

УДК 629.33/36

А. П. Поляков, д. т. н., проф.;

О. М. Плахотник, асп.

ВИБІР ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЯ ТА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ДОПУСТИМИХ ЗНАЧЕНЬ

Розглянуто методику вибору діагностичних параметрів конструкції автомобіля і наведено приклад визначення допустимого значення певного діагностичного параметра під час експлуатації автомобіля.

Вступ

Інформація про приховані відмови автомобіля дозволяє запобігти передчасному або запізненому його ремонту. Крім того, така інформація дозволяє проконтролювати якість виконання ремонтних, регулювальних і інших операцій технічного обслуговування.

У системі технічного обслуговування і ремонту автомобілів технічна діагностика є важливою ланкою. Її роль зростає з подальшим збільшенням парку автомобілів та кількості їх користувачів, ускладнення конструкції автомобілів і підвищення вимог до їх безпеки та надійності.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування системи технічної діагностики автомобілів за рахунок удосконалення методики вибору його діагностичних параметрів.

Основна частина

Ефективне використання технічної діагностики автомобіля можливе тільки за наявності добре розробленої методології визначення його технічного стану за непрямими ознаками.

Під ознаками стану можна розглядати фізичні явища або процеси, якими характеризується технічний стан автомобіля як складної системи. Ознаки стану можуть бути кількісними, отриманими вимірюваннями, або якісними, отриманими органолептичними методами оцінювання кольору, запаху, блиску, тембру звучання тощо.

Як діагностичні параметри можуть виступати непрямі ознаки, які певним чином пов'язані зі станом об'єкта, оскільки в процесі його діагностики стан оцінюється без розбирання. Для того, щоб діагностичний параметр був інформативним і забезпечував вірогідність діагнозу, необхідно, щоб цей параметр відповідав трьом вимогам: був чутливим, однозначним і стабільним [1, 2].

Стабільність діагностичного параметра визначається шириною поля розсіювання його значень в процесі багатократних вимірювань на об'єктах з однаковим станом. Розбіжність значень параметра може бути виражена середнім квадратичним відхиленням, яке слід розраховувати для свідомо справного і несправного стану об'єкта, що діагностується. Для оцінки стабільності та інформативності діагностичного параметра авторами пропонується використовувати критерій $K(y)$

$$K(y) = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}, \quad (1)$$

де \bar{Y}_1 і \bar{Y}_2 — середні значення діагностичного параметра, σ_1 і σ_2 — середні квадратичні відхилення діагностичного параметра для напевно справного і напевно несправного автомобіля, відповідно.

Чутливий діагностичний параметр може дати істотну відмінність ознак справного і несправного стану діагностованого об'єкта, у т. ч. автомобіля. Якщо при цьому розбіжність значень відносно невелика, то такий діагностичний параметр можна вважати інформативним і стабільним. Таким чином, під час розробки системи діагностування за величиною $K(y_i)$ можна вибрати ознаки, які найкраще підходять як діагностичні параметри.

Після вибору діагностичних параметрів можна вирішити два важливі питання — призначення

періодичності діагностування і вибір допустимого значення діагностичного параметра, досягнувши якого треба проводити профілактичні роботи з відновлення стану автомобіля. Вирішення цих питань є взаємозв'язаним, тому спочатку слід задатися періодичністю діагностування, а потім знайти відповідне допустиме значення діагностичного параметра.

Діагностичний параметр може мати три значення:

- початковий діагностичний параметр Y_i — величина діагностичного параметра, відповідна технічно справному (новому) об'єкту;
- граничний діагностичний параметр Y_G — величина діагностичного параметра, яка відповідає стану об'єкта, коли його експлуатувати далі не можна (відмова) або економічно недоцільно;
- допустимий діагностичний параметр Y_D — величина діагностичного параметра, відповідна стану, коли доцільно провести профілактичні роботи з відновлення об'єкта до початкового стану.

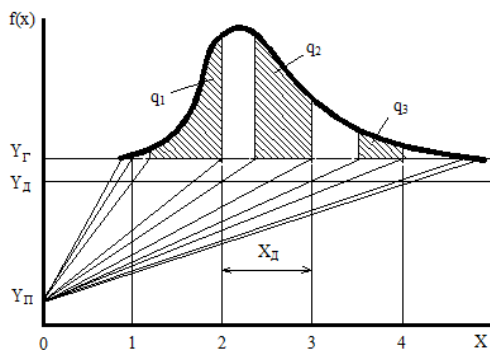


Рис. 1. Залежність стану автомобіля від його напрацювання

Як приклад, розглянемо ідеальний варіант системи діагностування автомобіля, у якому залежність його стану від напрацювання X , а також зв'язок діагностичного параметра зі станом автомобіля є лінійними (рис. 1).

Стан можливої на практиці сукупності об'єктів, і кожного об'єкта окремо, через збіг обставин, може змінюватися з різною інтенсивністю, тому напрацювання до граничного стану об'єкта і відповідного значення Y_G є випадковою величиною. Виразимо величину напрацювання до граничного стану деяким законом розподілу імовірності $f(x)$.

Якщо проводити діагностику з періодичністю X_D за вибраною величиною допустимого діагностичного параметра Y_D , як показано на рис. 1, то частина об'єктів з високою інтенсивністю зміни стану до моменту першої діагностики матиме діагностичний параметр вище Y_D . Ці об'єкти за результатами діагностики можуть бути направлені на профілактичні роботи, а решта залишені для подальшої експлуатації.

Деяка частина об'єктів, що пройшли першу діагностику, можуть відмовити до моменту другої діагностики. Імовірність відмов після першої діагностики q_1 позначається виділеною площею під кривою щільності ймовірностей $f(x)$. Аналогічна ситуація може виникати за другої діагностики (q_2), третьої (q_3) і так далі. За призначеним наперед значенням допустимого діагностичного параметра Y_D загальна імовірність відмов становитиме $Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots$.

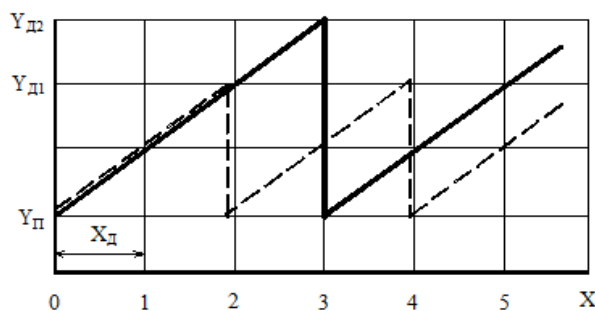


Рис. 2. Залежність діагностичного параметра від періодичності діагностування автомобіля

З графіка, наведеного на рис. 2, випливає, що чим частіше проводитиметься діагностика, тим нижче буде рівень припустимого значення діагностичного параметра і, відповідно, менше ймовірність відмов об'єкта (автомобіля).

Зниження рівня Y_D збільшує кількість діагностичних робіт (див. рис. 2). Наприклад, для Y_{D1} профілактичні роботи проводитимуться через три періоди діагностування, а для Y_{D2} — через два.

Отримані на підставі розглянутого варіанту діагностичної системи висновки в основному правильно відображають зв'язок допустимого діагностичного параметра з періодичністю діагностування, ймовірністю відмов автомобіля, що діагностується, і кількістю профілактичних робіт.

На практиці зв'язок між напрацюванням автомобіля, його станом і величиною діагностичного

параметра часто нелінійна. В цьому випадку величину допустимого діагностичного параметра пропонується знаходити наступним чином.

Використовуючи вибрану діагностичну ознаку, обстежують дві групи автомобілів: напевно справних (діагноз D_1) і напевно несправних (діагноз D_2). Результати контролю через похибки вимірювань і неоднозначність прояву ознаки дефекту на різних автомобілях можна уявити як дві сукупності випадкових величин, які показані на рис. 3 у вигляді двох законів розподілу імовірності.

Вибираючи величину допустимого діагностичного параметра Y_D , матимемо $P_2 = \int_0^{Y_D} f(y/D_2) dy$ — ймовірність того, що несправні автомобілі будуть помилково визнані як справні. В той же час з ймовірністю

$P_1 = \int_{Y_D}^{\infty} f(y/D_1) dy$ справні автомобілі будуть визнані

непридатними і направлені на профілактичні роботи. В обох випадках буде допущена помилка діагностування, яка може спричинити або відмову автомобіля в дорожніх умовах, або марно проведені профілактичні роботи.

Якщо позначити середні витрати, які пов'язані з відмовою автомобіля, — $C_{ВІДМ}$, а витрати на проведення профілактичних робіт — $C_{ПР}$, то середні витрати від помилки діагностування можна знайти як математичне очікування

$$C_{ПОМ} = C_{ПР}P_1 + (C_{ВІДМ} - C_{ПР})P_2. \tag{2}$$

Підставимо вирази визначення імовірностей P_1 і P_2 в формулу (2), отримуємо

$$C_{ПОМ} = C_{ПР} \int_{Y_D}^{\infty} f(y/D_1) dy + (C_{ВІДМ} - C_{ПР}) \int_0^{Y_D} f(y/D_2) dy. \tag{3}$$

Значення допустимого діагностичного параметра Y_D , для якого витрати від помилок діагностування будуть найменшими, можна вважати оптимальним. Мінімум витрат можна знайти з умови

$$\frac{dC_{ПОМ}}{dY_D} = 0. \tag{4}$$

Слід врахувати, що для $y \rightarrow 0$ і $y \rightarrow \infty$ $f(y) \rightarrow 0$. Таким чином

$$\frac{dC_{ПОМ}}{dY_D} = -C_{ПР}f(Y_D/D_1) + (C_{ВІДМ} - C_{ПР})f(Y_D/D_2) = 0. \tag{5}$$

Звідси можна знайти необхідне співвідношення щільності імовірності дійсних значень діагностичного параметра для групи напевно справних і напевно несправних автомобілів, і за цим співвідношенням знайти відповідне значення $Y_D^{ОПТ}$

$$\frac{f(Y_D^{ОПТ}/D_1)}{f(Y_D^{ОПТ}/D_2)} = \frac{C_{ВІДМ} - C_{ПР}}{C_{ПР}}. \tag{6}$$

Отримана формула справедлива для рівної імовірності спостереження діагнозів D_1 і D_2 . Для збудованої діагностики, коли кожен автомобіль має діагностичну систему і з деякою періодичністю автоматично здійснюються діагностичні заходи, несправні автомобілі зустрічатимуться набагато рідше, ніж справні. Для зовнішньої діагностики, навпаки, до послуг діагноста вдаватимуться водії при виникненні підозр щодо несправностей їх автомобіля, тому кількість несправних автомобілів, що проходять діагностику, може виявитися більшою, ніж кількість справних автомобілів.

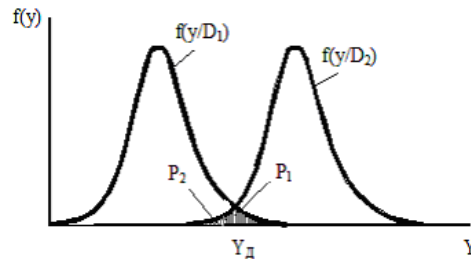


Рис. 3. Залежність щільності ймовірності справного стану автомобіля від діагностичного параметра

З урахуванням ймовірності діагнозів $P(D_1)$ і $P(D_2)$, які в сумі дають одиницю, середні витрати від помилок діагностування складатимуть

$$C_{\text{ПОМ}} = P(D_1)C_{\text{ПР}}P_1 + P(D_2)(C_{\text{ВІДМ}} - C_{\text{ПР}})P_2. \quad (7)$$

Після перетворень остаточно отримаємо

$$\frac{f(Y_D^{\text{ОПТ}}/D_1)}{f(Y_D^{\text{ОПТ}}/D_2)} = \frac{C_{\text{ОТК}} - C_{\text{ПР}}}{C_{\text{ПР}}} \frac{P(D_2)}{P(D_1)}. \quad (8)$$

Ця формула виводилася за умови, що середнє значення діагностичного параметра несправних автомобілів більше за середнє значення діагностичних параметрів справних автомобілів. Якщо параметри поведуться інакше, то формула має відповідним чином трансформуватися.

Таким чином дана формула дозволяє визначити оптимальну величину допустимого значення діагностичного параметра Y_D , коли зв'язок між напрацюванням автомобіля, його станом і величиною діагностичного параметра нелінійний.

Висновки

Показано актуальність розвитку технічної діагностики як важливої ланки системи обслуговування і ремонту автомобілів.

Встановлено, що підвищення ефективності технічної діагностики можливе лише за наявності якісної методології діагностування, яка передбачає, зокрема, призначення правильної періодичності діагностування та вибір оптимального допустимого значення діагностичного параметра. В статті запропоновано критерій вибору такого параметра, а також розроблена методика визначення його допустимого значення. Методика може бути використана для визначення технічного стану автомобіля в процесі його експлуатації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: Учебное пособие. — М.: ФОРУМ: ИНФРА — М, 2005. — 432 с.
2. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / Є. Ю. Форнальчик, М. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш, Р. А. Пельо / За заг. ред. Є. Ю. Форнальчика. — Львів: Афіша, 2004. — 492 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту

Надійшла до редакції 15.12.07
Рекомендована до друку 26.12.07

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

Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет