population when carrying passengers and luggage by road and urban land electric transport: order of the Ministry of Transport of the Russian Federation]. 2017, January 31, no. NA-19-r.

- 16. Osipova A.A. Integral'nye ocenki kachestva zhizni naseleniya i kachestva gorodskoj sredy g. Sankt-Peterburga [Integral assessments of the quality of life of the population and the quality of the urban environment of St. Petersburg]. Mezhdunarodnyj zhurnal e'ksperimental'nogo obrazovaniya, 2014, no. 3-1, pp. 96-102. [Electronic resource]. Access mode by URL: https://www.expeducation.ru/ru/article/view?id=4671.
- 17. Polynskaya M.M. Ocenka rezul'tativnosti sistemy menedzhmenta kachestva predpriyatiya zheleznodorozhnogo transporta [Evaluation of the effectiveness of the quality management system of the railway transport enterprise]. Vestnik nauki Sibiri, 2013, no. 1 (7), pp. 82 89. [Electronic resource]. Access mode by URL: http://sjs.tpu.ru.
- 18. Samorodov V.A. Razrabotka i ocenka rezul'tativnosti sistemy menedzhmenta kachestva promyshlennogo predpriyatiya [Development and evaluation of the effectiveness of the quality management system of an industrial enterprise]. Tambov, 2004. 16 p.
- 19. Chuvikova V.V. Ocenka rezul'tativnosti funkcionirovaniya pryamoj cepi postavok [Evaluation of the performance of the direct supply chain]. Omsk, 2012. 22 p.
- 20. Yakimov M.R. Recenziya na metodicheskij dokument «Social'nyj standart transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushhestvlenii perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nym transportom i gorodskim nazemnym e'lektricheskim transportom» [Review of the methodological document «Social standard of public transport services in the implementation of passenger and luggage transport by road and urban land electric transport»]. Moscow, Institut transportnogo planirovaniya Obshherossijskoj obshhestvennoj organizacii «Rossijskaya akademiya transporta», 2017. 3 p. [Electronic resource]. Access mode by URL: http://rosacademtrans.ru/wp-content/uploads/2017/10/Retsenziya1.pdf

Поступила 17.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мочалин Сергей Михайлович (г. Омск, Россия) – доктор техических наук, профес-

cop, ORCID ID: 0000-0003-3651-0961, Scopus Author ID: 6507433262, Researcher ID: D-7301-2017, декан факультета «Экономика и управление», заведующий кафедрой «Логистика», ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: mochalin\_sm@mail.ru).

Sergey M. Mochalin (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, ORCID ID: 0000-0003-3651-0961, Scopus Author ID: 6507433262, Researcher ID: D-7301-2017, Dean of the Faculty "Economics and Management", Head of the Department "Logistic", Siberian State Automobile and Highway University – SibADI (644080, Mira, Ave., 5, Omsk, Russia, e-mail: mochalin sm@mail.ru).

Каспер Мария Евгеньевна (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Логистика», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: amka13x689x@mail.ru), ORCID i 0000-0002-3648-142X, ResearcherID D-7409-2017.

Mariya Ev. Kasper (Omsk, Russia) – postgraduate of the «Logistic» Department, Siberian State Automobile and Highway University – SibA-DI (644080, Mira, Ave., 5, Omsk, Russia, e-mail: amka13x689x@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-3648-142X, Researcher ID: D-7409-2017.

# ВКЛАД СОАВТОРОВ

Мочалин С.М.: 40% работы, разделы «Введение», «Результаты» (1/2), «Обсуждение и заключение» (1/2);

Каспер М.Е.: 60% работы, разделы «Аннотация», «Материалы и методы», «Результаты» (1/2) «Обсуждения и заключения» (1/2).

УДК 629.3.081.3

# СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА С ВЫЯВЛЕНИЕМ КОНКРЕТНЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко, Д.К. Сысоев

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) ФГАОУ ВО «СКФУ», г. Пятигорск. Россия

# *RNJATOHHA*

**Введение.** Диагностика автомобильных двигателей и его систем представляет собой сложный и высокотехнологичный процесс. Считывание кодов неисправностей из памяти элек-

тронного блока управления при помощи диагностического сканера является одной из самых простых процедур процесса диагностирования. Однако диагностика усложняется, если неисправность присутствует, а кодов в памяти электронного блока управления нет. В связи с этим диагностика автомобиля переходит на новый уровень экспертного диагностирования, возможный только профессионалам в данной области. В таком случае для постановки правильного диагноза специалисту необходимо обладать достаточным опытом и знаниями в данной области, что предъявляет ряд требований к его квалификации.

**Материалы и методы.** В статье рассматривается способ определения конкретных неисправностей бензиновых двигателей и их систем на основе логического анализа диагностических параметров, максимально отображающих техническое состояние, с помощью компьютерной техники в составе соответствующего диагностического комплекса.

**Результаты и обсуждение.** Поступающие данные в виде максимально информативных диагностических параметров от сканера, осциллографа и газоанализатора обрабатываются по заложенному в комплекс способу, заключающемуся в определении интегральных показателей, характеризующих конкретные неисправности.

Заключение. Предлагается рассчитывать интегральный показатель неисправности на основе введённой троичной системы измерений и в дальнейшем по его численному значению определять конкретную неисправность двигателя или его систем, обеспечивая тем самым снижение трудовых затрат на поиск неисправностей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** диагностика автомобилей; диагностические параметры; способ диагностирования; интегральный показатель неисправности; троичная система измерений.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Необходимость повышения технико-экономических показателей, а также выполнения требований экологической безопасности современных автомобилей привели к повсеместному в мировом масштабе вытеснению карбюраторных двигателей внутреннего сгорания, на смену которым пришли ДВС с впрыском топлива, снабжённые электронной системой управления двигателем (ЭСУД), включающей набор датчиков, электронный блок управления (ЭБУ) и исполнительные механизмы, что довольно сильно усложнило конструкцию двигателей [18].

Такое усложнение конструкции не могло не внести соответствующие коррективы в процесс диагностирования ЭСУД и двигателя в целом, в частности, разрабатываются новые технологии диагностирования, диагностическое оборудование, специализированная оснастка и т.п. [7], которые стали основой для компьютерной диагностики автомобилей [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20], базирующейся на современных способах, в основу которых положено измерение ряда диагностических параметров, максимально отображающих техническое состояние диагностируемых систем автомобиля [10].

Однако эти способы позволяют фиксировать только отклонения диагностических параметров от их нормальных значений в различных подсистемах двигателя без указания на конкретные неисправности, для определения

которых требуется дальнейшее детальное изучение и логическая обработка полученной информации с целью выявления взаимосвязей и закономерностей изменения этих параметров, что требует наличия высококвалифицированных кадров в области диагностирования и высоких трудовых затрат.

Таким образом, разработка способа диагностирования, позволяющего выявлять конкретные неисправности в ЭСУД и самом двигателе, является актуальной задачей.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Известно, что любая неисправность двигателя внутреннего сгорания вызывает изменение численных значений выбранных для замеров диагностических параметров [8]. При одной и той же неисправности значения некоторых диагностических параметров находятся в допустимом пределе, установленном производителем, другие диагностические параметры имеют значения, больше максимального предела, а третьи — меньше минимального предела. Это послужило основанием для разработки нами способа диагностирования двигателя внутреннего сгорания, позволяющего выявлять конкретные неисправности ЭСУД и двигателя в целом.

Суть данного способа заключается в следующем.

На автомобиле конкретной марки при определённых неисправностях  $D_{\rm 1}$  ,  $D_{\rm 2}$  ,  $D_{\rm 3}$  ,...,  $D_{\rm m}$  замеряется ряд диагностических параметров

 $\mathcal{X}_1$  ,  $\mathcal{X}_2$  ,  $\mathcal{X}_3$  ,...,  $\mathcal{X}_n$  , которые наиболее полно характеризуют работу двигателя и его систем.

Полученные абсолютные значения параметров  $\mathcal{X}_1$ ,  $\mathcal{X}_2$ ,  $\mathcal{X}_3$ ,...,  $\mathcal{X}_n$  переводятся в троичную систему измерений (см. рисунок) следующим образом.

Если измеренное значение диагностического параметра  $\mathcal{X}_i$  соответствует условию  $\mathcal{X}_{i\max} \geq \mathcal{X}_i \geq \mathcal{X}_{i\min}$ , т. е. оно находится внутри допустимого предела, то это значение в троичной системе измерений принимает значение, равное 0 ( $\mathcal{X}_i'=0$ ). Если абсолютное значение параметра  $\mathcal{X}_i$  соответствует условию  $\mathcal{X}_i < \mathcal{X}_{i\min}$ , то в троичной системе измерений оно обозначатся как  $\mathcal{X}_i'=-1$ . Если же  $\mathcal{X}_i > \mathcal{X}_{i\max}$ , то  $\mathcal{X}_i'=+1$ . На основании нормативных предельных

На основании нормативных предельных значений диагностических параметров  $\mathcal{X}_{\max}$  и  $\mathcal{X}_{\min}$ , установленных производителем, подсчитывается среднеарифметическое из предельных значений каждого параметра по формуле

$$x_{\text{H.cp.i}} = \frac{x_{\text{imax}} + x_{\text{imin}}}{2}.$$
 (1)

После перемножения значений  $\chi_i'$  и  $\chi_{\rm H.cp.i}$  и сложения полученных произведений подсчитывается предлагаемый интегральный показатель неисправности

$$H_{\rm D} = x_1' \times x_{\rm \tiny H.cp.1} + x_2' \times$$

$$\times x_{\text{\tiny H.cp.2}} + x_3' \times x_{\text{\tiny H.cp.3}} + \dots$$

$$\dots + \chi'_n \times \chi_{H.cp.n}$$
 (2)

Однако подсчитанный по формуле (2) интегральный показатель неисправностей не позволяет выявить такие неисправности, касающиеся конкретных цилиндров, как неисправность свечи зажигания; пониженная ком-

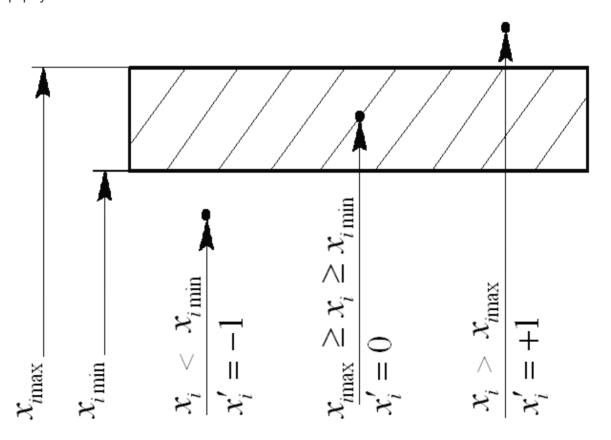


Рисунок – Схема перевода значений диагностических параметров в троичную систему измерений Figure – Scheme of translating the values of diagnostic parameters into a ternary measurement system

прессия в цилиндре; неисправность топливной форсунки, связанная с отсутствием подачи топлива; неисправность топливной форсунки, связанная с её негерметичностью и др.

Поскольку отмеченные неисправности оказывают наибольшее влияние на напряжение пробоя в высоковольтной цепи системы зажигания, произведение данного диагности-

ческого параметра, обозначаемого как  $x_{12j}^1$  (где j – номер цилиндра), и величин  $x_{\text{н.ср.}12}$  и j, позволяет конкретизировать цилиндр, в котором имеет место одна из вышеотмеченных неисправностей. В таком случае интегральный показатель любой неисправности, в том числе и касающейся конкретного цилиндра, можно определить по выражению

$$H_{\rm D} = x_1^1 x_{\rm H.cp.1} + x_2^1 x_{\rm H.cp.2} +$$

$$+ x_3^1 x_{\text{H.cp.}3} + ... + \sum_{1}^{j} j x_{12j}^1 x_{\text{H.cp.}12} + ...$$

$$\dots + \chi_{\Pi}^{1} \chi_{\text{H.cp.n}} \tag{3}$$

Если диагностируется исправный автомобиль, то значения диагностических параметров  $x_1^1, x_2^1, x_3^1, ..., x_{12}^1, ..., x_n^1$  равны нулю и, как следствие, равен нулю интегральный показатель неисправностей. При наличии любой неисправности, вызывающей отклонения параметров  $x_i$  за их нормативные пределы, показатель  $H_{\rm D}$  принимает отличающееся для каждой неисправности значение. При наличии же неисправности, касающейся конкретного цилиндра, например второ-

го, в слагаемом  $\sum_1^J j x_{12j}^1 x_{\text{н.ср.}12}$  формулы (3) значения диагностического параметра равны  $x_{12.1}^1 = x_{12..3}^1 = x_{12.4}^1 = \dots = x_{12.j}^1 = 0$ , а  $x_{12..2}^1 \neq 0$ . Само же слагаемое принимает вид  $2x_{12..2}^1 x_{\text{н.ср.}12}$ ; при наличии неисправно-

сти в третьем цилиндре это слагаемое равно  $3x_{12.3}^1x_{\text{н.ср.}12}$  и т.д. Таким образом, интегральный показатель неисправностей  $H_{\text{D}}$  принимает отличающиеся значения не только для каждой неисправности, но и неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре. Вычисленные для каждой неисправности, в том числе и для неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре, интегральные показатели вместе с именем неисправности вносятся в соответствующую базу данных [14].

# РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим пример расчёта интегральных показателей неисправностей.

Имитируя 5 неисправностей двигателей марок ВАЗ с распределённым впрыском топлива, экспериментальным путём получены значения 12-ти диагностических параметров х., приведённые в таблице 1, где СН – содержание несгоревших углеводородов в отработавших газах, ppm; CO - содержание оксида углерода в отработавших газах, %; СО<sub>2</sub> - содержание диоксида углерода в отработавших газах, %; О<sub>2</sub> - содержание кислорода в отработавших газах, %; Т – время впрыска топлива форсункой, мс; Q – массовый расход воздуха двигателем, кг/ч;  $\phi_{_{03}}$  – угол опережения зажигания, град.;  $U_{_{02}}$  – напряжение датчика кислорода, В;  $U_{n,n}$  – напряжение датчика детонации, В; k -коэффициент коррекции времени впрыска; р - разрежение во впускном коллекторе, кПа;  $U_{nn}$  – напряжение пробоя в высоковольтной цепи системы зажигания, кВ.

В этой же таблице представлены нормативные предельные значения  $\mathcal{X}_{\max}$  и  $\mathcal{X}_{\min}$  диагностических параметров, установленные производителем, а также рассчитанные по формуле (1) значения  $\mathcal{X}_{n.cp.i}$  и переведённые в троичную систему измерений значения диагностических параметров  $\mathcal{X}_i^{/}$ .

Зная значения  $x_i'$  и  $x_{{\scriptscriptstyle H.cp.i}}$  (см. таблицу), по формуле (3) рассчитываем значения интегральных показателей  $H_{\scriptscriptstyle D}$  для каждой из отмеченных в таблице неисправностей.

Таблица ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРИ РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА (N = 840 ОБ/МИН) Table DATA FOR CALCULATION OF INTEGRAL TROUBLESHOOTING INDICATORS WHEN THE ENGINE IS WORKED AT THE DYNAMIC MODE (N = 840 RPM)

| Nº |   |                               | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$  | $x_4$                 | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$           | $x_8$    | $x_9$                    | <i>x</i> <sub>10</sub> | <i>x</i> <sub>11</sub> | <i>x</i> <sub>12.1</sub> | <i>x</i> <sub>12.2</sub> | <i>x</i> <sub>12.3</sub> | <i>x</i> <sub>12.4</sub> |
|----|---|-------------------------------|-------|-------|--------|-----------------------|-------|-------|-----------------|----------|--------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|    |   |                               | СН    | CO    | $CO_2$ | <b>O</b> <sub>2</sub> | T     | Q     | $\varphi_{o_3}$ | $U_{02}$ | $U_{\partial.\partial.}$ | k                      | p                      | Unp.1                    | $U_{np.2}$               | $U_{np.3}$               | Unp.4                    |
| 1  | Неисправность<br>свечи зажигания<br>(зазор увеличен<br>до 1,5 мм) | $\mathcal{X}_{i}$             | 112   | 0,4   | 14,1   | 0,9                   | 4,1   | 9,2   | 11,5            | 0,35     | 0,8                      | 0,88                   | 58                     | 17                       | 13                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_{\rm max}$                 | 108   | 0,7   | 14     | 1,6                   | 4,2   | 11    | 12              | 0,5      | 0,5                      | 0,95                   | 59                     | 15                       | 15                       | 15                       | 15                       |
|    |   | $x_{\min}$                    | 68    | 0,3   | 12     | 0,8                   | 3,8   | 9     | 9               | 0,4      | 0,4                      | 0,85                   | 57                     | 13                       | 13                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $X_{\mu.cp.i}$                | 88    | 0,5   | 13     | 1,2                   | 4     | 10    | 10,5            | 0,45     | 0,45                     | 0,9                    | 58                     | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_i'$                        | +1    | 0     | +1     | 0                     | 0     | 0     | 0               | -1       | +1                       | 0                      | 0                      | +1                       | 0                        | 0                        | 0                        |
| 2  | Низкий сигнал<br>ДМРВ   | $X_i$                         | 1186  | 13,6  | 8,94   | 0,86                  | 8,8   | 0     | 16              | 0,94     | 0,45                     | 1                      | 55                     | 10                       | 11                       | 11                       | 10                       |
|    |   | $x_{\rm max}$                 | 108   | 0,7   | 14     | 1,6                   | 4,2   | 11    | 12              | 0,5      | 0,5                      | 0,95                   | 59                     | 15                       | 15                       | 15                       | 15                       |
|    |   | $x_{\min}$                    | 68    | 0,3   | 12     | 0,8                   | 3,8   | 9     | 9               | 0,4      | 0,4                      | 0,85                   | 57                     | 13                       | 13                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $X_{H.cp.i}$                  | 88    | 0,5   | 13     | 1,2                   | 4     | 10    | 10,5            | 0,45     | 0,45                     | 0,9                    | 58                     | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_i'$                        | +1    | +1    | -1     | 0                     | +1    | -1    | +1              | +1       | 0                        | +1                     | -1                     | -1                       | -1                       | -1                       | -1                       |
| 3  | Засорение<br>воздушного<br>фильтра (50%)                          | $X_i$                         | 238   | 1,7   | 13,6   | 0,5                   | 8     | 17    | 8,5             | 0,86     | 0,4                      | 0,6                    | 59                     | 11                       | 12                       | 11                       | 12                       |
|    |   | $x_{\rm max}$                 | 108   | 0,7   | 14     | 1,6                   | 4,2   | 11    | 12              | 0,5      | 0,5                      | 0,95                   | 59                     | 15                       | 15                       | 15                       | 15                       |
|    |   | $x_{\min}$                    | 68    | 0,3   | 12     | 0,8                   | 3,8   | 9     | 9               | 0,4      | 0,4                      | 0,85                   | 57                     | 13                       | 13                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $\mathcal{X}_{\text{H.Cp.i}}$ | 88    | 0,5   | 13     | 1,2                   | 4     | 10    | 10,5            | 0,45     | 0,45                     | 0,9                    | 58                     | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_i'$                        | +1    | +1    | 0      | -1                    | +1    | +1    | -1              | +1       | 0                        | -1                     | 0                      | -1                       | -1                       | -1                       | -1                       |
| 4  | Не<br>герметичность<br>впускного<br>коллектора                    | $X_i$                         | 162   | 0,47  | 13,6   | 1,4                   | 4,3   | 9     | 9,5             | 0,04     | 0,7                      | 1,12                   | 64                     | 14                       | 13                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_{\rm max}$                 | 108   | 0,7   | 14     | 1,6                   | 4,2   | 11    | 12              | 0,5      | 0,5                      | 0,95                   | 59                     | 15                       | 15                       | 15                       | 15                       |
|    |   | $x_{\min}$                    | 68    | 0,3   | 12     | 0,8                   | 3,8   | 9     | 9               | 0,4      | 0,4                      | 0,85                   | 57                     | 13                       | 13                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $X_{H.cp.i}$                  | 88    | 0,5   | 13     | 1,2                   | 4     | 10    | 10,5            | 0,45     | 0,45                     | 0,9                    | 58                     | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_i'$                        | +1    | 0     | 0      | 0                     | +1    | 0     | 0               | -1       | +1                       | +1                     | +1                     | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        |
| 5  | Засорение<br>каталитического<br>нейтрализатора<br>(90%)           | $\mathcal{X}_{i}$             | 118   | 0,47  | 13,8   | 0,8                   | 4,2   | 9,2   | 11              | 0,34     | 0,73                     | 0,93                   | 65                     | 13                       | 14                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $x_{\rm max}$                 | 108   | 0,7   | 14     | 1,6                   | 4,2   | 11    | 12              | 0,5      | 0,5                      | 0,95                   | 59                     | 15                       | 15                       | 15                       | 15                       |
|    |   | $x_{\min}$                    | 68    | 0,3   | 12     | 0,8                   | 3,8   | 9     | 9               | 0,4      | 0,4                      | 0,85                   | 57                     | 13                       | 13                       | 13                       | 13                       |
|    |   | $\mathcal{X}_{\text{H.cp.i}}$ | 88    | 0,5   | 13     | 1,2                   | 4     | 10    | 10,5            | 0,45     | 0,45                     | 0,9                    | 58                     | 14                       | 14                       | 14                       | 14                       |
|    |   | $x_i'$                        | +1    | 0     | 0      | 0                     | 0     | 0     | 0               | -1       | +1                       | 0                      | +1                     | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        |

$$H_{D1} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 1 \times 13 + 0 \times 1,2 + 0 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ -1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,9 + 0 \times 58 + 1 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 115;$$

$$H_{D2} = +1 \times 88 + 1 \times 0,5 - 1 \times 13 + 0 \times 1,2 + 1 \times 4 - 1 \times 10 + 1 \times 10,5 + \\ +1 \times 0,45 + 0 \times 0,45 + 1 \times 0,9 - 1 \times 58 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 = -32,65;$$

$$H_{D3} = +1 \times 88 + 1 \times 0,5 + 0 \times 13 - 1 \times 1,2 + 1 \times 4 + 1 \times 10 - 1 \times 10,5 + \\ +1 \times 0,45 + 0 \times 0,45 - 1 \times 0,9 + 0 \times 58 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 - 1 \times 14 = 34,35;$$

$$H_{D4} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 0 \times 13 - 0 \times 1,2 + 1 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ -1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 1 \times 0,9 + 1 \times 58 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 150,9;$$

$$H_{D5} = +1 \times 88 + 0 \times 0,5 + 0 \times 13 + 0 \times 1,2 + 0 \times 4 + 0 \times 10 + 0 \times 10,5 - \\ -1 \times 0,45 + 1 \times 0,45 + 0 \times 0,9 + 1 \times 58 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 + 0 \times 14 = 146.$$

Рассчитанные интегральные показатели заносятся в базу данных соответствующего диагностического комплекса, основанного на логическом анализе, который и выдаёт информацию о конкретной неисправности [16, 17].

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Использование данного способа в диагностических комплексах не требует наличия высококвалифицированных сотрудников и позволяет снизить трудовые затраты на поиск неисправностей и диагностирование современных автомобильных двигателей внутреннего сгорания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Баженов Ю.В., Нуждин Р.В., Фролов В.П., Емелин С.Ю. Распознавание состояния системы с учётом разброса значений диагностических параметров. Владимир: ВГТУ, 2002. С. 34 36.
- 2. Борщенко Я.А., Васильев В.И. Разработка алгоритмов диагностирования систем автомобиля на основе применения обучаемых деревьев решений // Повышение эффективности и безопасности автотранспортных средств в эксплуатации: Сборник научных трудов. Курган: КГТУ, 2005. С. 19 22.
- 3. Бушуева М.Е., Беляков В.В., Патапова М. Н. Диагностирование автотракторной техники с применением нечётких множеств и нечёткой логики // Изв. Акад. инж. наук Рос. Федерации. 2003. №5. С. 240 251.
- 4. Васильев В.П., Жакин А.П., Кузнецов В. Н. Совершенствование методов синтеза алгоритмов и нормативов диагностирования автомобилей на основе новых информационных технологий // Эксплуатация и методы исследования систем и средств автомобильного транспорта: І Межд. науч. конф. Тула: Изв. ТГТУ, 2006. № 10. С. 196 199.
- 5. Власов В.М. Интеллектуальные телематические системы для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств // Прикл. логистика. 2008. № 9. С. 28 32.

- 6. Власов В.М., Богумил В.Н., Жанказиев С.В., Смирнов А.Б. Применение интеллектуальных телематических систем для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2007. №9. С. 50 53.
- 7. Корчагин В.А., Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А. Научные предпосылки к совершенствованию оборудования для диагностирования бензиновых двигателей // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 3 (30). С. 32 36.
- 8. Корчагин В.А., Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А. Статистико-математическая модель корреляционной связи диагностических параметров двигателей внутреннего сгорания // Автотранспортное предприятие. 2010. № 4. С. 38 40.
- 9. Макаров А.М., Павленко Е.А. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей // Контроль. Диагностика. 2009. № 1. С. 43 47.
- 10. Макаров А.М., Павленко Е.А. Статистические методы диагностирования технического состояния автомобильных транспортных средств // Автомобильная промышленность. 2009. № 7. С. 29 30.
- 11. Малышев В.С., Корегин А.Ю. Комплексный метод диагностирования автомобильных двигателей // Наука и образование-2004 : Материалы Межд. науч. конф. Мурманск : МГТУ. 2004. С. 291 294.
- 12. Могикин Н.И., Баргуев С.Г. Алгоритм постановки диагноза в сложной технической системе при помощи вероятностных оценок // Вестник КГТУ. Красноярск : 2006. № 43. С. 371 378.
- 13. Мошкин Н.И. Реализация метода постановки диагноза в сложной технической системе с помощью вероятностных оценок в составе компьютерного диагностического комплекса // Инф. технол. 2007. № 8. С. 40 42.
- 14. Мусаелянц Г.Г., Павленко Е.А., Сысоев Д.К. Диагностический комплекс для выявления неисправностей ДВС современных автомобилей // Вестник СибАДИ. №1 (53). Омск: 2017. С. 72 77.
- 15. Науменко Б.С. К разработке комплексной бортовой информационно-измерительной системы для оценивания технического состояния АТС и эффективности транспортного процесса при перевозке грузов // Сб. науч. тр. Сер. Естественнопауч. Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т, 2001. № 4. С. 55 61.

- 16. Способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления // Патент РФ №2475717. Бюл. № 5. 2013.
- 17. Способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания // Патент РФ №2475717. Бюл. № 5. 2015.
- 18. Сосонин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы // Учебн. пособие. М. : СО-ЛОН – Пресс, 2005. 240 с.
  - 19. Саркисов А.А., Власов Д.В., Дианов В.Н. Интеллек-

туальная диагностика сбоев автомобильных датчиков // ЭЭТ: Электрон. и электрооборуд. трансп. 2004. № 3 – 4. С. 46 – 52

20. Ястребов А.И., Гавриков А.И. Компьютерная система диагностики электрического оборудования автомобиля, основанная на моделях искусственного интеллекта // Автомобиль и техносфера: IV Межд. науч. конф. Казань: КГТУ, 2005. С. 319 — 321.

# DIAGNOSING METHOD OF SPECIFIC FAULTS' IDENTIFYING OF GASOLINE ENGINES WITH FUEL INJECTION

G.G. Musayelyants, E.A. Pavlenko, D.K. Sysoyev

#### **ABSTRACT**

Introduction. Diagnosis of car engines and systems is a complex and high-tech process. In fact, the simplest procedure of diagnostics' process is the error status code determination from the electronic control memory unit by using the diagnostic scanner. However, such diagnosis could become complicated whether the fault appears, but the codes in the electronic control unit memory are absent. As a result, a vehicle diagnosis proceeds to the next expert diagnosis' level, where only professionals could help adequately. For the correct diagnosis in this case, the specialist should be significantly experienced in this sphere and, therefore, it imposes a number of requirements to his qualification.

**Materials and methods.** The method for determining the specific defects of the gasoline engines and their systems based on logical analysis of diagnostic parameters with the help of computer technology in the appropriate diagnostic complex is viewed in the article.

**Results and discussion.** Incoming informative diagnostic parameters' data from the scanner, oscilloscope and analyzer is processed by complex method, consisting of the integral indicators' determining.

**Conclusion.** Accordingly, it is proposed to calculate the integral indicator of failure based on the entered ternary system of measurements and, subsequently, to determine the specific fault of engine and its systems by its numerical value, as the result, providing the labor costs' lowering for defects' searching.

**KEYWORDS:** car engines' diagnostic parameters; diagnostic method; integral indicator of failure; ternary system of measurements.

#### **REFERENCES**

- 1. Bajenov Y.V., Nuzhdin R.V., Frolov V.P., Emelin S.Y. Raspoznavanie sostojanija sistemy s uchjotom razbrosa znachenij diagnosticheskih parametrov [Detection system state considering scatter diagnostic parameters]. Vladimir, VSTU, 2002. pp. 34-36.
- 2. Borshenko Ya.A., Vasiliev V.I. Povyshenie jeffektivnosti i bezopasnosti avtotransportnyh sredstv v jekspluatacii [Development of algorithms for diagnosing car systems based on the application of learning decision trees]. Sbornik nauchnyh trudov. Kurgan, KSTU, 2005. pp. 19 22.
- 3. Bushueva M.E., Belyakov V.V., Patapova M.N. Diagnostirovanie avtotraktornoj tehniki s primeneniem nechjotkih mnozhestv i nechjotkoj logiki [Diagnostics of the automotive tractor technique with the use of fuzzy sets and fuzzy logic]. Izv. Akad. inzh. nauk Ros. Federacii. 2003. no. 5, pp. 240 251.
- 4. Vasiliev V.P., Zhakin A.P., Kuznetsov V.N. Jekspluatacija i metody issledovanija sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta [Perfection of methods for synthesis of algorithms and standards for diagnosing cars on the basis of new information technologies]. I Mezhd. nauch. konf. Tula, Izv. TGTU 2006, no. 10, pp. 196 199.
- 5. Vlasov V.M. Intellektual'nye telematicheskie sistemy dlja operativnoj ocenki tehnicheskogo sostojanija avtotransportnyh sredstv [Intelligent telematics systems for

- the rapid assessment of the technical state of motor vehicles]. Prikl. logistika. 2008, no. 9, pp. 28-32.
- 6. Vlasov V.M., Bogumil V.N., Zhankaziev S.V., Smirnov A.B. Primenenie intellektual'nyh telematicheskih sistem dlja operativnoj ocenki tehnicheskogo sostojanija avtotransportnyh sredstv [Application of intelligent telematic systems for the rapid assessment of technical condition of vehicles]. Avtotransportnoe predprijatie. 2007, no. 9, pp. 50 53.
- 7. Korchagin V.A., Musaelyants G.G., Pavlenko E.A. Nauchnye predposylki k sovershenstvovaniju oborudovanija dlja diagnostirovanija benzinovyh dvigatelej [Scientific preconditions for the improvement of equipment for diagnosing gasoline engines]. Mir transporta i tehnologicheskih mashin. 2010, no. 3 (30), pp. 32 36.
- 8. Korchagin V.A., Musaelyants G.G., Pavlenko E.A. Statistiko-matematicheskaja model' korreljacionnoj svjazi diagnosticheskih parametrov dvigatelej vnutrennego sgoranija [Statistical-mathematical model of correlation correlation of diagnostic parameters of internal combustion engines]. Avtotransportnoe predprijatie. 2010, no. 4, pp. 38 40.
- 9. Makarov A.M., Pavlenko E.A. Jekspertnaja sistema kak osnova razvitija avtonomnogo diagnostirovanija avtomobil'nyh dvigatelej [Expert system as a basis for development of autonomous diagnostics of automobile engines]. Kontrol'. Diagnostika. 2009, no. 1, pp. 43 47.
- 10. Makarov A.M., Pavlenko E.A. Statisticheskie metody diagnostirovanija tehnicheskogo sostojanija avtomobil'nyh

transportnyh sredstv [Statistical methods for diagnosing the technical condition of motor vehicles]. Avtotransportnoe predprijatie. 2009, no. 7, pp. 29 - 30.

- 11. Malyshev V.S., Koregin A.Y. Kompleksnyj metod diagnostirovanija avtomobil'nyh dvigatelej [Complex method of diagnosing automobile engines]. Nauka i obrazovanie-2004. Materialy Mezhd. nauch. konf. Murmansk, MGTU, 2004, pp. 291 294.
- 12. Mogikin N.I., Barguev S.G. Algoritm postanovki diagnoza v slozhnoj tehnicheskoj sisteme pri pomoshhi verojatnostnyh ocenok [Algorithm for diagnosing a complex technical system using probabilistic estimates]. Vestnik KGTU. Krasnojarsk, 2006, no. 43, pp. 371 378.
- 13. Moshkin N.I. Realizacija metoda postanovki diagnoza v slozhnoj tehnicheskoj sisteme s pomoshh'ju verojatnostnyh ocenok v sostave komp'juternogo diagnosticheskogo kompleksa [Implementation of the method of diagnosis in a complex technical system using probabilistic assessments as part of a computer diagnostic complex]. Inf. tehnol. 2007, no. 8, pp. 40 42.
- 14. Musaelyants G.G., Pavlenko E.A., Sysoev D.K. Diagnosticheskij kompleks dlja vyjavlenija neispravnostej DVS sovremennyh avtomobilej [Diagnostic complex for troubleshooting ICE of modern vehicles]. Vestnik SibADI. Omsk, no. 1 (53), 2017. pp. 72 77.
- 15. Naumenko B.S. K razrabotke kompleksnoj bortovoj informacionno-izmeritel'noj sistemy dlja ocenivanija tehnicheskogo sostojanija ATS i jeffektivnosti transportnogo processa pri perevozke gruzov [To the development of a complex on-board information-measuring system for assessing the technical condition of MV and the efficiency of the transport process in the transport of goods]. Sb. nauch. tr. Ser. Estestvennopauch. Sev.-Kavkaz. gos. tehn. un-t. 2001, no. 4, pp. 55 61.
- 16. Patent RF no. 2475717. A method for diagnosing an internal combustion engine and a diagnostic complex for its implementation. Bul. no. 5, 2013.
- 17. Patent RF no. 2475717. Method for diagnosing the internal combustion engine. Bul. no. 5, 2015.
- 18. Sosonin D.A., Yakovlev V.F. Novejshie avtomobil'nye jelektronnye sistemy [Newest automotive electronic systems]. Uchebn. posobie. Moscow, SOLON Press, 2005. 240 p.
- 19. Sarkisov A.A., Vlasov D.V., Dianov V.N. Dianov V.N. Intellektual'naja diagnostika sboev avtomobil'nyh datchikov [Intellectual diagnostics of failures of automobile sensors]. EET: Elektron. elektrooborud. transp. 2004, no. 3 4, np. 46 52
- 20. Yastrebov A.I., Gavrikov A.I. Komp'juternaja sistema diagnostiki jelektricheskogo oborudovanija avtomobilja, osnovannaja na modeljah iskusstvennogo intellekta [Computer system for diagnosing electrical equipment of a car, based on models of artificial intelligence]. Avtomobil' i tehnosfera. IV Mezhd. nauch. konf. Kazan'. KGTU. 2005. pp. 319 321.

Поступила 16.01.2018, принята к публикации 15.02.2018.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

#### **ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

Мусаелянц Геннадий Гургенович (г. Кисловодск, Россия) — доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные средства и процессы», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г.

Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Musayelyants Gennady Gurgenovich (Kislovodsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Vehicles and Processes" North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Павленко Евгений Александрович (г. Пятигорск, Россия) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные средства и процессы» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, етаіl: evgeneip@bk.ru).

Pavlenko Evgeniy Aleksandrovich (Pyatigorsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Vehicles and Processes" North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56, 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Сысоев Дмитрий Константинович (г. Пятигорск, Россия) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные средства и процессы», ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, пр. 40 лет Октября, д. 56, е-таіl: kaftsp@pfncfu.ru).

Sysoyev Dmitriy Konstantinovich (Pyatigorsk, Russia) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Vehicles and processes", North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, 56 40 Let Oktyabrya ave, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

# ВКЛАД СОАВТОРОВ

Мусаелянц Г. Г. Участие в написание основного раздела статьи, математическое сопровождение при выполнении расчётов (вклад 40%).

Павленко Е.А. Непосредственный автор идеи, написание основной части и результатов исследования, выполнение математических расчётов и обработка данных (вклад 45%).

Сысоев Д.К. Участие в написании аннотации, работа литературными источниками (вклад 15%).