

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ МНОГОУРОВНЕВОЙ АДАПТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

В статье представлен методологический подход к созданию многоуровневой адаптивной технологии диагностирования электронных систем автомобилей с целью обеспечения их работоспособного состояния. Данный подход комплексно отражает основные направления развития диагностики электронных систем автотранспортных средств, связанные как с различием конструктивного исполнения элементов электронных систем, так и различной укомплектованностью автотранспортных средств электронными системами.

Ключевые слова: Электронные системы, теория информации, теория распознавания образа, многоуровневая адаптивная технология диагностирования

Планово-предупредительная система обеспечения работоспособности автотранспортных средств предусматривает проведение профилактических воздействий с определенной периодичностью и в установленном объеме [1]. В полной мере это относится и к электронным системам, как неотъемлемой части большинства современных автотранспортных средств. При всех известных достоинствах планово-предупредительной системы можно выделить и ряд недостатков, к которым относятся:

- отсутствие индивидуального подхода к обеспечению работоспособности автотранспортного средства;
- увеличение затрат времени на выполнение регламентных работ;
- увеличение расхода материально-технических ресурсов на обеспечение работоспособности транспортных средств.

Развитие мировой индустрии автостроения связано с увеличением доли, сложности и стоимости электронных систем в конструкции автомобилей. Их использование направлено на снижение расхода топлива, концентрации вредных веществ в отработавших газах, повышение мощности, активной и пассивной безопасности, управляемости и комфортабельности автотранспортных средств [2]. С позиции технической эксплуатации автомобилей внедрение электронных систем связано с появлением затрат времени и средств на их техническое обслуживание и ремонт. Сложность представляет также разнообразие комплектаций автотранспортных средств, что и предоп-

ределяет использование индивидуального подхода к обеспечению работоспособности электронных систем.

Решение проблемы повышения эффективности технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств возможно на основе адаптивного подхода к обеспечению их работоспособности по состоянию, в полной мере учитывающего индивидуальные особенности и возможности автотранспортных средств и их составных частей.

Наиболее полное использование ресурса автотранспортных средств и обеспечение на этой основе высокой эффективности функционирования их электронных систем в процессе эксплуатации осуществимо за счет широкого использования в технологических процессах ТО и ремонта современных методов и средств диагностирования.

В связи с этим сформулированы направления решения поставленной проблемы:

- установление полного перечня объектов диагностирования;
- определение номенклатуры диагностических параметров;
- обоснование номенклатуры диагностических средств;
- разработка диагностических средств;
- формирование технологических процессов диагностирования;
- использование результатов диагностирования для оценки надежности элементов электронных систем, прогнозирования их остаточного ресурса и выбора метода обеспечения их работоспособности;

– установление периодичности и объема технических воздействий.

Установление полного перечня объектов диагностирования связано с анализом конструкции автотранспортного средства и всех возможных его комплектаций. На данном этапе построения системы диагностирования электронных систем автотранспортных средств определяется целесообразность диагностирования, технического обслуживания и ремонта составных частей электронных систем на основе системного анализа и экономико-вероятностного подхода, позволяющего сравнивать различные стратегии и тактики поддержания работоспособности составных частей автотранспортных средств.

В электронных системах автомобилей можно выделить три структуры [3]: функциональную, энергетическую и структуру группирования. Функциональная структура системы определяется выбранными методами и схемами преобразования и использования информации. На начальном этапе использования электронных систем преобладало последовательное преобразование информации, при котором управляющие сигналы датчиков обрабатываются одним электронным блоком управления. Такая схема позволяла эффективно определять техническое состояние элементов электронных систем. С развитием электронных систем сигналы различных датчиков принимаются и обрабатываются несколькими различными по назначению блоками управления, что значительно усложняет процесс определения технического состояния электронных систем. Многообразие и различие в конструкции отдельных элементов электронных систем автотранспортных средств по-разному влияют на работоспособность автомобиля в целом, что усложняет процесс постановки диагноза.

Структура группирования связана с конструктивным размещением элементов электронных систем, обеспечивающим эффективность использования системы в эксплуатации, но затрудняющим определение неисправностей компонентов системы.

При формировании системы диагностирования электронных систем важно установить взаимосвязь функциональной и энергетической структур со структурой группирования.

Достоинством такого подхода является учет взаимосвязи вероятностных и стоимостных факторов, обеспечивающих проведение ТО с оптимальной периодичностью при заданных уровне безотказности и возможности реализации предупредительного ремонта [4].

Определение номенклатуры диагностических параметров основано на анализе особенностей конструкции и условий эксплуатации объектов диагностирования. Данный этап связан с установлением взаимосвязи структурных и диагностических параметров, формированием математических моделей функционирования элементов электронных систем, установлением предельных значений диагностических параметров, разработкой и корректированием нормативно-технической документации с использованием как уже существующих методологических подходов [4, 5], так и с их совершенствованием и разработкой принципиально новых.

Разработка методов диагностики базируется на теории систем, где каждую систему можно определить тремя системными показателями высшего уровня: абсолютным - производительностью, относительным - затратами и интегральным показателем – качеством [6].

На примере электронных систем автомобильных двигателей такими критериями являются мощность N_e , удельный эффективный расход топлива g_e , экологический показатель $\Pi_{экол}$. Предполагаемая модель автомобиля как объекта, подлежащего диагностированию, определяет пространство его допустимых состояний. Процесс диагностирования есть определение факта принадлежности или непринадлежности области допустимых значений параметров состояния автомобиля.

При диагностировании системы, когда она описывается несколькими параметрами, можно считать, что система будет принимать только два состояния – исправное D_1 , когда автомобиль попадает в ограниченную область, и неисправное D_2 , когда автомобиль не попадает в эту область. Состояние системы характеризуется диагностическими параметрами N_e , $\Pi_{экол}$, g_e или вектором x [5]:

$$x = \{N_e, \Pi_{экол}, g_e\}. \quad (1)$$

Исследования, проведенные по разработанным методикам, показали, что на практике об-

щесистемные характеристики новых и находящихся в эксплуатации автомобилей различаются в среднем: N_e – до 25%, g_e – до 29%, а $P_{экол}$ – до 63%.

Обоснование номенклатуры диагностических средств производится с учетом спектра регистрируемых параметров, точности диагноза, трудоемкости диагностирования, возможности автоматизации процесса постановки диагноза, стоимости оборудования. Диагностические параметры должны соответствовать требованиям достоверности, однозначности, стабильности, информативности и контролепригодности [4].

Разработка средств технического диагностирования электронных систем должна происходить одновременно с развитием электронных систем в направлении унификации, мобильности оборудования, расширения возможностей встроенных средств диагностирования, снижения материало- и энергоемкости, трудоемкости диагностических операций, повышения точности и достоверности постановки диагноза, повышения производительности диагностирования [2].

В основе формирования технологических процессов диагностирования использованы положения теории информации, определяющие тестовые воздействия и алгоритмы постановки диагноза, позволяющие выделять диагностическую информацию из общей совокупности регистрируемых сигналов.

С точки зрения теории информации, неопределенность H , создаваемая конечной схемой диагностирования, записывается в виде [7]:

$$H = \log_2 n, \quad (2)$$

где n – количество элементов в системе.

Однозначное определение состояния конечной схемы приводит к последовательному выбору K проверок.

Каждая проверка r несет некоторое количество информации $I(r)$ относительно состояния конечной схемы. Первой выбирается проверка, несущая максимальное количество информации I_{max}

$$I(r) = H - H(r) = I_{max}, \quad (3)$$

где $H(r)$ – средняя условная энтропия состояния схемы при условии выбора проверки r .

Так как при проведении проверки r имеются только два возможных исхода $r=1$ и $r=0$, то

$$H(r) = p(r)H(r) + p(\bar{r})H(\bar{r}), \quad (4)$$

где $p(r)$ – вероятность появления события r ,
 $p(\bar{r})$ – вероятность отсутствия события r ,
 $H(\bar{r})$ – средняя условная энтропия состояния схемы при условии отсутствия события r .

Второй выбирается проверка t , которая обладает наибольшей условной информацией $I(t/r)$ относительного состояния, характеризуемого энтропией $H(r)$:

$$I(t/r) = H(r) - H(t/r), \quad (5)$$

$$H(t/r) = p(t/r)H(t/r) + p(\bar{t}/r)H(\bar{t}/r) + p(t/\bar{r})H(t/\bar{r}) + p(\bar{t}/\bar{r})H(\bar{t}/\bar{r}). \quad (6)$$

Выбор проверок продолжается до тех пор, пока энтропия не станет равной нулю. Испытания заканчиваются на некотором K -м этапе, численное значение которого определяется из выражения

$$H=0 \text{ или } \log_2 n - K = 0. \quad (7)$$

Тогда

$$K = \log_2 n. \quad (8)$$

Распределение контрольных точек в системе с последовательной функциональной структурой зависит от характера интегральной функции распределения относительных вероятностей состояний элементов системы. В зависимости от характера интегральной функции распределения ветви формальной схемы поиска имеют различную протяженность.

Данный подход предопределяет создание и развитие многоуровневой системы диагностирования, при которой на верхнем иерархическом уровне осуществляется комплексный мониторинг системы по комплексным выходным показателям. В случае отклонения установленных значений этих параметров от нормативных производится переход на нижестоящий уровень системы диагностирования, на котором происходит установление неисправного элемента. На следующем уровне производится оценка технического состояния выделенного элемента с установлением конкретной неисправности и ее причины [5].

Процесс диагностирования электронных систем автомобилей с учетом вышеизложенного подхода представлен на рисунке 1.

Каждый из уровней является самостоятельным технологическим процессом и может быть окончательным этапом (рисунок 2).



Рисунок 1. Многоуровневая система диагностирования электронных систем

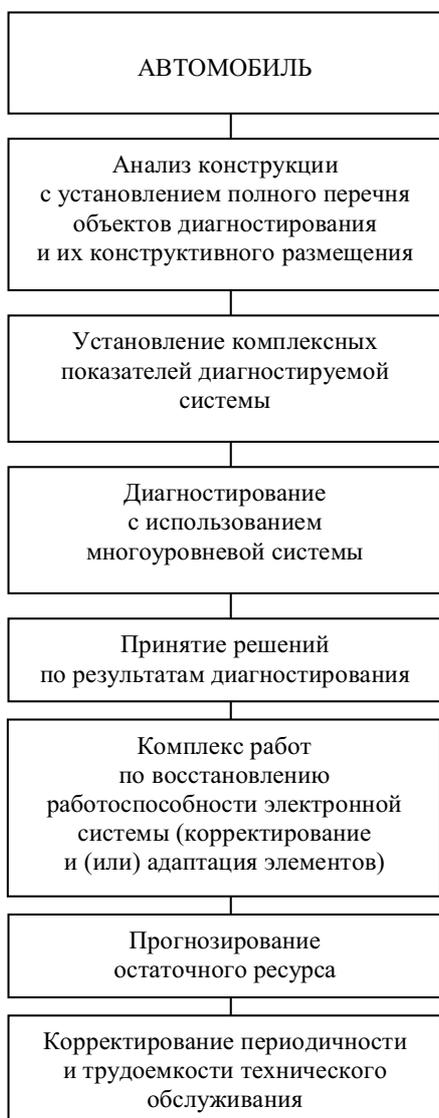


Рисунок 2. Этапы технологического процесса диагностирования электронных систем автомобиля

Многоуровневая система диагностирования позволяет упорядочить применение новых и усовершенствованных старых методик и алгоритмов диагностирования. В результате применения многоуровневой технологии диагностирования автомобилей технологический процесс сократится по времени для электронных систем, техническое состояние которых принадлежит области допустимых значений комплексных параметров.

Одним из важных этапов обеспечения работоспособности элементов электронных систем автотранспортных средств является реализация возможностей корректирования их параметров с помощью существующих технических и программных средств по разработанным методикам.

Так, например, разработана методика и реализован алгоритм корректировки показаний датчика массового расхода воздуха, представленный на рисунке 3.

Разработанный алгоритм позволяет корректировать значения выходных параметров датчика массового расхода воздуха в эксплуатации и приводить выходные параметры автомобильных двигателей к допустимым с помощью введения в программу расчета количества подаваемого топлива электронного блока управления корректирующих коэффициентов.

Анализ результатов реализации методики корректирования значений выходных параметров датчика массового расхода воздуха в эксплуатации показал, что использование разработанной методики в эксплуатации при-

Таблица 1. Значения выходных показателей двигателей до и после корректирования

№ авто	U _{измер}	t _{реак}	До корректирования			После корректирования		
			CO _{xx} %	g _e , г/кВт ч	t _{разгон} , сек	CO _{xx} %	g _e , г/кВт ч	t _{разгон} , сек
1	1,035	32	3,9	646	0,7	0,98	585	0,55
2	1,035	52	4	652	0,8	1,03	581	0,55
3	1,055	32	5,85	670	0,7	1	583	0,55
4	1,055	42	6	683	0,75	1,1	578	0,55
5	1,074	68	7,75	701	0,88	1	583	0,55
6	1,074	92	7,81	705	1	1,05	582	0,55

водит к снижению токсичности отработавших газов в 7 раз, и повышению экономичности до 30%.

Установление периодичности и объема технических воздействий осуществляется индивидуально для каждого автотранспортного средства с учетом его конструктивных особенностей, технического состояния, режимов и условий эксплуатации.

Результаты диагностирования обрабатываются математическими методами с целью получения оценки параметров надежности элементов электронных систем, прогнозирования их остаточного ресурса на основе использования технических, экономических и экологических критериев, а также экономико-вероятностного подхода.

Таким образом, определены основные подходы к обеспечению работоспособности электронных систем автотранспортных средств за счет совершенствования методологической базы диагностики.

Разработанная в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований многоуровневая система диагностирования позволила построить общую технологию диагностирования электронных систем автомобилей, обеспечивающую сокращение трудоемкости работ и увеличение точности и достоверности диагностирования.

10.09.2011

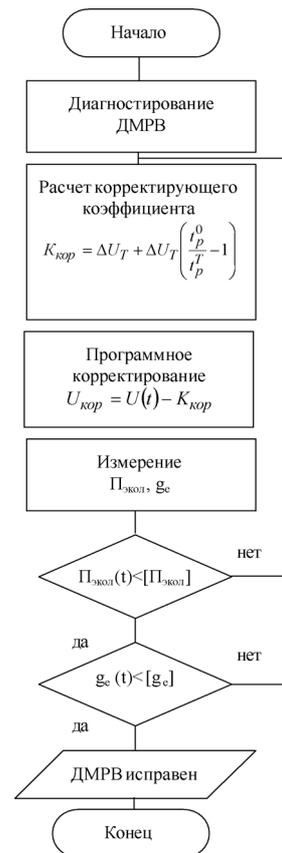


Рисунок 3. Алгоритм корректирования значений выходных параметров датчика массового расхода воздуха в эксплуатации: ΔU_T – отклонение напряжения на датчике при нулевом расходе воздуха от начального значения U_0 ; t_p^0 – время реакции исправного датчика; t_p^T – время реакции датчика при наработке T ; $U(T)$ – выходное напряжение на датчике при наработке T

Список литературы:

1. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / под ред. Е. С. Кузнецова - М.: Наука, 2004. - 535 с.
2. Яхьяев, Н.Я. Основы теории надежности и диагностика / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 256 с.
3. Ксенз, С.П. Поиск неисправностей в радиоэлектронных системах методом функциональных проб./С.П. Ксенз. – М.: Советское радио, 1965. – 133 с.
4. Мирошников, Л.В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л.В. Мирошников, А.П. Болдин, В.И. Пал. – М.: Транспорт, 1977. –263 с.
5. Биргер, И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

6. Абдрашитов, Р.Т. Общесистемная постановка задачи диагностирования двигателей с электронными системами управления / Р.Т. Абдрашитов, А.А. Гончаров // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Сборник докладов шестой Российской научно-технической конференции. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2003. – С. 8 – 11.
7. Верзаков, Г.Ф. Введение в техническую диагностику / Г.Ф. Верзаков, Н.В. Киншт, В.И. Рабинович, Л.С. Тимонен. – М.: Энергия, 1968. – 224 с.

Сведения об авторах:

Бондаренко Елена Викторовна, профессор кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор, e-mail: tera@mail.osu.ru

Гончаров Андрей Алексеевич, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, e-mail: goncharov_osu@rambler.ru

Горлатов Сергей Ефимович, доцент кафедры автомобилей и безопасности движения транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент, e-mail: sgorlatov@yandex.ru

460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 757771

UDC 629.3.052.4

Bondarenko E.V., Goncharov A.A., Gorlatov S.E.

Orenburg state university, e-mail: goncharov_osu@rambler.ru

THE METHODOLOGICAL APPROACH TO CREATION OF MULTILEVEL ADAPTIVE TECHNOLOGY OF DIAGNOSING OF ELECTRONIC SYSTEMS OF CARS

In article the methodological approach to creation of multilevel adaptive technology of diagnosing of electronic systems of cars for the purpose of maintenance of their efficient condition is presented. The given approach in a complex reflects the basic directions of development of diagnostics of electronic systems of the vehicles, connected as with distinction of a design of elements of electronic systems, and various уккомплектованностью vehicles electronic systems.

Keywords: electronic systems, the information theory, the theory of recognition of an image, multilevel adaptive technology of diagnosing.

Bibliography:

1. Smiths, E.S. Technical operation of cars / under the editorship of E.S. Kuznetsova. - M: the Science, 2004. - 535 with.
2. Yachjaev, N.J. bas of the theory of reliability and diagnostics / N.J. Yachjaev, A.V. Korablin. – M: Publishing center «Academy», 2009. – 256 with.
3. Csenz, S.P. Search of malfunctions in radio-electronic systems a method functional prob / S.P. Csenz. – M: the Soviet radio, 1965. – 133 with.
4. Miroshnikov, L.V. Diagnosing of a technical condition of cars at the motor transportation enterprises / L.V. Miroshnikov, A.P. Boldin, V.I. Pal. – M: Transport, 1977.-263 with.
5. Birger, I.A. Technical diagnostics/ I.A. Birger/ – M: Mechanical engineering, 1978. – 240 with.
6. Abdrashitov, R.T. General-system statement of a problem of diagnosing of engines with electronic systems of management / R.T. Abdrashitov, A.A. Goncharov // Progressive technologies in transport systems: the Collection of reports of the sixth Russian scientific and technical conference. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2003. – With. 8 – 11.
7. Verzakov, G.F. Introduction in technical diagnostics / G.F. Verzakov, N.V. Kinsht, V.I. Rabinovich, L.S. Timonen. – M: Energy, 1968. – 224 with.