

6. Ярошевич В.К. и др. Проблемы повышения долговечности коленчатых валов двигателей / В.К. Ярошевич, М.А. Белоцерковский, Е.Л. Савич // Известия Белорусской инженерной академии. – 2001. – № 2 (12).

7. Лельчук Л.М. и др. Восстановление коленчатых валов с трещинами / Л.М. Лельчук, М.Е. Семенов, А.Е. Фридман. // Техника в сельском хозяйстве. – 1986. – № 10.

8. Шibaков В.Г., Габдуллин Л.В. Восстановление деталей. Критерий их отбора и выбора технологии // Автомобильная промышленность. – 2001. – № 4.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

**Е.Л. Савич, канд. техн. наук, профессор; А.С. Гурский,
ассистент
УО «БНТУ»**

(г. Минск, Республика Беларусь)

Diagnosing of control systems of the engine

The opportunity of replacement of a control system of the engine by its idealized model is shown with the purpose of application of various mathematical methods. The replacement of a control system of the engine by model is connected to allocation basic, essential to production of the diagnosis of the parties and properties by and large connected to a task of definition of a technical status of system. Thus set of the parties and communications, extremely important from the point of view of its functioning as the devices intended for performance of work, become minor at diagnosing and by development of model of the technical device can be excluded. The most universal model of a control system of the engine is the performance it as "of a black box". Obvious advantage of production of the diagnosis with use of analytical model is the opportunity of reception of.

Современные автомобили имеют значительные преимущества по экономическим, экологическим, эргономическим и другим показателям по сравнению с автомобилями, выпускавшимися ранее. Немаловажным является усовершенствование двигателя, его систем и механизмов, в частности, системы управления двигателем. В

современном автомобиле электронный блок управления контролирует и управляет впрыском топлива, зажиганием, содержанием токсичных компонентов в отработавших газах как на уровне изменения впрыска топлива, так и на уровне дожигания непрореагировавших компонентов, сжиганием паров топлива, стабилизацией режима холостого хода, изменением фаз газораспределения и другими системами. Диагностирование электронных систем осуществляют с помощью сканирующего тестера. Однако возникает ряд проблем, связанных с отсутствием возможности считывания неисправностей, несоответствием результатов диагностирования действительности. Проведение бессистемного поэлементного диагностирования не позволяет быстро и качественно определить неисправность. Для усовершенствования процесса диагностирования необходимо тщательно исследовать процессы, протекающие при взаимодействии датчиков, электронного блока управления и исполнительных механизмов.

Замена системы управления двигателем моделью связана с выделением основных, существенных для постановки диагноза сторон и свойств, так или иначе связанных с задачей определения технического состояния системы. При этом множество сторон и связей, исключительно важных с точки зрения ее функционирования как устройства, предназначенного для выполнения работы, становятся второстепенными, и при разработке модели технического устройства могут быть исключены.

Замена системы управления двигателем ее идеализированной моделью позволяет использовать различные математические методы. Математической моделью является множество аналитических, логических, статистических и других качественных соотношений, которые связывают выходные параметры объекта с его входными и внутренними параметрами.

Наиболее универсальной моделью системы управления двигателем является представление ее в виде «черного ящика». Для представления системы управления двигателем, как объекта исследований, в виде «черного ящика» необходимо задать множество всех входных воздействий Y от стимулирующих устройств и внешней среды; множество всех выходных (диагностических) параметров S ; множество всех структурных параметров объекта X ; оператор A , преобразующий множества X и Y в множество S

$$S = A(Y, X), \quad (1)$$

Учитывая, что при диагностировании объекта элементы множества Y стабилизируются (или изменяются по заданному закону), выражение преобразуется в вид

$$S = A(X), \quad (2)$$

Иными словами, любой выходной параметр диагностируемого объекта является функцией его технического состояния при данном состоянии входов.

Если параметры технического состояния объекта $\{x_i\}$ отнести к выходным параметрам, то диагностическая задача формулируется следующим образом: по известным значениям выходных параметров $\{S_i\}$ определить неизвестные значения входных параметров $\{x_i\}$.

Для успешного решения этой задачи необходимо знание вида оператора A , иными словами, необходимо исчерпывающее описание связей между всеми выходными параметрами и всеми возможными состояниями (неисправностями) объекта.

При наличии аналитической модели системы управления двигателем диагностирования задача постановки диагноза в общем виде формулируется следующим образом. Для упрощения составления аналитической модели необходимо рассматривать дифференцированно каждую из выходных цепей управления двигателем (рис. 1-6). Например, управление подачей топлива в цилиндры двигателя как наиболее сложную цепь.

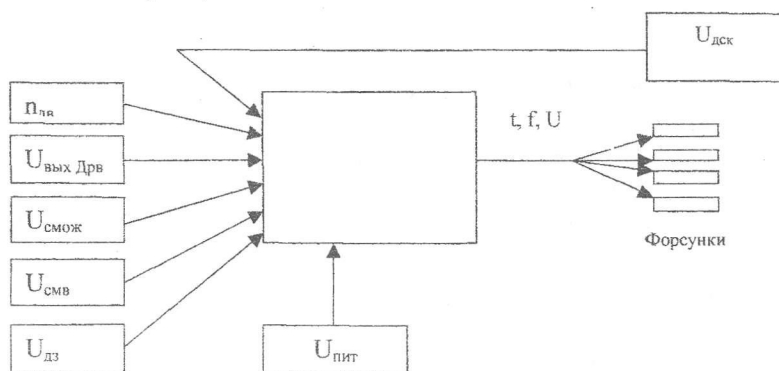


Рис. 1. Блок - схема цепи управления подачей топлива электронного блока, представленная в виде «черного ящика»

Для построения аналитической модели необходимо рассмотреть зависимость выходных параметров системы от входных. Входными параметрами являются частота вращения коленчатого вала двигателя $n_{\text{ДВ}}$, выходное напряжение датчика расхода воздуха $U_{\text{ВЫХДРВ}}$, напряжение смещения датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя $U_{\text{СМОЖ}}$, напряжение смещения датчика температуры всасываемого воздуха $U_{\text{СМВ}}$, напряжение смещения датчика положения дроссельной заслонки $U_{\text{ДЗ}}$, напряжение снимаемое с датчика содержания кислорода в отработавших газах $U_{\text{ДСК}}$, напряжение питания $U_{\text{ПИТ}}$. Выходными параметрами являются длительность (скважность) импульсов впрыска топлива t , частота впрыска топлива f , амплитуда импульсов впрыска топлива U .

$$\left[\begin{array}{c} U_{\text{ВЫХДРВ}} \\ U_{\text{СМОЖ}} \\ U_{\text{СМВ}} \\ U_{\text{ДЗ}} \\ U_{\text{ДСК}} \end{array} \right] = f \left(\begin{array}{c} n_{\text{ДВ}} \\ U_{\text{ПИТ}} \end{array} \right), \quad (3)$$

где t – длительность (скважность) импульсов впрыска топлива;

$U_{\text{ВЫХДРВ}}$ – выходное напряжение датчика расхода воздуха;

$U_{\text{СМОЖ}}$ – напряжение смещения датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя;

$U_{\text{СМВ}}$ – напряжение смещения датчика температуры всасываемого воздуха;

$U_{\text{ДЗ}}$ – напряжение смещения датчика положения дроссельной заслонки;

$U_{\text{ДСК}}$ – напряжение снимаемое с датчика содержания кислорода в отработавших газах;

f – частота импульсов впрыска топлива;

$n_{\text{ДВ}}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя;

U – амплитуда импульсов впрыска топлива;

$U_{\text{ПИТ}}$ – напряжение питания.

Учитывая то, что амплитуда импульсов впрыска топлива является функцией от напряжения питания и должна поддерживаться постоянной, то

$$U = f(U_{\text{пит}}) = \text{const.} \quad (4)$$

После проведения эксперимента было установлено, что от изменения частоты впрыска топлива длительность открытого состояния форсунок не изменяется, поэтому при составлении модели можно принимать частоту открывания форсунок постоянной

$$f = f(n_d), \quad (5)$$

тогда основная зависимость примет вид

$$t = f \begin{bmatrix} U_{\text{выхДРВ}} \\ U_{\text{СМОЖ}} \\ U_{\text{СМВ}} \\ U_{\text{ДЗ}} \\ U_{\text{ДСК}} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

В данной формуле составляющие определяются следующим образом:

$$U_{\text{выхДРВ}} = \int_{\min}^{\max} (U_{\text{BX}} - I_0 R_0) d\gamma, \gamma = \arctan\left(\frac{G_{\text{BV}}}{\mu_B F_H X_H \sqrt{2p\rho_B}}\right), \quad (7)$$

где $U_{\text{выхДРВ}}$ — выходное напряжение датчика расхода воздуха;

U_{BX} — входное напряжение;

$I_0 R_0$ — падение напряжения на балластном резисторе;

$\gamma_{\max}, \gamma_{\min}$ — пределы интегрирования выходного напряжения по углу поворота напорной пластинки;

G_{BV} — часовой расход воздуха, проходящего через расходомер воздуха;

μ_B — коэффициент расхода воздуха через щель;

F_H — площадь напорной пластины расходомера воздуха;

X_H — длина напорной пластины;

Δp — перепад давлений при течении воздуха через щель; ρ_B — плотность воздуха.

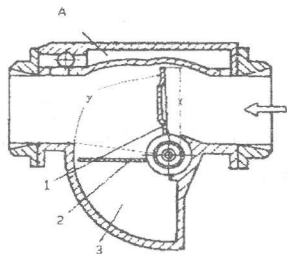


Рис. 2. Измеритель расхода воздуха:

1 – измерительная напорная пластина (заслонка); 2 – пластина демпфера; 3 – камера демпфера; А – байпасный канал; X – длина напорной пластины; γ – угол поворота напорной пластины

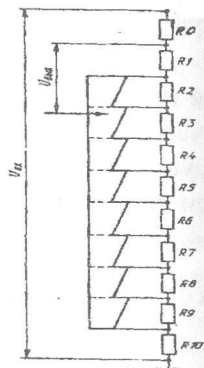


Рис. 3. Принципиальная

схема измерительной части расходомера воздуха: $U_{вх}$ – входное напряжение; $U_{вых}$ – выходное напряжение; $R_0 - R_{10}$ – шунтирующие резисторы

$$U_{смож} = U \left(1 - \frac{R}{R + R_{тож}} \right), R_{тож} = f(T_{ож}), \quad (8)$$

где $U_{смож}$ – выходное напряжение датчика температуры охлаждающей жидкости, снимаемое с делителя;

U – входное напряжение на делителе;

R – добавочный резистор делителя напряжения;

$R_{тож}$ – датчик температуры охлаждающей жидкости; $T_{ож}$ – температура охлаждающей жидкости.

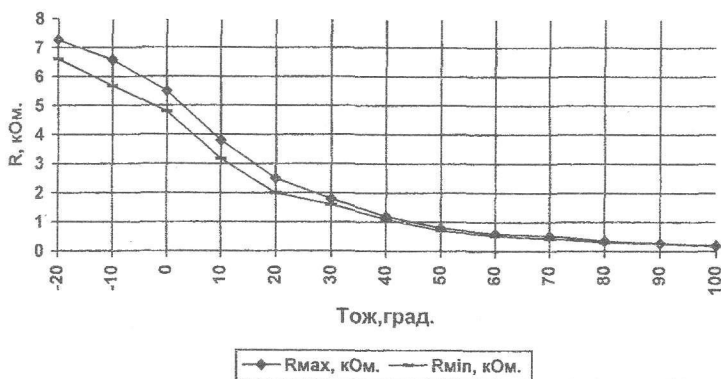


Рис. 4. Характеристика датчика температуры охлаждающей жидкости: $R_{\max}$, $R_{\min}$ – верхний и нижний допуски сопротивления датчика соответственно в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя $T_{ож}$

$$U_{СМВ} = U \left(1 - \frac{R}{R + R_{ТВ}} \right), R_{ТВ} = f(T_B), \quad (9)$$

где $U_{СМВ}$ – выходное напряжение датчика температуры воздуха, снимаемое с делителя;

U – входное напряжение на делителе;

R – добавочный резистор делителя напряжения;

$R_{ТВ}$ – датчик температуры воздуха;

T_B – температура воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.

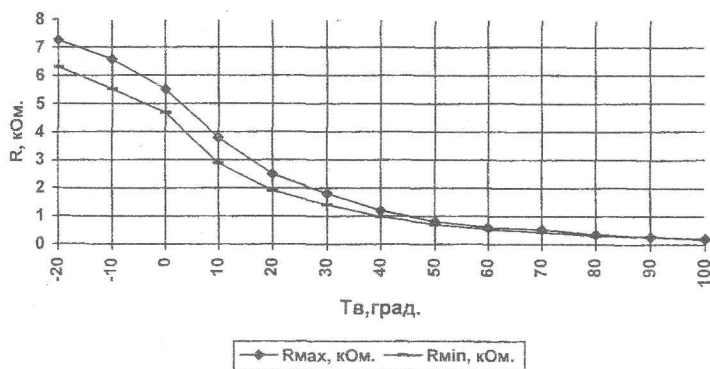


Рис. 5. Характеристика датчика температуры воздуха, поступающего в цилиндры двигателя; $R_{\max}$, $R_{\min}$ – верхний и нижний допуски сопротивления датчика соответственно в зависимости от температуры воздуха T_B , поступающего в цилиндры двигателя

$$U_{ДЗ} = f(\Phi) = const \text{ при } \Phi = const, \quad (10)$$

где $U_{ДЗ}$ – напряжение смещения датчика положения дроссельной заслонки;

$\Phi_{ДЗ}$ – угол поворота дроссельной заслонки.

$$U_{ДСК} = \int_{\min}^{\max} U_{O_2} d\alpha, \alpha = \frac{G_B}{G_T L_0}, \quad (11)$$

где $U_{ДСК}$ – напряжение, снимаемое с датчика содержания кислорода;

U_{O_2} – напряжение;

α – коэффициент избытка воздуха;

G_B – часовой расход воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, кг/ч;

G_T – часовой расход топлива, кг/ч;

L_0 – количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг/ч.

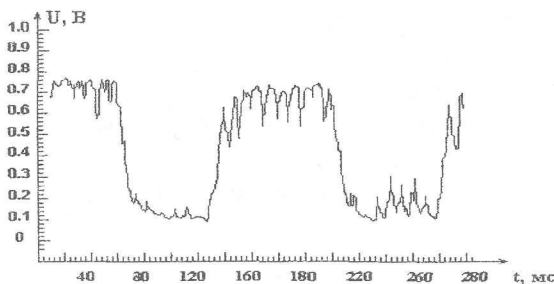


Рис. 6. Осциллограмма сигнала датчика содержания кислорода при работе двигателя внутреннего сгорания в режиме холостого хода: $t_{л}$, мс – длительность развертки луча осциллографа; U , В – напряжение датчика содержания кислорода

Подставляя значения в формулу (6), получаем следующую зависимость:

$$\left[\begin{array}{l}
 \int\limits_{\min}^{\max} (U_{BX} - I_0 R_0) d\gamma \cdot \gamma = \arctan\left(\frac{G_{BY}}{\mu_B F_H X_H \sqrt{2 p \rho_B}}\right) \\
 U\left(1 - \frac{R}{R + R_{TOЖ}}\right), R_{TOЖ} = f(T_{OЖ}) \\
 t = f\left(U\left(1 - \frac{R}{R - R_{TB}}\right), R_{TB} = f(T_B)\right) \\
 U_{ДЗ} = f(\Phi) = const \\
 U_{ДСК} = \int\limits_{\min}^{\max} U_{оп} d\alpha, \alpha = \frac{G_B}{G_T L_0}
 \end{array} \right. \quad (12)$$

Система уравнений (12) есть, по сути, математическая модель системы управления впрыском топлива.

Очевидным преимуществом постановки диагноза с использованием аналитической модели является возможность получения конкретных числовых значений структурных параметров, что позволяет определить техническое состояние системы управления двигателем не только в момент диагностирования, но и, накапливая информацию, полученную за несколько диагностических обследований системы, анализировать изменение структурных параметров с целью прогнозирования ее технического состояния.

Необходимыми условиями практического использования такой аналитической модели являются:

- обязательное установление вида функций f для электронного блока управления конкретного автомобиля;

- соответствие функции f условиям непрерывности и дифференцируемости по каждому из своих аргументов для исключения математических трудностей при выполнении расчетов.

В случае, если диагностические параметры не могут быть выражены в виде аналитических функций структурных параметров (например, изменение химического состава и цвета отработавших газов), используя взаимосвязь между возможными техническими состояниями (неисправностями) и диагностическими параметрами описываются в виде так называемых диагностических матриц, по отношению к системам управления двигателем они могут носить название таблиц неисправностей или таблиц функций неисправностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошников Л.В. и др. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. – М.: Транспорт, 1977.
2. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978.
3. Савич Е.Л. и др. Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / Е.Л.Савич, М.М.Болбас, В.К.Ярошевич. – Мн.: Выш.шк., 2001.
4. Крутов В. И. и др. Топливная аппаратура автотракторных двигателей: Учебник. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Савич Е.Л. Топливная аппаратура легковых автомобилей. Бензин. – Мн.: Рекламное агентство «Автостиль», 1996.

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НАРУЖНОГО ПОСТА МОЙКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Крутов, канд. техн. наук, доцент;
М.А. Бойко, инженер; А.П. Мартинович, студент
УО «БГАТУ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Electric technical method clearing sewage disposal from post external wash agricultural implements

In this article are print result experimental investigations of clearing sewage disposal. Sewage disposal containing oil, different organic soiling, micro – organism and microbe toxin. As the basic ways of clearing were applied electrovection, electrorefining, electromachining, water electrolyze, electrocoagulation. In the result are disinfection water by oil and other soiling as 99,0 – 99,8%.

Поступающие на ремонт или техническое обслуживание тракторы, автомобили, прицепы, сельскохозяйственные машины подлежат наружной мойке. Анализ состава сточных вод наружных постов мойки показывает, что в них содержится песок, остатки растительности, различные механические примеси, загрязненные нефте-