

### Литература

1. Яковец А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева // Аграрная Россия. – 2011. – № 3. – С. 60–63.
2. Яковец А.В. Обзор сбрасывателей «лишних» семян пневмовакуумных сеялок точного высева // Агро XXI. – 2010. – № 7. – С. 47–51.
3. Повышение качества дозирования семян подсолнечника пневматическим высевальным аппаратом / А.Ю. Несмиян [и др.] // Вестн. Бурятской гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. 2011. – №4 (25). – С. 60–65.
4. Яковец А.В., Шумаков В.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2011. – №3 (22). – С. 68–72.
5. Пат. 2420942 Р.Ф. Пневмовакуумный высевальный аппарат: №2009143251/21; заявл. 23.11.09; опубл. 20.06.11, Бюл. № 17.
6. Яковец А.В. Усовершенствование сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевального аппарата // Агро XXI. – 2011. – № 4–6. – С. 40–41.



УДК 621.43.001.42

А.В. Гриценко

#### РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ С ЧАСТИЧНО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ, А ТАКЖЕ С УСТРАНЕНИЕМ ЛИШНИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*В статье представлен подход к разработке универсальных средств и методов диагностирования систем двигателя внутреннего сгорания с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров*

**Ключевые слова:** *двигатель внутреннего сгорания, техническое состояние, диагностика, метод, средства, параметры, операции.*

А. V. Gritsenko

#### DEVELOPMENT OF THE MEANS AND TECHNIQUES FOR DIAGNOSING WITH PARTIALLY PARALLEL REDUNDANCY OF THE ELEMENTS, AS WELL AS WITH REMOVAL OF THE UNNECESSARY DIAGNOSTIC OPERATIONS AND DIAGNOSTIC PARAMETERS

*The approach to development of the universal means and techniques for diagnosing the systems of internal combustion engine with partially parallel redundancy of the elements, as well as with removal of the unnecessary diagnostic operations and diagnostic parameters is given in the article.*

**Key words:** *internal combustion engine, technical condition, diagnostic operation, technique, means, parameters, operations.*

---

**Цель настоящего исследования** – повышение эффективности диагностирования систем ДВС автомобилей.

**Задачей исследования является** – разработка методологии применения универсальных средств и методов диагностирования систем двигателя внутреннего сгорания с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров.

В настоящее время практически все выпускаемые модели автомобилей оборудуют системой самодиагностики. Причем разработка систем самодиагностики сводится к вытеснению приборной диагностики штатными (бортовыми) средствами контроля и диагностирования, которые по эффективности диагностирования и приспособленности в ряде случаев ни сколько не уступают специальным диагностическим средствам.

Например, ряд датчиков и исполнительных механизмов при их отказе может быть заменен параллельными цепями замещения (частично параллельным резервированием), которые обеспечивают работу автомобиля с некоторым перерасходом топлива, обеспечивая иногда приемлемую экономичность (рис. 1).

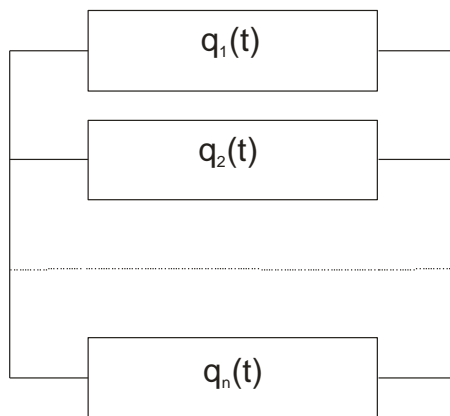


Рис. 1. Структурная схема системы с частично параллельным резервированием элементов

Существуют технические системы с частично параллельным резервированием. Это такие системы, которые оказываются работоспособными в случае отказа нескольких элементов.

Если система представляет собой ряд нагруженных параллельно соединенных  $n$  элементов, изображенных на рисунке 1, то вероятность отказа системы равна [1]

$$Q_n(t) = q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot \dots \cdot q_n(t). \quad (1)$$

При условии одинаковой надежности элементов выражение (1) принимает вид

$$q_n(t) = q^n(t), \quad (2)$$

где  $n$  – число параллельно соединенных элементов.

Тогда вероятность безотказной работы системы определяется по формуле

$$P_n(t) = 1 - Q_n(t) = 1 - q_1(t) \cdot q_2(t) \cdot \dots \cdot q_n(t). \quad (3)$$

При  $q_i(t) = q(t)$

$$P_n(t) = 1 - q^n(t). \quad (4)$$

Формула (4) проста и удобна. Если, например, известна вероятность отказа элемента  $q(t)$  и требуется определить такое число резервных элементов, при котором вероятность отказа  $Q_n(t)$  не будет превосходить заданной величины  $Q(t)$ , т.е.

$$q^n(t) \leq Q(t), \quad (5)$$

тогда из неравенства (5) получим

$$n \geq \frac{\ln Q(t)}{\ln q(t)}. \quad (6)$$

Если же, задавшись числом резервных элементов, определять, какой должна быть надежность каждого из них, то получим

$$q(t) = \sqrt[n]{Q(t)}. \quad (7)$$

Однако не все неисправности датчиков и исполнительных механизмов могут заменяться параллельными цепями замещения. Например, отказ датчика положения коленчатого вала приводит к остановке двигателя, устранение отказа требует замены датчика. Важно рассмотреть, при каких условиях выгодней устанавливать параллельные цепи замещения на автомобиле, а в каких случаях просто производить замену элемента или исполнительного механизма или использовать диагностическое оборудование для обнаружения неисправностей. Суммарные затраты на автомобиль определяются как

$$\sum Z_A = C_A + Z_{ЭМ} + Z_{ТОиТР}, \quad (8)$$

где  $C_A$  – цена автомобиля, руб;

$Z_{ЭМ}$  – затраты на эксплуатационные материалы, руб;

$Z_{ТОиТР}$  – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб.

При оснащении автомобиля параллельными цепями замещения и другими интеллектуальными системами контроля и диагностирования необходимо, чтобы выполнялось условие

$$C_A + Z_{ЭМ} + Z_{ТОиТР} \geq C_A + C_{ДС} + Z_{ЭМ} - Z_{ЭМ}^C + Z_{ТОиТР} - Z_{ТОиТР}^C, \quad (9)$$

где  $C_{ДС}$  – цена устанавливаемых на автомобиль диагностических и контрольных средств, а также параллельных цепей замещения, руб.

$Z_{ЭМ}^C$  – снижение затрат на эксплуатационные материалы за счет установки на автомобиль диагностических и контрольных средств, а также параллельных цепей замещения, руб.

$Z_{ТОиТР}^C$  – снижение затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт, за счет установки на автомобиль диагностических и контрольных средств, а также параллельных цепей замещения, руб.

Снижение затрат на эксплуатационные материалы за счет установки на автомобиль диагностических и контрольных средств, а также параллельных цепей замещения

$$Z_{ЭМ}^C = \sum_{i=1}^k n \cdot l_A \cdot \Delta P_{ЭМ} \cdot l_{An} \cdot C_{ЭМ}, \quad (10)$$

где  $\sum_{i=1}^k n$  – удельное суммарное количество отказов датчиков или исполнительных механизмов на 1000 км пробега, шт/1000 км;

$l_A$  – общий пробег автомобиля к данному моменту времени, км;

$\Delta P_{ЭМ}$  – средний перерасход эксплуатационных материалов на 100 км пробега автомобиля, л/100 км;

$l_{An}$  – суммарный пробег автомобилей при наличии данных неисправностей, км;

$C_{ЭМ}$  – стоимость эксплуатационных материалов, руб.

Снижение затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт за счет установки на автомобиль диагностических и контрольных средств, а также параллельных цепей замещения

$$Z_{ТОиТР}^C = \sum_{i=1}^k (n - n_i) \cdot l_A \cdot \eta \cdot C_{ТОиТР}, \quad (11)$$

где  $\sum_{i=1}^k (n - n_i)$  – разность удельного суммарного количества отказов датчиков или исполнительных механизмов на 1000 км пробега и удельного суммарного количества отказов датчиков или исполнительных механизмов, которые замещены параллельными цепями, шт/1000 км;

$\eta$  – повторность проведения ТО и ТР;

$C_{ТОиТР}$  – стоимость ТО и ТР, руб.

Таким образом из представленных выражений следует, что автомобилестроение движется к все большему внедрению стратегии проведения ТО и ТР по состоянию. Что, как видно из выражения (9), позволит получить экономию средств.

Также путем повышения эффективности эксплуатации является диагностирование с применением высокодостоверных и информативных СТД, обладающих высокой универсальностью.

Цена на универсальное диагностическое средство

$$C_y = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (12)$$

где  $\sum_{i=1}^n C_i$  – цена отдельных модулей универсального СТД;

$n$  – общее количество отдельных модулей универсального СТД.

Предположим, что СТД применяется для диагностирования следующих датчиков и исполнительных элементов: свечи, датчик положения дроссельной заслонки, датчик массового расхода воздуха, регулятор холостого хода, модуль зажигания, датчик кислорода, датчик температуры, электромагнитные форсунки, электробензонасос, датчик детонации.

Использование отдельных модулей универсального СТД в диагностировании неравномерно. Если использование данного универсального СТД представить коэффициентом использования отдельных модулей СТД, то можно записать

$$\eta_y = \sum_{i=1}^n \eta_i, \quad (13)$$

где  $\sum_{i=1}^n \eta_i$  – коэффициенты использования отдельных модулей СТД;

$n$  – общее количество отдельных модулей универсального СТД.

В данном случае коэффициент использования отдельных модулей СТД будет зависеть от частоты обращения клиентов с неисправностями данных датчиков и исполнительных элементов.

Условие эффективности использования данного модуля в диагностировании можно записать

$$\varepsilon_y = \frac{C_1 \cdot \eta_1}{C_1} + \frac{C_2 \cdot \eta_2}{C_2} + \dots + \frac{C_n \cdot \eta_n}{C_n}, \quad (14)$$

где  $C_1, C_2, C_i$  – цена стоимости модуля СТД, руб;

$\eta_1, \eta_2, \eta_i$  – коэффициенты использования отдельных модулей СТД;

$C_1, C_2, \dots, C_i$  – стоимость диагностирования, приходящаяся на данный модуль, руб.

Однако самое сложное в диагностике – выявление случайных факторов, которые приводят к появлению неисправности (попадание соринки, воды, тряса и др.). Сначала нужно найти эпицентр неисправности, системой самодиагностики он не обнаруживается и однозначно выявить его невозможно. Можно воспользоваться методом замены штатных элементов системы и контролем правильности функционирования элемента и системы в целом. Однако в этом случае необходимо соблюдать определенную последовательность действий или действовать в соответствие с алгоритмом. Например, в приведенной схеме имеется несколько элементов, которые обеспечивают функционирование данной системы (рис. 2). Причем вероятности возникновения отказов у этих элементов различны  $P_1 > P_2 > P_3 > P_4$ . Поэтому действие следует начинать с выявления наиболее вероятной неисправности, придерживаясь правила – начинать диагностирование от простого элемента к сложному.

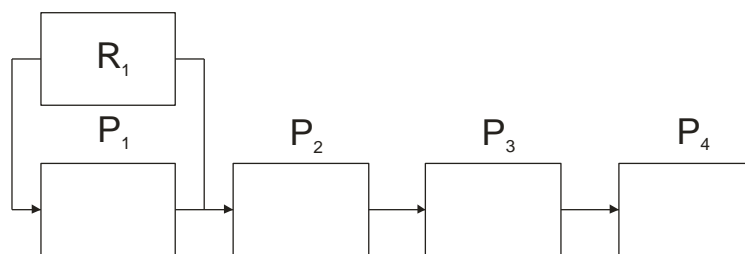


Рис. 2. Схема соединения элементов системы с заменой (шунтированием) элемента с наибольшей вероятностью отказа

Однако элементы электрических схем легче находить замещением (шунтированием), например, элементом  $R_1$ . Однако в некоторых случаях целесообразней будет заменить несколько последовательных элементов (разъем-контакт-провод-контакт-разъем) одним проводом с соединительными разъемами и контактами. Но это бывает очень сложно сделать, когда, например, провод подсоединяется к колодке электронного блока управления. В данном случае уместней будет использовать внешний ЭБУ с собственной подсоединительной проводкой для контакта с датчиками и исполнительными механизмами, что позволит значительно сократить время выполнения подготовительных операций и устранил целый ряд диагностических воздействий (позлементного диагностирования).

Таким образом, введем понятие – коэффициент устранения (замещения) лишних диагностических операций, физический смысл которого можно представить как отношение числа диагностических действий  $z_T$  традиционными методами поиска неисправностей к числу диагностических действий при использовании нового диагностического средства  $z_H$  при сохранении достоверности диагностирования на том же или большем уровне:

$$K_{зд} = \frac{z_T}{z_H}. \tag{15}$$

Также введем понятие – коэффициент устранения (замещения) лишних диагностических параметров, физический смысл которого можно представить как отношение числа диагностических параметров  $n_{дт}$  традиционными методами поиска неисправностей к числу диагностических параметров при использовании нового СТД  $n_{дн}$  при сохранении достоверности диагностирования на том же или большем уровне:

$$K_{здп} = \frac{n_{дт}}{n_{дн}}. \tag{16}$$

Однако количество диагностических параметров, контролируемых новым СТД, может быть меньше, чем традиционных СТД, следовательно, нужно учесть и качественную составляющую при замене традиционных СТД, т.е. должно соблюдаться условие

$$n_{дн} < n_{дт} \text{ при } D_{дн} \geq D_{дт}, \tag{17}$$

$$n_{дн} \geq n_{дт} \text{ при } D_{дн} \geq D_{дт}, \text{ при этом } t_{дн} \ll t_{дт}, \tag{18}$$

где  $D_{дн}$  – достоверность выявления неисправностей новым СТД;

$D_{дт}$  – достоверность выявления неисправностей традиционным СТД;

$t_{дн}$  – трудоемкость диагностирования новым СТД;

$t_{дт}$  – трудоемкость диагностирования традиционным СТД.

Таким образом, можно записать следующее условие:

$$\frac{n_{дн} \cdot t_{дн}}{D_{дн}} < \frac{n_{дт} \cdot t_{дт}}{D_{дт}}. \quad (19)$$

Левая часть неравенства (19) должна стремиться к минимуму.

Если главной задачей при разработке СТД является значительное снижение числа диагностических параметров, то

$$n_{дн} < \frac{n_{дт} \cdot t_{дт} \cdot D_{дн}}{D_{дт} \cdot t_{дн}}. \quad (20)$$

Если достоверность диагностирования новым СТД не изменяется по сравнению с традиционным  $D_{дн} = D_{дт}$ , то

$$n_{дн} < \frac{n_{дт} \cdot t_{дт}}{t_{дн}}. \quad (21)$$

В этом случае необходимо повышать эффективность диагностирования за счет снижения трудоемкости диагностирования  $t_{дн}$ :

$$t_{дн} < \frac{n_{дт} \cdot t_{дт} \cdot D_{дн}}{D_{дт} \cdot n_{дн}} = \frac{K_{зпп} \cdot t_{дт} \cdot D_{дн}}{D_{дт}}. \quad (22)$$

Именно в цепях электронной системы управления двигателем можно достичь наибольшего эффекта от увеличения коэффициента устранения (замещения) лишних диагностических операций и коэффициента устранения (замещения) лишних диагностических параметров. Достичь данной цели можно установкой универсального электронного блока управления с собственной проводкой к датчикам и исполнительным механизмам с функциями управления этими элементами [2].

### Выводы

1. Разработана методология применения универсальных средств и методов диагностирования систем ДВС с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров.
2. Получено условие эффективности при оснащении автомобиля параллельными цепями замещения и другими интеллектуальными системами контроля и диагностирования (9).
3. Установлены условия эффективности использования универсальных СТД (14).
4. Разработано средство – универсальный электронный блок управления с собственной проводкой к датчикам и исполнительным механизмам с функциями управления этими элементами.

### Литература

1. Надежность машин. Т. IV-3 / В.В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 2003.
2. Гриценко А.В., Бакайкин Д.Д., Куков С.С. Отключатель электромагнитных форсунок (догружатель двигателя): информ. листок. №74-006-10 / Челябинский ЦНТИ. – Челябинск, 2010.