

УДК 629.11.075

А. П. Поляков, д. т. н., проф.;

Г. О. Лебедева;

О. М. Плахотник, асп.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДІАГНОСТИКИ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

*Розглянуто питання визначення технічного стану автомобіля за комплексом діагностичних параметрів. Викладено методику визначення ефективності застосування діагностики в технічній експлуатації автомобілів.*

### Вступ

З досвіду технічної діагностики автомобілів відомо, що оцінка їх технічної справності, зазвичай, ставиться не за однією, а за декількома ознаками. Це пояснюється тим, що зміна одного структурного параметра механізму автомобіля може супроводжуватися змінами одразу декількох діагностичних параметрів, які, в свою чергу, пов'язані з іншими структурними параметрами. Так різні поєднання тих самих діагностичних ознак відповідають різним несправностям, тобто різним технічним станам об'єкта. Постановка діагнозу при цьому суттєво ускладнюється, і полягає у виявленні найімовірнішого стану об'єкта із усієї множини можливих станів.

В практиці діагностування автомобілів задачу розкриття множинних зв'язків між діагностичними і структурними параметрами об'єкта досить часто розв'язують за допомогою діагностичних матриць.

Питання застосування діагностичних матриць для встановлення найбільш ймовірного діагнозу про технічний стан об'єкта висвітлено у низці робіт, зокрема у роботах таких відомих вчених в області експлуатації та діагностики автомобілів, як Мірошникова Л. В., Болдіна А. П., Борца А. Д. та ін. [1, 2, 3].

Так, аналізуючи сукупності діагностичних параметрів автомобіля, визначається його технічний стан. Розробка системи автоматичної діагностики передбачає наявність алгоритму визначення технічного стану автомобіля, на основі якого діє деяка схема з метою одержання достовірної та вичерпної інформації про стан діагностованого об'єкта [4, 5].

### Основна частина

Зі зміною технічного стану автомобіля різним несправностям можуть частково відповідати одні й тіж діагностичні параметри. Наприклад, негерметичність клапана камери поплавця карбюратора ( $D_1$ ) супроводжується: підвищеною витратою палива —  $X_1$ , перегрівом двигуна —  $X_2$ , великим вмістом СО у відпрацьованих газах —  $X_3$ , забрудненням карбюратора —  $X_4$ . Знос паливних жиклерів ( $D_2$ ) супроводжується: підвищеною витратою палива —  $X_1$ , перегрівом двигуна —  $X_2$ , великим вмістом СО у відпрацьованих газах —  $X_3$ . Неправильне регулювання холостого ходу ( $D_3$ ) супроводжується вказаними вище ознаками —  $X_1$  і  $X_3$  та нестійкою роботою двигуна на холостому ході —  $X_5$ . Наявність або відсутність несправностей зручно звести в матрицю, де наявність ознаки позначається через «1», а її відсутність через «0». (табл. 1)

Таблиця 1

**Матриця діагнозів технічного стану автомобіля**

Несправність	Діагностичні параметри				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$D_1$	1	1	1	1	0
$D_2$	1	1	1	0	0
$D_3$	1	0	1	0	1

Відсутність або наявність деякої діагностичної ознаки означає, що діагностичний параметр є меншим або більшим його допустимого значення  $Y_d$ . Контрольовані діагностичні параметри мають випадкове розсіювання через похибки вимірювання, випадкове поєднання режимів роботи різних елементів автомобіля тощо. Тому наявність або відсутність діагностичної ознаки за певного діагнозу  $D_i$  не є достовірною подією, а спостерігається з деякою умовною ймовірністю  $P_{Di}(Y_j)$ .

Спостерігаючи за великою групою автомобілів, можна встановити наскільки часто зустрічаються несправності  $P(D_i)$  і з якою ймовірністю для цих діагнозів зустрічаються прийняті для системи діагностики параметри  $P_{Di}(Y_j)$ .

Результати статистичних досліджень технічного стану автомобіля за вищенаведеним прикладом показані в таблиці 2, в яку, для можливості здобуття ймовірнісних оцінок додано ще один параметр, який створює повну групу подій, діагноз  $D_4$  — всі інші можливі несправності.

Таблиця 2

Результати статистичних досліджень технічного стану автомобіля [6]

Несправність	Ймовірність достовірності визначення діагностичних параметрів					Ймовірність виникнення несправності $P(D_i)$
	$P_{Di}(Y_1)$	$P_{Di}(Y_2)$	$P_{Di}(Y_3)$	$P_{Di}(Y_4)$	$P_{Di}(Y_5)$	
$D_1$	1,0	0,8	0,9	1,0	0,2	0,05
$D_2$	0,9	0,7	0,9	0,0	0,2	0,10
$D_3$	0,6	0,1	0,9	0,1	0,9	0,30
$D_4$	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,55

Наприклад, визначимо технічний стан автомобіля з комплексом таких ознак: двигун витрачає палива більше ніж встановлено експлуатаційною документацією —  $Y_1$ , двигун перегрівається —  $Y_2$ , карбюратор забруднений —  $Y_4$ , решти діагностичних параметрів не спостерігається, тобто

$$Y^* = \{Y_1, Y_2, \tilde{Y}_3, Y_4, \tilde{Y}_5\}. \tag{1}$$

Розрахунок найбільш ймовірного висновку про технічний стан автомобіля можна виконати за відомою в теорії ймовірностей формулі Байеса. Відносно діагностики технічного стану автомобіля формулу Байеса можна записати

$$P_{Y_j}(D_i) = \frac{P(D_i)P_{Di}(Y_j)}{P(Y_j)}, \tag{2}$$

де  $P_{Y_j}(D_i)$  — ймовірність  $D_i$ -го діагнозу під час спостереження  $Y_j$ -го параметра;  $P(D_i)$  — ймовірність  $D_i$ -го діагнозу;  $P_{Di}(Y_j)$  — ймовірність спостереження  $Y_j$ -го параметра з діагнозом  $D_i$ ;  $P(Y_j)$  — ймовірність спостереження  $Y_j$ -го параметра за всіма діагнозами.

Визначаючи технічний стан автомобіля за комплексом ознак, формула матиме аналогічний вигляд, але замість одиничного параметра  $Y_j$  розглядається комплекс параметрів  $Y_j^*$ .

Ймовірність сумісного спостереження незалежних ознак, які складають комплекс діагностичних параметрів, можна виразити перемноженням ймовірності спостереження кожного параметра при даному діагнозі

$$P_{Di}(Y_j^*) = P_{Di}(Y_1)P_{Di}(Y_2)P_{Di}(Y_3) \cdots P_{Di}(Y_n). \tag{3}$$

Якщо в комплексі деякі ознаки відсутні, то підставимо у формулу ймовірність відсутності діагностичного параметра  $P_{Di}(\tilde{Y}_j) = 1 - P_{Di}(Y_j)$ .

Ймовірність спостереження комплексу ознак за всіма діагнозами визначають за формулою повної ймовірності

$$P(Y_j^*) = \sum_1^m P(D_i)P_{Di}(Y_j^*). \tag{4}$$

Використовуючи дані таблиці 2, розрахуємо ймовірність діагнозів для заданого раніше комплексу діагностичних параметрів  $Y^* = \{Y_1, Y_2, \tilde{Y}_3, Y_4, \tilde{Y}_5\}$ .

$$P_{Y^*}(D_1) = \frac{0,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 0,8}{0,05 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,1 \cdot 0,0 \cdot 0,8 + 0,3 \cdot 0,6 \dots + 0,55} = 0,849. \quad (5)$$

$$P_{Y^*}(D_2) = 0. \quad (6)$$

$$P_{Y^*}(D_3) = 0,00477. \quad (7)$$

$$P_{Y^*}(D_4) = 0,146. \quad (8)$$

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що для автомобіля із сукупністю ознак, які відповідають заданому комплексу діагностичних параметрів, найімовірнішим є перший діагноз: негерметичний клапан камери поплавця карбюратора. Практично неймовірним є знос жиклерів, малоймовірно, що у карбюратора не відрегульована система холостого ходу. Якщо перший діагноз не підтвердиться під час перевірки карбюратора, то другим за значущістю буде четвертий діагноз — погана робота двигуна, спричинена чимось іншим.

В реальних системах діагностики такі розрахунки повинні проводитися автоматично. Система діагностики повинна передбачати процес коректування матриці ймовірності в міру накопичення експериментальних даних. З цією метою слід враховувати не тільки інформацію про ймовірність  $P(D_i)$  і  $P_{D_i}(Y_j)$ , але і загальну кількість об'єктів, для яких визначалася ймовірність діагнозів, а також кількість об'єктів  $N_{ij}$  з ознакою  $Y_j$  і діагнозом  $D_i$ .

Якщо надходить новий об'єкт із діагнозом, то корегують попередню апріорну ймовірність

$$P(D_i) = \frac{N_i}{N+1} = \frac{N_i}{N} \frac{N}{N+1} = P(D_i) \frac{N}{N+1}, \quad \text{для } i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ та } i \neq k, \quad (9)$$

$$P(D_i) = \frac{N_k+1}{N+1} = P(D_i) \frac{N}{N+1} + \frac{1}{N+1}, \quad \text{якщо } i = k. \quad (10)$$

Після чого присвоюється нове значення кількості об'єктів  $N = N + 1$ .

Корегування ймовірності ознак проводять таким чином:

якщо ознака у нового об'єкта відсутня

$$P_{Dk}(Y_j) = \frac{n_{kj}}{N_{kj}+1} = \frac{n_{kj}}{N_{kj}} \frac{N_{kj}}{N_{kj}+1} = P_{Dk}(Y_j) \frac{N_{kj}}{N_{kj}+1}; \quad (11)$$

якщо ознака у нового об'єкта присутня

$$P_{Dk}(Y_j) = \frac{n_{kj}+1}{N_{kj}+1} = P_{Dk}(Y_j) \frac{N_{kj}}{N_{kj}+1} + \frac{1}{N_{kj}+1}, \quad (12)$$

де  $N_{kj}$  — загальна кількість об'єктів, за якими розраховувалася ймовірність спостереження ознаки;  $n_{kj}$  — кількість об'єктів, у яких ознака  $Y_j$  спостерігалася.

Таким чином, після діагносування автомобіля і визначення фактичного технічного стану вузла вносяться корективи у діагностичну матрицю.

Залежно від належності автомобіля, його призначення, режимів використання форми технічної експлуатації автомобілів можна звести в три характерні групи:

- автомобілі експлуатуються протягом максимально можливого терміну з виконанням мінімальних обсягів робіт з технічного обслуговування і ремонту, у разі різкого погіршення технічного стану вони капітально ремонтуються або утилізуються (цей метод економічно невиправданий і абсолютно небажаний в аспекті безпеки руху автомобілів);
- встановлюється конкретний пробіг автомобілів, по закінченню якого в плановому порядку проводяться певні обсяги робіт з технічного обслуговування всіх основних систем автомобіля. Такий метод знаходить застосування на крупних автотранспортних підприємствах;
- після певного пробігу в плановому порядку проводяться лише контрольні операції та прості роботи на автомобілі, регульовальні та інші операції технічного обслуговування, так само як і ремонтні роботи, виконуються за потребою на основі результатів контролю [1, 2].

Дві останні форми організації технічної експлуатації автомобіля є практично виправданими. Умову доцільності застосування діагностики в процесі технічної експлуатації автомобіля можна виразити величиною питомих витрат

$$\frac{C_{\text{ВІДМ}}^D Q}{\bar{X}_{\text{ВІДМ}}^D} + \frac{C_{\text{ПР}}(1-Q)}{\bar{X}_{\text{ПР}}} + \frac{C_D}{X_D} \leq \frac{C_{\text{ВІДМ}}}{\bar{X}_{\text{ВІДМ}}} + \frac{C_{\text{ТО}}}{X_{\text{ТО}}}, \quad (13)$$

де  $C_{\text{ВІДМ}}^D$  — середня вартість відмови при застосуванні діагностики;  $C_{\text{ПР}}$  — середня вартість профілактичних робіт;  $C_D$  — вартість діагностичних робіт;  $C_{\text{ВІДМ}}$  — середня вартість відмов при плановій системі технічного обслуговування;  $C_{\text{ТО}}$  — вартість технічного обслуговування;  $\bar{X}_{\text{ВІДМ}}^D$  — середнє напрацювання до відмови за наявності діагностики;  $\bar{X}_{\text{ПР}}$  — середнє напрацювання проведення профілактичних робіт;  $X_D$  — періодичність діагностики;  $\bar{X}_{\text{ВІДМ}}$  — середнє напрацювання до відмови при плановій системі технічного обслуговування;  $X_{\text{ТО}}$  — періодичність технічного обслуговування;  $Q$  — ймовірність відмов автомобіля за наявності діагностики.

Очевидною умовою ефективності діагностики є істотне зниження ймовірності відмов автомобіля а також виключення невиправданих профілактичних робіт, яке досягається при відпрацьованій системі діагностики. Націлюючи діагностику на контроль найважливіших агрегатів і систем автомобіля, можна понизити вартість відмов автомобіля. Перспективним напрямом зниження витрати на діагностику є розробка вбудованої діагностичної системи, що дозволяє проводити контроль без простою автомобіля.

### Висновки

Ефективність діагностики значною мірою залежить від коефіцієнта варіації напрацювання елементів автомобіля до граничного стану. З достатньо стабільними величинами цього напрацювання, можна надійно прогнозувати момент настання відмови і своєчасно проводити планове технічне обслуговування. Якщо відмови можуть відбуватися у випадкові непередбачувані моменти, то роль діагностики істотно зростає, в першу чергу вбудованої системи діагностики, яка забезпечує безперервний контроль стану систем агрегатів, вузлів автомобіля, від яких залежить, перш за все, його працездатність і безпека руху.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мирошников Л. В. Диагностика технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л. В. Мирошников, А. П. Болдин, В. И. Пал. — М.: Транспорт, 1977. — 263 с. с ил.
2. Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Борц, Я. Х. Закин, Иванов. — М.: Транспорт, 1979. — 158 с. с ил.
3. Хасанов Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: [учебное пособие] / Р. Х. Хасанов. — Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. — 193 с.
4. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: [учебное пособие] / И. С. Туревский — М.: ФОРУМ: ИНФРА, 2005. — 432 с. : ил.
5. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / [Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліськевич, О. Л. Мاستікаш, Р. А. Пельо]; за заг. ред. Є. Ю. Форнальчика. — Львів: Афіша, 2004. — 492 с.
6. Організація експлуатації озброєння та військової техніки. — Київ: НАОУ, 1998. — 215 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту

Надійшла до редакції 18.04.08  
Рекомендована до друку 24.04.08

**Поляков Андрій Павлович** — професор, **Плахотник Олена Михайлівна** — аспірантка;

Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**Лебедєва Галина Олександрівна** — старший викладач кафедри опору матеріалів і прикладної механіки.  
Вінницький національний технічний університет