

## ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕРОЯТНОСТНО-ЛОГИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

**Предлагается вероятностно-логический коэффициент поиска неисправностей автомобилей и теоретическое обоснование логической составляющей. Определены вероятности выявления событий при эксплуатации автомобилей в зависимости от количества датчиков, необходимых для нахождения параметров, характеризующих отказ системы.**

**Ключевые слова:** вероятностно-логический коэффициент, неисправность, параметр, метод.

Эффективное применение и развитие диагностирования автомобилей требуют дальнейшего совершенствования методов, средств и технологических процессов, а также повышения контролепригодности автомобилей. Поэтому для создания работоспособной модели диагностирования необходимо оптимальное взаимодействие между объективным и субъективным методами определения неисправностей. Это приводит к необходимости получения диагностической информации, которая опирается на взаимосвязь между параметрами диагностирования и обобщенному логическому или аналитическому описанию наиболее важных свойств объекта диагностирования.

Такие свойства в производстве реализуются на основе информации о техническом состоянии автомобиля с помощью средств внешнего и встроенного диагностирования. Одним из способов определения необходимых параметров для оценки системы является введение вероятностных характеристик.

Получается, что весь процесс диагностирования представляет собой зависимость между нахождением вероятных неисправностей и логическим отбором необходимых диагностических параметров, следовательно, полная вероятность события заключается в нахождении неисправности элемента, которую можно представить как:

$$P_{\text{ВЛ}} = P_{\text{В}} + P_{\text{Л}}, \quad (1)$$

где  $P_{\text{В}}$  – параметр вероятностного поиска неисправностей;  $P_{\text{Л}}$  – параметр логического поиска неисправностей.

Наиболее логическое описание объекта и тем самым инструмент для отслеживания эффективности системы вероятностного и логи-

ческого диагностирования можно представить с помощью вероятностно-логического коэффициента:

$$K_{\text{ВЛ}} = \frac{P_{\text{В}}}{P_{\text{ВЛ}}} = \frac{P_{\text{В}}}{(P_{\text{В}} + P_{\text{Л}})} = \frac{1}{\left(1 + \frac{P_{\text{Л}}}{P_{\text{В}}}\right)}. \quad (2)$$

Объект диагностирования будем рассматривать как преобразование вводимых величин  $Y$  в величины реакции объекта  $Z$ . Работа объекта диагностирования запишется:

$$Z = f(Y), \quad (3)$$

где  $Z$  – результат выходной величины;  $Y$  – входная величина для диагностирования.

Если объект имеет конечное количество состояний, то:

$$Z_i = f(Y_i), \quad (4)$$

где  $Z_i$  – результат выходных величин;  $Y_i$  – входные величины для диагностирования.

Чем больше параметров системы будет определено за одну проверку, тем быстрее выявлены причины отказа. Однако увеличение числа диагностических параметров значительно усложняет процесс диагностирования. Для решения задачи необходимо на основании данных о надежности объекта выявить связи между его наиболее вероятными неисправностями и числом используемых диагностических параметров.

Событие  $N$  (из-за чего произошел отказ системы) может произойти из-за неисправности  $A$ , а также из совокупности независимых неисправностей  $A_1, A_2, \dots, A_i$ , объединённых логическими операциями: «и» ( $\wedge$ ) – присутствуют одновременно, «или» ( $\vee$ ) – присутствует одна из неисправностей, обусловленная схожестью диагностических параметров, «не» ( $\neg$ ) – присутству-

ет неисправность, исключая возможность существования другой. Вывод события  $N$  по схеме «и» запишется следующим образом [1]:

$$A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_i \rightarrow N. \quad (5)$$

По схеме «или» запишется как:

$$A_1 \vee A_2 \vee \dots \vee A_i \rightarrow N. \quad (6)$$

При выводе может использоваться любая совокупность логических операций:

$$A_1 \wedge A_2 \neg A_4 \rightarrow N. \quad (7)$$

Это выражение читается следующим образом: если имеем события  $A_1$  и  $A_2$  события исключая  $A_4$ , то в результате найдем событие  $N$  (из-за чего произошел отказ).

Однако не всегда наличие случайных независимых событий  $A_1, A_2, \dots, A_i$  в любом случае приводит к возникновению события  $N$ . В некоторых случаях выявить все факторы, влияющие на возникновение события  $N$ , невозможно, либо для выявления полной картины возникновения события  $N$  потребуются значительные ресурсы, что является неоправданным. Поэтому дополним правила логического вывода условием, при котором оно задействуется, – вероятностью выполнения правила  $P(A \rightarrow N)$ . Тогда вывод события  $N$  с вероятностью выполнения правила будем записывать как:

$$A \xrightarrow{P} N, \quad (8)$$

где  $P$  – вероятность выполнения правила.

Правило будет действовать, если выполнится неравенство  $P(A \rightarrow N) \leq P_{nl}$ , где  $P_{nl}$  – параметр логического диагностирования, которое может принимать значения в интервале  $(0, 1]$ .

Получается:

$$P_{nl}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in Q \\ 0, & \text{если } x \notin Q \end{cases}, \quad (9)$$

где  $x$  – параметр неисправности;  $Q$  – некоторое множество, параметра неисправности, ограниченное условиями диагностирования.

Из теории надёжности известно, что если отказы элемента имеют случайный характер, т. е. наработка на отказ элемента имеет экспоненциальное распределение ( $v = 1$ ), то элемент не может быть профилактируемым. Обозначим степень принадлежности элемента  $x_i$  к множеству  $R(x)$  – чем меньше значение коэффициента вариации  $v$ , тем больше должно быть

значение показателя  $R(Q)$ . Для формулы (9) степень принадлежности  $P_{nl}(x)$  запишется как правило:

$$P_{nl}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } v(x) \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v(x), & \text{если } v(x) \in (0,3;0,8) \\ 1, & \text{если } v(x) \leq 0,3 \end{cases}. \quad (10)$$

Тогда событие представим с помощью диапазона степеней принадлежности, который разобьем на три интервала, и каждому интервалу поставим в соответствие свою переменную (малое, среднее, большое). Запишем правила как:

ЕСЛИ  $v_i(x)$  = малое, ТОГДА  $P_n(x)$  = большое (принимает значения 0,71 до 1);

ЕСЛИ  $v_i(x)$  = среднее, ТОГДА  $P_n(x)$  = среднее (принимает значения 0,5 до 0,71);

ЕСЛИ  $v_i(x)$  = большое, ТОГДА  $P_n(x)$  = малое (принимает значения 0 до 0,5),

где  $v_i(x)$  – коэффициент вариации параметра неисправности; значение  $v_i(x)$  = малое – используется не более 2-х датчиков включительно; значение  $v_i(x)$  = среднее – используется от 3 до 5 датчиков включительно; значение  $v_i(x)$  = большое – используется более 5 датчиков включительно.

Чем больше датчиков у системы, тем меньше необходимо применение логического аппарата для вычисления параметров технического состояния, однако больше затрат на их приобретение, переоборудование автомобиля и закупку необходимых диагностических комплексов для считывания информации.

С другой стороны, если для диагностирования мы используем датчики, то нижний доверительный предел  $\underline{P}_\gamma$  вероятности безотказной работы датчика с уровнем значимости  $1-\gamma$  (где  $\gamma$  – доверительная вероятность) и значение среднеквадратического отклонения  $\sigma_p$  вероятности  $P$  определяются по формулам:

$$\underline{P}_\gamma = P \left[ 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( 1 - \frac{P_i}{P_i} \right)^2} \right], \quad (11)$$

где  $\underline{P}_i$  – нижний доверительный предел вероятности безотказной работы  $P_i$   $i$ -го элемента датчика.

$$\sigma_p = P \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{P_i}^2}{P_i^2}}, \quad (12)$$



здании вероятностно-логического мы получим метод, который позволяет узнавать информацию о состоянии большинства элементов системы одновременно, не прибегая к перебору проверок диагностических параметров элементов отдельно. Реализация данного метода предполагает установить на автомобиль систему встроенного диагностирования для наиболее часто выходящих из строя элементов. Для дизельного двигателя таким элементом является топливная система высокого давления.

На примере двигателя это будет выглядеть следующим образом. При обнаружении снижения мощности после проведения экспресс-диагностирования или по заявке водителя автомобиль направляется на диагностирование двигателя. Согласно статистическим данным, максимальную вероятность возникновения отказов имеет топливная система, поэтому системой самодиагностики с помощью накладного тензодатчика производится контроль процесса ра-

боты топливной аппаратуры. Это позволяет сравнить течение реального процесса работы топливной системы с эталонным для этой модели. Информация о нарушении протекания процесса в том или ином элементе также может выводиться на дисплей в автоматическом режиме, что позволяет пользоваться прибором работнику, не имеющему высокой квалификации в области диагностирования. Данный метод позволяет экономить время на поиске неисправностей внутри топливной системы с любой вероятностью их возникновения, что качественно отличает предложенный метод от вероятностного. А также снижает влияния человеческого фактора по сравнению с логическим методом. Это позволяет применять предлагаемый вероятностно-логический метод в системах внешнего и встроенного диагностирования на автомобилях одного или нескольких классов, а также типов подвижного состава.

16.01.2013

**Список литературы:**

1. Можяев, А. С. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем / А. С. Можяев, В. Н. Громов. – СПб.: ВИТУ, 2000. – 145 с.
2. Лянденбургский, В. В. Вероятностный подход к построению модели технического состояния автомобилей / В. В. Лянденбургский, А. П. Бажанов, А. И. Тарасов // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. – Пенза: ПГУАС, 2010. – С. 55–61.
3. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей / В. В. Лянденбургский [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4. – С. 3–9.

Сведения об авторах:

**Лянденбургский Владимир Владимирович**, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, кандидат технических наук, доцент

**Тарасов Александр Иванович**, соискатель Пензенского государственного университета архитектуры и строительства

**Сейфетдинов Рушан Рафаилович**, аспирант Пензенского государственного университета архитектуры и строительства

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28, тел. 8 (8412) 497277, e-mail: dekauto@pguas.ru

**UDC 629.113.004**

**Lyandenbursky V.V., Tarasov A.I., Seyfetdinov R.R.**

Penza state University of architecture and construction, e-mail: dekauto@pguas.ru

**A LOGICAL APPROACH TO THE DEFINITION OF PROBABILISTIC LOGIC COEFFICIENT TROUBLESHOOTING CARS**

It is proposed probabilistic logic ratio Troubleshooting cars and theoretical substantiation of a logical component. Defined probability of occurrence of events in the operation of the car depending on the number of inspections required for the location of the parameters characterizing the failure of the system.

Key words: parameter, the denial, the probabilistic logic ratio, troubleshooting car.

**Bibliography:**

1. Mozhaev, A. S. The theoretical basis of a General logical-probabilistic method of computer-aided modeling of systems / A. S. Mozhaev, N. R. Gromov. – St. Petersburg, 2000. – 145 p.
2. Lyandenbursky, V. V. A probabilistic approach to the construction of a model of technical condition of the cars / V. V. Lyandenbursky, A. P. Bazhanov, A. I. Tarasov // The problems of quality and operation of motor vehicles. – Penza, 2010. – P. 55–61.
3. Probabilistic and logical method of Troubleshooting car / V. V. Lyandenbursky [et al.] // The world of transport and technological machines. – 2011. – № 4. – P. 3–9.