі системи мащення перед маслоохолоджувачем, проходить увесь потік масла, що йде на змащення деталей дизеля. Вихідна тонкість відсівання застосовуваних фільтрувальних матеріалів зазвичай становить 15...40 мкм. Це значить, що в пари тертя частки, з розмірами вище зазначених, практично не попадають. За кордоном така система очищення одержала найбільш широке поширення – більш 14 фірм, що випускають тронкові дизелі різного, у тому числі й суднового, призначення, використовують повнопоточні фільтри тонкого очищення масла (ПФТО). Спеціалізоване виробництво елементів таких фільтрів