

УДК 621.113

Кукурудзяк Ю.Ю., к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту
Вінницького національного технічного університету

Добровольський О.Л., асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту
Вінницького національного технічного університету

АЛЬТЕРНАТИВНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ

Анотація.

В статті приведений короткий аналіз можливостей впровадження існуючих методів та засобів діагностування автомобілів для оперативного моніторингу їх технічного стану. Пропонується застосування методів інтелектуального діагностування на прикладі визначення технічного стану підвіски автомобіля.

Технічна діагностика як окрема наука охоплює теоретичні основи, методи, засоби та алгоритми визначення технічного стану об'єкту діагностування (ОД) і визначає ряд основних понять. Технічний стан – це стан який характеризується значеннями параметрів, що встановлені технічною документацією на ОД для визначених умов та у визначений момент часу. Діагностування – це процес визначення технічного стану ОД без його розбирання. Контроль технічного стану – це процес визначення виду технічного стану ОД. Результатом контролю технічного стану є висновок про його вид – справний, роботоздатний або несправний. Результатом діагностування є висновок про вид технічного стану з зазначенням місця, виду і причини несправності.

Основні поняття технічної діагностики лежать в основі діючої на сьогоднішній день планово-попереджувальної системи ТО і ремонту автомобілів [1]. Дана система, як стратегія технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) "за напрацюванням", передбачає періодичне діагностування автомобілів. Для впровадження більш досконалої і альтернативної стратегії ТЕА "за станом" виникає необхідність в постійній оперативній інформації про технічний стан ОД. Цей процес має назву моніторинг технічного стану. Така інформація може бути отримана наступними способами: 1) – шляхом постійного зчитування даних штатної електронної системи бортової діагностики сучасного автомобіля (OBD); 2) – застосуванням додаткових вмонтованих засобів моніторингу технічного стану; 3) – застосуванням недорогих засобів експрес-діагностування, яке повинно виконуватись з короткими інтервалами (можливо щоденно) і характеризуватись малою трудомісткістю.

Дуже важливою умовою ефективного моніторингу є вибір найбільш раціональних методів отримання інформації про технічний стан окремих елементів автомобіля та впровадження

сучасних технологій обробки цієї інформації (рис. 1).

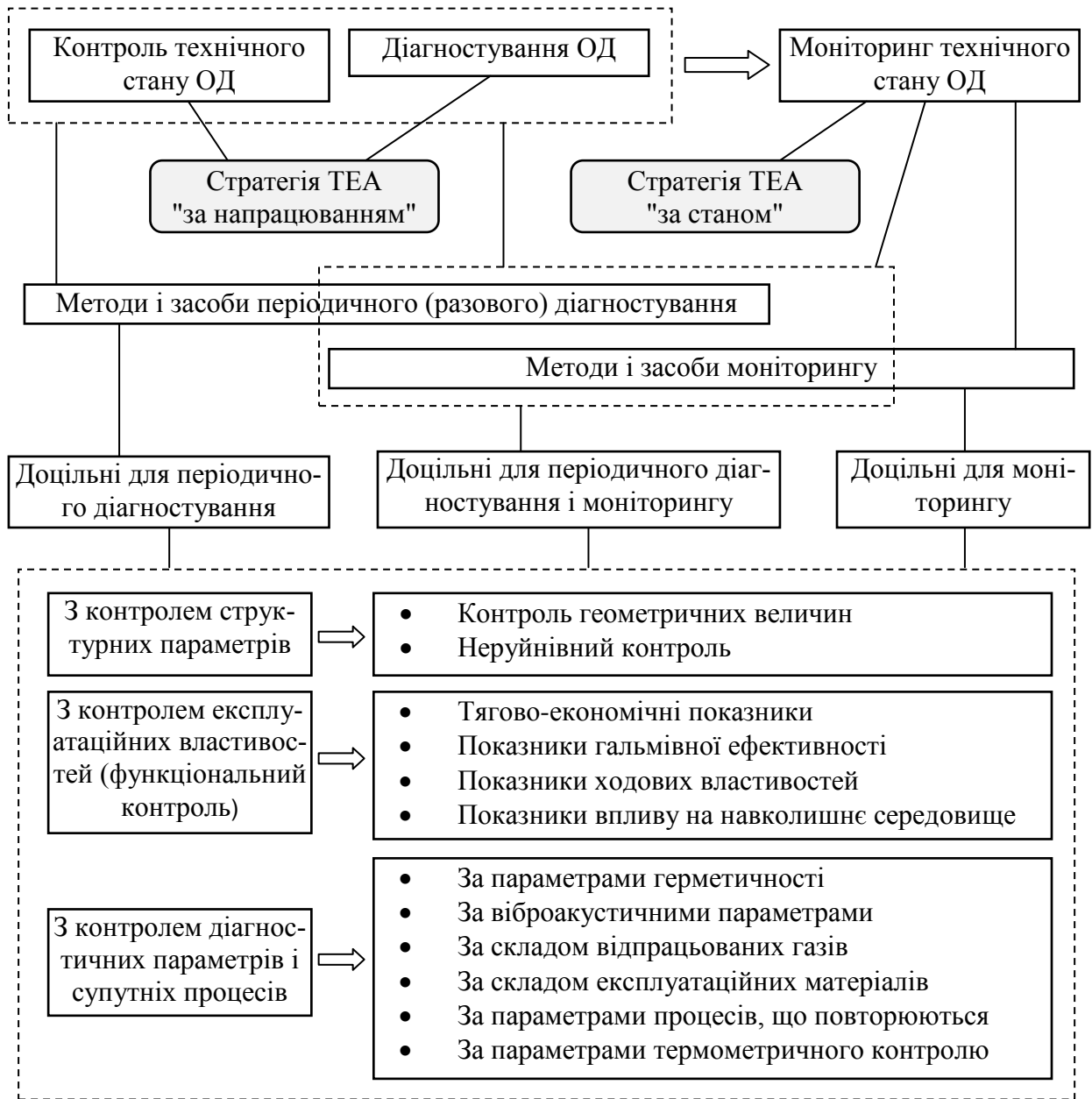


Рис. 1 – Методи діагностування та моніторингу технічного стану

Вибір тих чи інших методів визначення технічного стану повинен ґрунтуватись на доцільності їх застосування. Періодичне діагностування в діючій системі ТО і ремонту автомобілів передбачає виконання діагностичних робіт на підприємствах в спеціально обладнаних зонах діагностики.

Сучасна тенденція збільшення кількості підприємств, що надають послуги пасажирських та вантажних перевезень на Україні і зменшення їх розмірів, значно ускладнила процес контролю технічного стану автомобілів, організацію вчасного та якісного виконання робіт з їх технічного обслуговування і ремонту. На малих підприємствах економічно не доцільно ви-

конувати і не можливо технічно забезпечити повний комплекс робіт з підтримання автомобілів в технічно справному стані.

Виходячи з цього досить гостро стає проблема впровадження нових методів і засобів постійного контролю технічного стану (моніторингу) автомобілів, які можуть забезпечити достатню інформативність та достовірність і при цьому вартість засобів та витрати на сам процес моніторингу повинні бути доступними. Методи діагностування які потребують застосування дорогих діагностичних стендів (тягових, гальмівних, мотор-тестерів та ін.) не доцільно використовувати для моніторингу на невеликих підприємствах. Більшість існуючих параметричних методів діагностування (рис. 1) можуть дати бажаний результат і вони можуть здійснюватись із застосуванням недорогого обладнання. Але, як правило, такі методи потребують разових технічних втручань з порівняно великими затратами часу, що не задовольняє вимог ефективного моніторингу і при впровадженні у стратегію ТЕА "за станом" можуть бути застосовані тільки частково.

Для створення постійного потоку діагностичної інформації в сучасних автомобілях з електронними системами керування можуть використовуватись значення параметрів, які контролюються бортовою системою діагностики (OBD). Діючий стандарт OBD-II характеризує в основному технічний стан екологічних систем та систем безпеки автомобіля. Стосовно автомобільного двигуна дана система передбачає монітори каталітичного нейтралізатора, кисневих датчиків, пропусків іскроутворення, системи впорскування бензину, рециркуляції відпрацьованих газів та ін. Це досить цінна інформація, але вона не достатня для повної характеристики технічного стану двигуна.

Перелічені вище методи і засоби отримання інформації про технічний стан автомобіля в умовах оперативного моніторингу можуть повністю задовольнити потребу в оперативній діагностичній інформації для деяких визначених систем автомобіля, але для інших систем такої інформації недостатньо. В такому разі, як альтернативні, можна пропонувати методи інтелектуальної діагностики, які здатні: по-перше – в умовах обмеженої інформації знаходити оптимальне рішення, по-друге – самонавчатись і поповнювати базу знань в процесі експлуатації.

Наприклад, для моніторингу стану підвіски, а саме значень кутів встановлення керованих коліс, які можуть бути індикатором зміни її стану [2] пропонується застосувати метод нечіткого логічного виведення із застосуванням нескладного діагностичного приладу – площадкового стенда [3], за допомогою якого можна проводити експрес діагностику стану підвіски, контролювати зміну діагностичних параметрів та поповнювати базу знань. При цьому за критерій справності підвіски автомобіля приймаються енергетичні втрати на тертя в плямі контакту та на гістерезис в шині. Таким чином визначником даної системи являється втрата

енергії в плямі контакту (ΔE) тобто робота сили тертя та гістерезис в шині (A). Виходячи з цього систему можна записати в вигляді:

$$A = \Delta E = \begin{vmatrix} P_w \\ \varepsilon \\ a \end{vmatrix} \quad (1)$$

Стан системи визначається точкою з координатами (P_w, a, ε) в багатомірному лінійному просторі [2] і може представлятися радіус-вектором \vec{r}_0

$$|\vec{r}_0| = \sqrt{P_{w0}^2 + \varepsilon_0^2 + a_0^2} \quad (2)$$

Координати (P_w, a, ε) визначаються на еталонному автомобілі з вірно встановленими кутами встановлення керованих коліс. При діагностуванні можливе відхилення координат і відповідно довжини радіус-вектора \vec{r} , тоді стан системи буде визначатися координатами $(P_{w1}, a_1, \varepsilon_1)$ і його положення буде визначатися вектором \vec{r}_1 . Зміна положення радіус-вектора буде характеризуватися зміною стану системи за час між замірами і являється даними для поповнення бази знань.

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_0 \quad \text{або} \quad \Delta E = \sqrt{(P_{w1} - P_{w0})^2 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0)^2 + (a_1 - a_0)^2} \quad (3)$$

Враховуючи, що автомобілі експлуатуються з різними типами шин, то положення радіус-вектора для них буде різним, і тому необхідний індивідуальний підхід до кожного автомобіля з урахуванням його стану, встановлених шин та міри їх зношення, що має відобразитися в базі знань.

Таким чином аналізуючи еталонні значення діагностичних параметрів та отримані при моніторингу системи можна судити про стан підвіски в цілому. Якщо значення при моніторингу виходять за межі допуску, то вважається, що система знаходиться в критичній зоні.

Моніторинг та збір даних для навчання експертної системи здійснюється методом моделювання багатомірних залежностей. Цей метод використовується для опису процесів нечіткими базами знань призначеними для формалізації причинно-наслідкових зв'язків між змінними «вхід-вихід», які характеризують ту або іншу конкретну залежність.

Нечіткі бази знань втілюють у собі опис цих зв'язків природньою мовою із застосуванням теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних.

Відповідно до даного методу, побудова системи здійснюється у два етапи, які аналогічні етапам структурної й параметричної ідентифікації, характерним для класичних методів [4]. На першому етапі здійснюється формування і грубе настроювання системи шляхом побудови бази знань по отриманій експертній інформації, що є традиційним для технології нечітких експертних систем. Грубе настроювання ваг правил і форм функцій приналежності можна здійснювати за допомогою методу парних порівнянь Сааті. На другому етапі

здійснюється тонке настроювання нечіткої моделі шляхом її навчання за допомогою даних отриманих при моніторингу. Суть тонкого настроювання полягає в доборі таких вагових коефіцієнтів правил «ЯКЩО-ТО» і таких параметрів функцій приналежності, при яких би мінімізувалась відмінність між вхідними і вихідними параметрами об'єкта.

На етапі ідентифікації системи доцільно використати узагальнений елемент логічного виводу [4]. Цей елемент описує залежність яка показує зв'язок між причинами (факторами) x_i ($i = \overline{1, n}$) і наслідком y в вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4)$$

Згідно з залежністю (4) нашу систему можна подати у вигляді залежності:

$$A = f(P_w, \varepsilon, a), \quad (5)$$

або у вигляді дерева вершинами якого є фактори впливу (рис. 2).

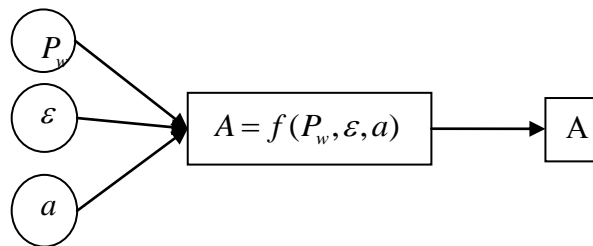


Рис. 2. Структура моделі визначення роботи тертя в контактї шини

Фактори впливу у рівнянні 2 будемо розглядати як лінгвістичні змінні, що задані на відповідних універсальних множинах і оцінюються нечіткими термами. Для цього представимо отриману модель у вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань).

$$\begin{aligned}
 & \text{ЯКЩО} \left[(x_1 = X_1^{j1}) I (x_2 = X_2^{j1}) I \dots (x_n = X_n^{j1}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{j1}) \\
 & \text{АБО} \left[(x_1 = X_1^{j2}) I (x_2 = X_2^{j2}) I \dots (x_n = X_n^{j2}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{j2}) \dots \\
 & \text{АБО} \left[(x_1 = X_1^{jk_j}) I (x_2 = X_2^{jk_j}) I \dots (x_n = X_n^{jk_j}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{jk_j}), \\
 & \text{ТО} \quad y = Y_j, \quad j = \overline{1, m},
 \end{aligned} \quad (6)$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j -го рівня вихідної змінної y ;

m – кількість термів для оцінки змінної y ;

X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_i в p -му ряду матриці знань, що відповідає терму Y_j , $p = \overline{1, k_j}$;

K_j – кількість рядків, що відповідають терму Y_j ;

a_{jp} – вага експертного правила з номером jp ;

Виходячи з вищесказаного задача визначення енергетичних втрат в плямі контакту шини з опорною поверхнею полягає в тому, щоб для кожної комбінації значень вхідних параметрів (факторів) поставити у відповідність одне з рішень A_j , $j = \overline{1, 3}$, а потім дефазифікувати його. Для цього необхідно побудувати експертну базу знань, яка пов'язує фактори впливу з об'єктом моніторингу. Навчання системи для прийняття адекватного рішення полягає в підборі таких значень параметрів налаштування b і c , які б давали мінімальне розходження прийнятих рішень з еталонними значеннями. Для цього за допомогою узагальненої моделі визначаються функції належності змінної x до довільного нечіткого терму T :

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (7)$$

де b і c – параметри налаштування, які мають наступну інтерпретацію:

c – координата максимуму функції, $\mu^T(x) = 1$; c – коефіцієнт концентрації функції.

Таким чином, знаючи діапазони зміни усіх факторів впливу, підбираються попередні значення параметрів налаштування функцій належності b і c наступним чином: на основі обраних вхідних даних діапазони зміни кожного фактору ділимо на відповідну кількість термів, середини отриманих відрізків будуть значеннями параметра b ; параметр c вибираємо з урахуванням розмірності факторів та з урахуванням ваги кожного правила заданого в системі. База знань набирається поступово для кожного автомобіля, який існує на підприємстві. Перетворення нечіткого рішення у чітку форму (дефазифікація) відбувається за принципом «центру ваги» [5]. Після цього отримуємо експертну систему з навчальною базою, яка дозволить в будь-який момент часу зробити висновок про технічний стан об'єкту діагностування та прогнозувати його залишковий ресурс.

Описані методи оперативного моніторингу та інтелектуального діагностування технічного стану автомобілів можуть розглядатись як такі, що дають можливість встановлення діагностичних висновків в умовах обмеженої інформації, що є необхідним для удосконалення системи технічної експлуатації автомобілів.

Список літератури

1. Аринин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей. – Ростов на Дону: Феникс, 2004. – 320 с.
2. Ребедайло В. М. Діагностика зміни технічного стану підвіски автомобіля / В. М. Ребедайло, О. Л. Добровольський // Збірник наукових праць ВДАУ. – 2005. – Вип. 23. – С. 137–142.
3. Добровольський О. Л. Аналіз конструкцій стендів та методів для випробування шин / О. Л. Добровольський // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – 2010. – № 28. – С. 188–194.
4. Методы и системы принятия решений. Системы, основанные на знаниях / под ред. А. Н. Борисова. – Рига : РПИ, 1989. – 175 с.
5. Rotshtein A. P., Katelnikov D. I., Design and Tuning of Fuzzy If–Then Rules for Automatic Classification / A. P. Rotshtein, D. I. Katelnikov // Proc. International Conf. «Annual Meeting of North American Fuzzy Information Processing Society. – NAFIPS '98». – Tampa (USA). – 1998. – P. 50–55.

Аннотация

В статье приведен краткий анализ возможностей внедрения существующих методов и средств диагностирования автомобилей для оперативного мониторинга их технического состояния. Предлагается применение методов интеллектуального диагностирования на примере определения технического состояния подвески автомобиля.

Summary

The article is a brief analysis of the possibility of existing methods implementation and means of diagnosing vehicle monitoring for their technical condition. Proposed the use of predictive diagnosis for example, identify the technical condition of the vehicle suspension.