

## Методика оцінки та вибору діагностичних параметрів будівельних машин

Сергій Долгополов, магістр<sup>1</sup> (ORCID: 0009-0004-2352-391X),  
Микола Ручинський, професор, к.т.н., професор<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-9362-292X)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

Була розглянута методика оцінки та вибору діагностичних параметрів будівельних машин. Було доведено, що діагностичні параметри повинні визначати з багатьох симптомів ті, які належать вузлу, що нас цікавить чи елементу машини, мати певну стійкість при зміні зовнішніх умов і режимів роботи об'єкту, нести найбільшу інформацію про стан об'єкта, що діагностується.

*Ключові слова:* діагностика, діагностичні параметри, будівельні машини, технічний стан.

### 1. ВСТУП

До параметрів, які застосовуються в якості діагностичних, пред'являється ряд специфічних вимог. Так Н.А. Білякович [1] приводить наступні вимоги, яким вони повинні відповідати: однозначність, широта поля виміру, доступність і простота вимірювання.

К.О. Келер [2] вказує, що крім цих властивостей, діагностичні параметри повинні заключати в себе можливо більшу інформацію про технічний стан механізму. Інформаційну здатність ознаки він пропонує оцінювати відносно його вимірювання при вимірюванні параметра технічного стану механізму за той самий період. В якості показника інформаційної здатності повинно служити відношення приросту признаку до приросту параметра, що перевіряється.

### 2. ЦІЛІ І ЗАВДАННЯ ДІАГНОСТИКИ

В роботах [1,2] вказується, що для забезпечення достовірності, економічності і стабільності результатів діагностичні параметри повинні відповідати вимогам однозначності, відтворення, чутливості чи інформативності.

Відповідно вимог, сформовані в роботі [3] діагностичні параметри повинні:

- визначати з багатьох симптомів ті, які належать вузлу, що нас цікавить чи елементу машини;
- мати певну стійкість при зміні зовнішніх умов і режимів роботи об'єкту;
- нести найбільшу інформацію про стан об'єкта, що діагностується.

Як правило, діагностичні параметри рідко бувають однозначними, частіше всього одні й ті ж зміни вихідних параметрів викликаються різними змінами технічного стану, іноді навіть різних систем двигуна [1]. Очевидно, це одна з причин того, що в даний час розроблено багато різних методів діагностування автомобільних двигунів по окремим параметрам або по поєднанню декількох параметрів. Хоч більшість з них можуть дати відповідь лише на обмежену кількість відповідей. Тому при комплексній оцінці технічного стану двигуна необхідно виконувати багато різних перевірок і контрольних вимірів, щоб отримати діагностичну інформацію про місце. Характері і причині несправності, яка є в двигуні.

Суттєво, що одну й ту ж перевірку можна здійснити декількома методами, контролюючи різні параметри. В той же час контролюючи один і той же параметр можна здійснити ряд перевірок.

В зв'язку з цим виникає необхідність вибору таких діагностичних параметрів, які забезпечили б умови для контролю і пошуку несправностей ДВЗ. Об'єктивний вибір таких параметрів вимагає створення спеціальної методики.

Крім цих задач технічного діагностування, при діагностуванні ДВЗ є свої специфічні. Вони заключаються в необхідності комплексної оцінки різних діагностичних параметрів ДВЗ, визначенні мінімального переліку діагностичних параметрів і вибору оптимальних методів і засобів діагностування.

Для всебічного порівняння різних параметрів ДВЗ нами розроблена спеціальна методика кількісної та якісної оцінки. Яка передбачає оцінку параметрів за допомогою комплексу вимог, які враховуються показники надійності, їх конструктивні та діагностичні особливості. До діагностичних параметрів пред'явити наступні основні вимоги:

- максимальна інформативність і повнота контролю;
- максимальна чутливість;
- однозначність;
- функціональна важливість;
- відтворюваність;

Детальна характеристика всіх вимог приводиться нижче.

Інформативність параметру характеризується кількістю інформації про технічний стан двигуна, яку можна отримати, здійснюючи перевірки по цьому параметру. Вона визначається як сума інформації при вихідну невизначеність двигуна, яка є в окремих перевірках, виконання яких забезпечується при контролі даного параметра [21], більш повну оцінку діагностичних параметрів можна здійснити по повноті контролю, вона також залежить від ймовірності роботи його елементів, але при цьому враховує ще і кількість перевірок, які охоплюються перевіркою. Що пов'язано з конкретною функціональною структурою об'єкту і фізичними взаємозв'язками.

Відповідно теорії інформації:

$$I_z = H_D - H_{z(D)} \quad (1)$$

де  $I_z$  - інформація параметра, що досліджується;  $H_D$  - вихідна невизначеність стану;  $H_{z(D)}$  - невизначеність, що залишається після контролю за допомогою вихідного параметра;  $Z$  - індекс параметра, що досліджується.

Передбачаємо, що в результаті перевірки можливі лише два варіанти – “справний” чи “несправний” і, що ймовірність безвідмовної роботи двигуна дорівнює:

$$P_D = \prod_{i=1}^m P_i, \quad (2)$$

де  $P_i$  – ймовірність безвідмовної роботи  $i$ -го функціонального елемента двигуна;  $m$  – число функціональних елементів, перевірка яких можлива по параметру  $z$ .

Тоді вихідна невизначеність стану двигуна дорівнює:

$$H_D = \prod_{i=1}^m P_i \log_2 \prod_{i=1}^m P_i - \left(1 - \prod_{i=1}^m P_i\right) \log_2 \left(1 - \prod_{i=1}^m P_i\right) \quad (3)$$

а невизначеність, що залишається після перевірки

$$H_{Z(D)} = - \prod_{i=1}^m P_i \cdot H_D^{M_H} \quad (4)$$

Причому

$$H_D^M = - \prod_{i \in M_H} P_i \log_2 \prod_{i \in M_H} P_i - \left(1 - \prod_{i \in M_H} P_i\right) \log_2 \left(1 - \prod_{i \in M_H} P_i\right) \quad (5)$$

де  $M_H$  – підмножина елементів, що перевіряються по даному параметру;  $M_H$  – підмножина елементів, що перевіряються по даному параметру;  $H_D^{M_H}$  – невизначеність, що обумовлюється підмножиною елементів, неперевіраних за допомогою даного параметру.

Із приведеного слідує, що повнота контролю, що забезпечується діагностичним параметром визначається залежністю:

$$V_Z = \frac{J_Z}{H_D} = 1 - \frac{H_{Z(D)}}{H_D} \quad (6)$$

де  $V_Z$  – повнота контролю по параметру, що досліджується.

Максимальна повнота контролю являється одним з основних вимог, що пред'являються до діагностичних параметрів.

В якості показника чутливості діагностичного параметра слід приймати відношення приросту вихідного параметра до приросту структурного параметра.

$$S = dz/dx, \quad (7)$$

де  $S$  – чутливість параметра (метода);  $dz$  – приріст вихідного параметра;  $dx$  – зміна параметрів, які визначають технічний стан об'єкту.

Однак, складність визначення незначних змін в технічному стані об'єкту діагностики і реєстрації відповідних їм значення вихідних параметрів, обумовлюють доцільність застосування в практиці критерію чутливості, параметра який контролюється, що визначається по крайнім значенням.

Чутливість визначається відносною зміною величини параметра який контролюється, при зміні технічного стану двигуна від нормального до несправного.

$$S' = \left| \frac{z_i - z}{z} \right| = \left| \frac{z_i - 1}{z} \right| \quad (8)$$

$S'$  – чутливість параметра (метода);  $Z$  – номінальне значення параметра, який підлягає контролю;  $Z_i$  – значення параметра при наявності несправності в  $i$ -му положенні.

Чутливість визначається при таких умовах, коли це значить, що для кожного параметра необхідно визначити

оптимальний режим діагностування, місце і метод його заміру.

Однозначність діагностичного параметра заключається в тому, що зміни технічного стану  $i$ -го елемента відповідають визначені зміни значення діагностичного параметра, тобто

$$z_i \in R_i; R_i \in S_D, \quad (8)$$

де  $R_i$  – підмножина можливого стану  $i$ -го розміру елемента;  $S_D$  – множина можливих станів об'єкту діагностування.

З другого боку, ця вимога заключається в тому, щоб на протязі змін технічного стану, об'єкту, що діагностується, вихідний параметр однозначно відповідав структурним параметрам, тобто залежність  $z = f(x)$  на цьому інтервалі не мала екстремуму [3,5].

Функціональна важливість параметра заключається в тому, що окремі параметри грають ролі в функціонуванні об'єкту, іноді дуже суттєві. При цьому вони забезпечують в загальному лише незначну повноту контролю і інформативності, вимагають значних витрат для контролю, але являються єдиними джерелами інформації при стан визначеного елемента, без якого характеристика загального стану об'єкту діагностування, була б неповною. Такі параметри включаються в діагностичний комплект як функціонально важливі.

Відтворюваність параметру – це властивість, що заключається в можливості виміру параметра, за допомогою різного обладнання аналогічних результатів на схожих об'єктах, в різних умовах, незалежно від місця і способу їх встановлення і характеру зовнішнього середовища. В якості критерію відтворити слід приймати відносні відхилення параметра, що контролюється, від середнього значення при замірі його з заданою точністю.

### 3. ВИСНОВОК

1. Розглядаючи технічну літературу, було проаналізовано та запропоновано більш зручні та ефективні методи діагностування двигунів будівельних машин.

2. Було розглянуто визначення гранично-допустимого нормативу по сукупності реалізації діагностичного параметру.

3. В результаті аналізу існуючих методик вибору діагностичних параметрів, була запропонована методика вибору діагностичних параметрів для двигунів будівельних машин.

### Список літератури

- [1] Білякович М. О. Діагностування дорожніх машин: навч. посіб. Київ: УМК ВО, 1988. 104 с.
- [2] Келер К. О. Діагностика автомобільного двигуна: навч. посіб. Київ: Вища школа, 1972. 159 с.
- [3] Кулешков Н. Г. Статистичні методи обробки та аналізу експериментальних даних: навч. посіб. Київ: Вища школа, 2002. 257 с.