

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

А.Н. КАРТАШЕВИЧ, д.т.н., профессор (УО БГСХА); Р. ШАДЮЛЬ, д.т.н. (Политехнический институт г. Пила (Польша))

Общие теоретические основы технической диагностики не нашли еще полного применения при динамическом диагностировании. Эксплуатация автотракторной техники по общепринятым стратегиям не дает возможности получения высокой эффективности и высокого качества эксплуатации, потому что возникает необходимость исключать рабочую машину из использования в связи с аварийным состоянием или необходимостью проведения технических обслуживаний, часто преждевременных и не вполне технически и экономически обоснованных. В связи с этим развитие методологических основ и теоретических предпосылок динамического диагностирования является актуальной научной проблемой, решение которой обеспечит повышение надежности сложной и дорогостоящей автотракторной техники.

Принятие решения о состоянии машины во многом обуславливается принятой диагностической моделью. Для моделей регрессионного типа это описывается выражениями (1) – (3).

$$y_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_m, a^*_0, a^*_1, \dots, a^*_k), (1)$$

$$x_m = g_m(y_1, y_2, \dots, y_n, b^*_0, b^*_1, \dots, b^*_l), (2)$$

$$y_i = \varphi_i(y_1, y_2, \dots, y_n, c^*_0, c^*_1, \dots, c^*_p), (3)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – входные параметры (параметры состояния);

$y_1, y_2, \dots, y_n$  – диагностические параметры;

где  $a^*_k, b^*_l, c^*_p$  – коэффициенты уравнений регрессии.

Определение состояния по зависимости (1) базируется на измерении величин диагностических параметров и сравнении с предельными  $x_{gr}$ , которые можно определить после разборки агрегатов и узлов транспортного средства. Предмет диагностирования находится в исправном состоянии  $w^0$ , если соблюдено условие:

$$w_i = w^0 \Leftrightarrow \bigwedge_{\substack{y_n \in Y_0 \\ n=1, \dots, N}} y_{n_{\min}} < y_n < y_{n_{\max}}. (4)$$

Если же предмет диагностирования находится в неисправном состоянии  $w^1$ , то должно выполняться условие (5) и возникновение такой ситуации должно сопровождаться обязательным устранением отказа:

$$w_i = w^1 \Leftrightarrow \bigvee_{\substack{y_n \in Y_0 \\ n=1, \dots, N}} (y_n < y_{n_{\min}}) \cup (y_n > y_{n_{\max}}). (5)$$

Если в качестве исходной принимается диагностическая модель типа (2), то определение состояния объекта должно базироваться на непосредственном измерении величин диагностируемых параметров и вычислении величин параметров состояния. В этом случае определение предельных величин параметров состояния не обязательно, т. к. они, как правило, устанавливаются в процессе проектирования машины.

Решения, касающиеся состояния диагностируемого объекта, определяют следующие зависимости:

$$\bigwedge_{\substack{x_m \in X \\ n=1, \dots, M}} x_{m_{\min}} < x_m < x_{m_{\max}} \Rightarrow (w_i \in w^0), (6)$$

$$\bigvee_{\substack{x_m \in X \\ n=1, \dots, M}} (x_m < x_{m_{\min}}) \cup (x_m > x_{m_{\max}}) \Rightarrow (w_i \in w^1) (7)$$

Возникновение случая

$$(x_m < x_{m_{\min}}) \cup (x_m > x_{m_{\max}})$$

является равнозначным локализации поврежденного элемента.

Диагностическую регрессионную модель типа (3) можно получить в результате реализации пассивного эксперимента. Имея установленные предельные величины диагностических параметров, следует установить предельную величину главной составляющей вектора наблюдения  $Y_{gr}$ . Заключение о состоянии диагностируемого объекта вытекает следующее:

$$w_i \in w^0, \text{ если } Y_{grd} < Y_j < Y_{grg}, (8)$$

$$w_i \in w^1, \text{ если } Y_j < Y_{grd} \cup Y_j > Y_{grg}, (9)$$

где  $Y_{grg}$  – верхняя предельная величина главного вектора наблюдения;  $Y_{grd}$  – нижняя предельная величина главного вектора наблюдения.

Другим методом принятия решения о состоянии диагностируемого объекта является применение пробабилистических матриц  $M^d_p$  с использованием метода Байеса или секвенционного метода Вальда [1].

Идея метода Байеса сводится к определению вероятности состояний  $p(w_i / y_n)$  диагностируемой машины по выражению:

$$p(w_i / y_n) = p(w_i) \frac{p(y_n / w_i)}{\sum_{r=1}^k p(w_r) \cdot p(y_n / w_r)}. (10)$$

Этот метод дает возможность определения состояния диагностируемой машины в случае одновременного появления нескольких отказов. Процесс диагностирования сводится

к следующему:

- определение размера величин диагностических сигналов;
- определение вероятностей  $p(w_i/y_n)$ ;
- определение состояния диагностируемого объекта согласно условию (11), что соответствует состоянию  $w_i$ ;

$$p(w_i/y_n) \geq p(w_j/y_n); \quad i=1,2,\dots,j; \quad i \neq j. \quad (11)$$

Вывод о состоянии диагностируемого объекта можно уточнить, введя предельную величину вероятности диагностирования  $p_{igr}$ :

$$p(w_i/y_n) \geq p_{igr}. \quad (12)$$

Метод Байеса требует значительного количества исходной информации, а также оказывается не чувствительным к часто появляющимся отказам. Однако если набора статистического материала достаточно, использование этого метода является целесообразным как одного из надежных и эффективных в диагностировании автотракторных средств.

По методике Вальда сбор исходного материала выполняется исходя из потребности определения состояния диагностируемого объекта с предполагаемой степенью риска, что дает возможность минимизировать число наблюдений и их стоимость. Метод основывается на определении величины  $D$  по выражениям (13):

$$D = \prod_{j=1}^{k \leq n} \frac{p(y_j/w^1)}{p(y_j/w^o)} \quad (13)$$

$$D = \begin{cases} > A \Rightarrow w_i \in w^1 \\ < B \Rightarrow w_i \in w^o \\ B < D < A - \end{cases}$$

где  $A, B$  – предельные величины, соответствующие состояниям неисправности и исправности объекта, которые учитывают допустимые ошибки первого и второго типов.

Согласно предложениям С. Низинского [2], значительные возможности в диагностировании транспортных средств открываются при использовании бинарных матриц  $M^d_b$ , которые нашли широкое применение

в диагностировании электронных систем, и их применение основывается на использовании методов алгебры, логики, информатики, пробабилистической и динамической эффективности.

Проблема определения оптимальной программы диагностирования

$$Y_{opt} = \langle y_k \rangle : k J n_n \quad (14)$$

в форме упорядоченного набора критериев

$$Y_{opt} \Rightarrow \{y_k = y_k + 1\}, \quad (15)$$

где:  $y_k$  – проверка, выполненная в  $k$ -той последовательности;

$n_n$  – число возможных проверок; базируется на использовании в наборе  $\Omega$  всевозможных программ, в частности, такой  $Y_o$ , ожидаемая обобщенная стоимость которой  $C^*(Y_o)$  будет минимальной из набора  $\Omega$ :

$$Y_{opt} = [Y_i : C^*(Y_o) = \min_{i: Y_i \in \Omega} C^*(Y_i)] \quad (16)$$

Программа диагностирования имеет определенную точность, вытекающую из принятых упрощений и допущений. Мерой оценки точности принятой программы может служить ее достоверность – это условная вероятность правильности контроля состояния объекта [3], которую можно оценить коэффициентом  $Q_d$  достоверности программы. В случае выполнения условия:

$$Q_d > Q_{dg}, \quad (17)$$

где:  $Q_{dg}$  – допустимая величина коэффициента достоверности программы, принимается, что программа диагностирования достоверна.

Разработанная программа диагностирования должна быть подтверждена эксплуатационными исследованиями автотракторных средств и конечным критерием пригодности программы должны быть полученные результаты испытаний, реализованные в нижеприведенной последовательности:

- выбор типа транспортного средства и их числа;
- диагностирование транспортного средства по новоразработанной программе и определение вероятности  $p_{nd}$  правильных решений диагностического состояния;
- диагностирование транспортно-

го средства по существующей программе и определение вероятности  $p_{sd}$  правильных решений диагностического состояния.

В случае, если выполнено условие:

$$p_{nd} > p_{sd}, \quad (18)$$

нет оснований для отклонения новоразработанной программы диагностирования.

Вышеприведенные принципы позволили разработать алгоритм построения программы диагностирования машин [4].

### Заключение

1. Применение пробабилистических матриц с использованием метода Байеса или секвенционного метода Вальда дает возможность определения состояния диагностируемой машины в случае одновременного появления нескольких отказов.

2. Значительные возможности в диагностировании транспортных средств открываются при использовании бинарных матриц, и их применение основывается на использовании методов алгебры, логики, информатики, пробабилистической и динамической эффективности, использование которых позволило разработать алгоритм построения программы диагностирования машин и алгоритм программы системы управления для поддержания транспортного средства в работоспособном состоянии.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Hebda M., Mazur T.: Podstawy eksploatacji pojazdow samochodowych, Warszawa 1980.
2. Nizicki S.: Program diagnozowania pojazdu mechanicznego. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 1985; zeszyt 3-4 (63-64).
3. Serdakov A.S.: Avtomaticheskij kontrol i technicheskaja diagnostika. Technika, Kijev 1971.
4. Шадюль Р., Воропай М., Карташевич А. Методология диагностирования машин на всех этапах их существования. Монография. Быдгощ, 2003, 325 с.