

## **6 СИСТЕМА БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ**

### **6.1 Общие сведения о системе бортовой диагностики ЭСУД**

Бортовая система диагностирования ЭСУД предназначена для непрерывного контроля исправности подключенных датчиков и исполнительных механизмов, а так же для контроля исправности систем, выход из строя которых ведет к увеличению загрязнению окружающей среды. Бортовая система диагностирования ЭСУД представляет собой одну из подсистем ЭБУ, которая реализует функцию самодиагностики посредством специального программного обеспечения.

Во время эксплуатации автомобиля бортовая система диагностики ЭСУД периодически тестирует электрические и электронные системы и их элементы. При обнаружении неисправности записывается код ошибки обнаруженной неисправности в память ЭБУ, после чего при возможности происходит переход на резервный (аварийный) режим управления ДВС. ДВС при этом продолжает работать, и автомобиль может двигаться, однако параметры его работы не будут соответствовать номинальным параметрам. В таких случаях также происходит предупреждение водителя о наличии неисправности в ЭСУД при помощи светового индикатора на панели щитка приборов.

Для того чтобы получить информацию о выявленной неисправности, необходимо осуществить считывание кода из памяти ЭБУ при помощи диагностического тестера (сканера).

### **6.2 Основные сведения о стандарте OBD II**

Программное обеспечение современных бортовых диагностических систем должно соответствовать стандарту OBD II (On-Board Diagnostic).

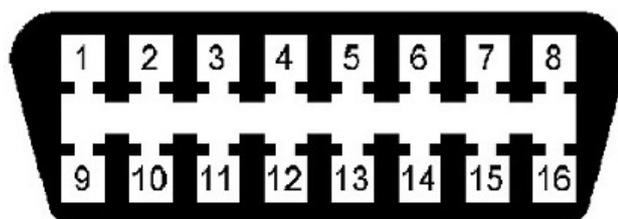
Разработка требований и рекомендаций OBD II велась под эгидой EPA (Environmental Protection Agency – Агентство по охране окружающей среды при правительстве США), при участии CARB (California Air Resources Board – отдел по охране окружающей среды при правительстве штата Калифорния) и SAE (Society of Automotive Engineers – Международное общество автомобильных инженеров). EOBD - европейская бортовая диагностическая система, основанная на спецификации OBD-II.

Основные требования стандарта OBD II:

- наличие стандартного диагностического разъема;
- стандартное размещение диагностического разъема;
- применение стандартных протоколов обмена данными между сканером и автомобилем;
- стандартный список кодов неисправностей;
- возможность сохранения в памяти ЭБУ кадра значений параметров при появлении кода ошибки (Freeze Frame - «замороженный» кадр);
- мониторинг компонентов, отказ которых может привести к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду;
- защита от вмешательств и манипуляций с ЭБУ;
- стандартизированное управление индикаторами неисправности (Malfunction Indicator Lamp - MIL).

В качестве стандартного диагностического разъема OBD II используют шестнадцати контактный штекерный разъем. В этом разъеме стандартизованы и геометрическая форма, и размеры, и предназначение контактов. Этот диагностический разъем является интерфейсом между электронными системами автомобиля и диагностическим тестером (сканером).

Назначение контактов диагностического разъема OBD II показано на рисунке 1.



1 – OEM (протокол производителя); 2 – J 1850 шина+; 3 – OEM; 4 – масса кузова; 5 – сигнальная масса; 6 – ISO/DIS 15765-4 CAN H; 7 – ISO 9141-2 K Line; 8 - OEM; 9 – OEM; 10 - J 1850 шина-; 11 – OEM; 12 – OEM; 13 – OEM; 14 - ISO/DIS 15765-4 CAN L; 15 - ISO 9141-2 L-Line; 16 – напряжение бортовой сети.

Рисунок 1 - Назначение контактов диагностического разъема OBD II

Для обмена данными между диагностическим тестером и электронными системами автомобиля могут применяться специальные протоколы: ISO 9141-2; ISO 14230-4 (KWP 2000); SAE J 1850 VPW; SAE J 1850 PWM; ISO/DIS 15765-4 (Controller Area Network - CAN).

Спецификация OBD-II, предусматривает стандартизированный аппаратный интерфейс и представляет из себя колодку диагностического разъема в форме трапеции (DLC — Diagnostic Link Connector) соответствующую стандарту SAE J1962, с 16-ю контактами.

Диагностический разъем должен находиться в салоне и располагаться в районе рулевого колеса, или в пределах досягаемости водителя.

Структура кодов неисправностей OBD II (Diagnostic Trouble Codes - DTCs) стандартна для всех автомобилей, она регламентируется стандартами ISO 15031-6 и SAE J2012. Код неисправности состоит из пяти знаков (буква латинского алфавита и следующие за ней четыре цифры). Коды делятся на независимые от изготовителей – стандартные коды (generic) и специфические коды производителей (расширенные, extended) . Расшифровка стандартных кодов одинакова для всех автомобилей, поддерживающих OBD II. Специфические коды различаются по разным маркам автомобилей и были

введены автопроизводителями специально для расширения возможностей диагностики.

Формирование кода происходит по единой схеме:

а) первая позиция: P (Powertrain codes) – код связан с работой силового агрегата; B (Body codes) – код связан с работой "кузовных систем"; C (Chassis codes) – код относится к системе шасси (ходовой части); U (Network codes) – код относится к системе взаимодействия между электронными блоками (например, к шине CAN);

б) вторая позиция: 0, 1, 2, 3 - тип кода (стандартный или специфический);

в) третья позиция: подсистема, в которой возникла неисправность;

г) четвертая и пятая позиции: элемент подсистемы, в котором возникла неисправность.

Пример кодов неисправностей: P0131 – Низкое напряжение датчика кислорода, ряд 1, датчик 1; P0201 – нарушение работы форсунки цилиндра №1; P0700 – нарушение системы регулирования КПП.

Система OBD II записывает в регистратор событий пробег с момента появления неисправности, а так же кадр значений параметров, характеризующих работу ДВС.

Система OBD II во время поездки обеспечивает постоянный контроль всех элементов автомобиля, неисправность которых может привести к увеличению токсичности отработавших газов. При возникновении неисправностей, приводящих к превышению установленного предельного содержания вредных веществ в ОГ в 1,5 раза, на панели приборов загорается индикатор неисправности (MIL).

Управление индикатором неисправностей при возникновении неисправностей стандартизируется:

- включение индикатора неисправности не более чем после двух (OBD II) или трёх (EOBD) последовательных циклов движения с одной и той же неисправностью и запись в регистратор событий;

- выключение индикатора неисправностей после трёх последовательных бесперебойных циклов движения с фазой прогрева, в течении которого система контроля, больше не выявляет соответствующую неисправность, а так же прочие неисправности, которые могли бы включить индикатор;

- удаление кода неисправности из запоминающего устройства после не менее чем сорока циклов движения с фазой прогрева при отсутствии неисправностей.

Индикатор неисправностей должен загораться перед запуском ДВС при включении зажигания и погаснуть после запуска, если прежде не будет выявлена какая – либо неисправность.

При возникающих пропусках зажигания индикатор неисправности мигает. Мигание должно продолжаться до тех пор, пока не будет прекращена подача топлива в неисправный цилиндр. Когда будет перекрыта подача топлива, индикатор неисправностей будет гореть постоянно.

Система бортовой диагностики при определенных условиях может быть деактивирована (отключена). Деактивация (отключение) происходит, когда существует высокая вероятность ложного срабатывания системы бортовой диагностики, например:

- автомобиль эксплуатируется на высоте более 2400 м (CARB OBD II) или 2500 м (EOBD) над уровнем моря;

- уровень топлива в баке менее 15% (CARB OBD II) или менее 20% (EOBD);

- пониженное напряжение бортовой сети и.т.п.

Изготовители обязаны обеспечить защиту систем OBD от манипуляций и несанкционированного перепрограммирования характеристик.

Стандарт OBD II предусматривает ряд стандартизированных режимов диагностики (modes):

- а) Считывание текущих параметров работы системы управления силовым агрегатом (Mode 1 PID Status & Live PID Information);

б) Получение сохраненного кадра текущих параметров работы системы управления на момент возникновения кодов неисправностей (Mode 2 Freeze Frame);

в) Считывание и просмотр кодов неисправностей (Mode 3 Read Diagnostic Trouble Codes (DTCs));

г) Очистка диагностической памяти (Mode 4 Reset DTC's and Freeze Frame data) - стирание кодов неисправностей, кадра текущих параметров, результатов тестов датчиков кислорода, результатов тестовых мониторов;

д) Считывание и просмотр результатов теста датчиков кислорода (Mode 5 O2 Sensor Monitoring Test Result);

е) Запрос последних результатов диагностики однократных тестовых мониторов (тестов, проводимых один раз в течение поездки) (Mode 6 Test results, non - continuously monitored);

ж) Запрос результатов диагностики непрерывно действующих тестовых мониторов (тестов, выполняемых постоянно, пока выполняются условия для проведения теста) (Mode 7 Test results, continuously monitored);

з) Управление исполнительными механизмами (Mode 8 Request Control of On-Board System Test or Component) ;

е) Запрос информации о диагностируемом автомобиле (Mode 9 Request vehicle information).

Необходимо учитывать, что не на всех автомобилях электронные системы управления поддерживает все перечисленные функции, так же не каждый диагностический тестер (сканер) для OBD II может дать диагностику возможность использовать все перечисленные режимы.

### 6.3 Структура программного обеспечения систем OBD II

Диагностика в системах стандарта OBD II осуществляется программой Diagnostic Executive, в состав которой в свою очередь входят специальные подпрограммы – мониторы, которые контролируют исправность отдельных

функциональные систем. С помощью мониторов EM (emission monitor) контролируются системы, неисправность которых может вызвать увеличение концентрации вредных веществ в отработавших газах. В составе Diagnostic Executive могут функционировать следующие мониторы EM:

- а) монитор каталитического нейтрализатора;
- б) монитор датчиков кислорода;
- в) монитор пропусков воспламенения;
- г) монитор топливной системы;
- д) монитор системы улавливания паров топлива в баке и т.д.

Остальные элементы контролируются монитором ССМ (comprehensive component monitor). Монитор ССМ контролирует входные и выходные сигналы компонентов и подсистем, которые не охвачены мониторами EM. Монитор СММ может обнаружить обрыв, замыкание цепи или несоответствие сигнала норме. Проводятся так же тесты на «рациональность» для входных и «функциональность» для выходных сигналов, проверяющие соответствие значений сигналов режиму работы. Монитор СММ может контролировать следующие элементы:

- а) датчик абсолютного давления во впускном коллекторе;
- б) датчики температуры охлаждающей жидкости и воздуха;
- в) датчики положения педали акселератора и дроссельной заслонки;
- г) датчик положения коленчатого вала;
- д) датчик положения распределительного вала и т.д.;

Каждый монитор может осуществить тестирование во время поездки при выполнении определенных условий. Критерием может быть время после запуска ДВС, частота вращения коленчатого вала, скорость движения автомобиля, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости и т.д.

Мониторы Diagnostic Executive могут осуществлять три вида тестов:

- а) пассивный тест – мониторинг за значениями параметров системы или цепи;

б) активный тест – данный тест реализуется, если система не проходит пассивный тест, предполагается реализация тестового воздействия и регистрация реакции системы на него (тестовое воздействие должно оказывать минимальное воздействие на текущую работу проверяемой системы);

в) расширенный активный тест – данный тест выполняется, если система не прошла пассивный и активный тесты, тестовое воздействие может заключаться в изменении режимы работы ДВС и подсистем.

Результаты выполнения тестов передаются от мониторов Diagnostic Executive, коды ошибок обнаруженных неисправностей записываются в память ЭБУ, загорается индикатор неисправностей (MIL).

### 6.3.1 Монитор каталитического нейтрализатора

Каталитический нейтрализатор – важнейший элемент системы очистки отработавших газов бензинового ДВС. Контроль функционирования каталитического нейтрализатора происходит опосредовано путем использования второго датчика кислорода, установленного за нейтрализатором и называемого диагностическим датчиком.

Система управления подачей топлива в бензиновом ДВС является релейным стабилизатором стехиометрического состава топливовоздушной смеси. Состав смеси колеблется около  $\lambda = 1$  с определенной частотой. Из-за постоянного изменения состава смеси изменяется и концентрация кислорода в ОГ. Способность нейтрализатора накапливать и отдавать кислород смягчает эти изменения (концентрация кислорода в отработавших газах на выходе из нейтрализатора стабилизируется), в результате напряжение на выходе диагностического датчика кислорода практически не имеет колебаний и соответствует в зависимости от конструкции системы богатой или бедной топливовоздушной смеси.

Сравнивая сигналы первого (управляющего) и второго (диагностического) датчиков кислорода система распознает возможные неисправности нейтрализатора.

У неисправного нейтрализатора способность накапливать кислород почти отсутствует. Состав отработавших газов на входе и на выходе нейтрализатора почти одинаков. В этом случае сигналы обоих датчиков кислорода почти идентичны, если не считать небольшого фазового смещения, обусловленного временной задержкой. При обнаружении совпадения сигналов датчиков кислорода монитор регистрирует неисправность и активирует индикатор неисправности MIL.

### 6.3.2 Монитор датчиков кислорода

Монитор проводит различные тесты в зависимости от того, где расположен датчик – на входе или на выходе каталитического нейтрализатора. Для обоих датчиков проверяется исправность цепей нагревателей, путем измерения силы тока, протекающего через нагревательный элемент. Для датчика кислорода на входе нейтрализатора проверяются значения напряжения при высоком и низком уровнях сигнала и частота переключения. Частота переключений датчика кислорода определяется по числу пересечения сигналом с датчика среднего уровня 450 мВ за определенное время. Так же, монитор определяет длительность фронта сигнала и среднее время реакции данного датчика. Для датчика кислорода на выходе нейтрализатора, монитор проводит два теста: при работе на богатой и на бедной смеси, путем длительного, целенаправленного изменения состава смеси либо при движении автомобиля в режимах ускорения и принудительного холостого хода. При работе на обогащенной смеси монитор отслеживает, что бы на выходе датчика было высокое напряжение, при работе на бедной смеси – низкое. При обнаружении неисправностей

датчиков кислорода монитор регистрирует неисправность и активирует индикатор неисправности MIL.

### 6.3.3 Монитор пропусков воспламенения в цилиндрах ДВС

Пропуски воспламенения в цилиндрах ДВС приводят к увеличению количества углеводородов в отработавших газах. Значительное количество несгоревших углеводородов, попадая в нейтрализатор, могут привести к его термическому повреждению. Термические повреждения могут так же получить и датчики кислорода.

Анализ пропусков воспламенения выполняется селективно по отдельным цилиндрам по сигналам датчиков положения коленчатого вала и распределительного вала. При пропуске воспламенения давление в цилиндре во время рабочего хода ниже нормы, движение поршня и коленчатого вала замедляется. ЭБУ по сигналу датчика положения коленчатого вала отслеживает угловую скорость коленчатого вала и возможные неравномерности вращения. Путем сопоставления информации с датчиков положения коленчатого и распределительного валов ЭБУ идентифицирует цилиндр, в котором произошел пропуск воспламенения. При возникновении пропусков воспламенения ЭБУ может прекратить подачу топлива в соответствующем цилиндре или цилиндрах.

При определенных условиях эксплуатации, таких как режим принудительного холостого хода, регулирование угла опережения зажигания по сигналу датчика детонации и сигналу системы ASR или при очень быстрой смене нагрузок, монитор пропусков воспламенения не функционирует.

### 6.3.4 Монитор системы подачи топлива

При эксплуатации ДВС в силу ряда причин происходит изменение его состояния. Для поддержания требуемых параметров ДВС с учетом изменения его состояния в течение всего срока эксплуатации используются управление с обратными связями по сигналам датчиков кислорода и датчика детонации. ЭСУД осуществляет контроль фактических параметров ДВС и в случае необходимости корректирует управляющие параметры.

По сигналу датчика кислорода оценивается содержание кислорода в отработавших газах, а по содержанию кислорода в свою очередь определяется отклонение от стехиометрического состава сгорающей топливо - воздушной смеси, в случае необходимости ЭБУ производит корректировку соотношения воздух-топливо за счет коррекции продолжительности управляющих импульсов, поступающих на форсунки.

Величина коррекции – это параметр, который показывает насколько необходимо изменить длительность управляющих импульсов, поступающих на форсунки, относительно расчетного (базового) значения для поддержания оптимального состава смеси.

Различают следующие виды коррекции продолжительности управляющих импульсов, поступающих на форсунки:

- а) кратковременная коррекция (Short Term Fuel Trim);
- б) долговременная коррекция - адаптация (Long Term Fuel Trim).

ЭСУД в режиме работы с обратной связью осуществляет релейную стабилизацию стехиометрического состава топливовоздушной смеси, при этом состав смеси постоянно колеблется между богатой и бедной смесью с определенной частотой в заданном диапазоне. Данные колебания состава топливовоздушной смеси обусловлены реализацией кратковременной коррекции продолжительности управляющих импульсов, поступающих на форсунки. Если возникает необходимость в значительных изменениях продолжительности управляющих импульсов, и при этом значения данных

изменений выходят за допустимые границы кратковременной коррекции, то в этом случае дополнительно осуществляется долговременная коррекция (адаптация) продолжительности управляющих импульсов. Значение коэффициента долговременной коррекции сохраняется в памяти ЭБУ после выключения зажигания. Этот параметр – результат адаптации ЭСУД к текущему состоянию ДВС.

Как правило, долговременная коррекция продолжительности управляющих импульсов, поступающих на форсунки осуществляется при:

- нештатном поступлении дополнительного количества воздуха через различные неплотности;
- изменении давления топлива в рампе;
- изменении расходных характеристик форсунок в результате загрязнений или износа и т.д.

Значения коэффициентов коррекции входят в число параметров, получаемых от ЭБУ диагностическим тестером (сканером).

Монитор системы подачи топлива контролирует средние и мгновенные значения коэффициентов коррекции. В случае, когда ЭБУ посредством коррекции подачи топлива уже не может компенсировать изменение состояния ДВС, т.е. значения коэффициентов коррекции достигли заданные пределы, в память записывается соответствующий код неисправности и загорается индикатор неисправности MIL.

### 6.3.5 Монитор системы улавливания паров топлива

Для контроля системы улавливания паров топлива используется сигнал датчика кислорода, установленного до нейтрализатора. Сигнал анализируется при открытом и закрытом клапане продувки адсорбера и сравнивается на протяжении нескольких циклов регулирования. Если при заполненном адсорбере клапан будет включен, то смесь будет обогащаться, что распознает ЭБУ по сигналу первого датчика кислорода. Так же для

контроля системы улавливания паров топлива применяется метод модуляции давления. При этом электромагнитный клапан через запрограммированные короткие интервалы времени открывается и закрывается. В результате возникают колебания давления во впускном коллекторе, определяемые по сигналу датчика абсолютного давления. Сигналы сравниваются с заданными значениями и при выходе их за допустимые пределы загорается индикатор неисправности MIL и регистрируется неисправность.

### 6.3.6 Монитор ССМ (Comprehensive component monitor)

Система бортовой диагностики в рамках комплексной проверки компонентов с помощью монитора СММ проверяет элементы ЭСУД, работа которых не контролируется мониторами ЕМ. Монитором СММ проверяется исправность датчиков, исполнительных механизмов и выходных каскадов ЭБУ.

Датчики проверяются на наличие дефектов в соединительных электроцепях, на нахождение выходного сигнала в заданном диапазоне, на нарушение достоверности. Под возможными дефектами в соединительных электроцепях подразумеваются короткие замыкания сигнальных проводников на «массу» или на проводник с положительным потенциалом, короткие замыкания в цепях питания, обрывы в электроцепях. При проверке нахождения выходного сигнала датчика в заданном диапазоне величина напряжения сигнала сравнивается с нижним и верхним предельными значениями измерительного диапазона. Для повышения эффективности диагностирования дополнительно производится проверка сигналов датчиков на достоверность, при этом регистрируемое в определенный момент выходное напряжение датчика сравнивается не с установленными границами всего измерительного диапазона, с более узкими границами, которые определяются режимами работы ДВС в текущий момент времени. Такие проверки могут быть реализованы путем сравнения, например,

выходного напряжения какого либо датчика со значением, рассчитанным по заложенной математической модели на основании информации, получаемой с других датчиков.

Исполнительные механизмы проверяются на наличие дефектов в электрических соединительных цепях и в некоторых случаях на правильное функционирование. Проверка правильности функционирования производится путем контроля за соответствием реагирования исполнительного механизма на поступающий из ЭБУ сигнал.