



На сегодняшний день уже миллионы владельцев автомобилей и тысячи техников слышаны об этих датчиках и готовы иногда часами обсуждать нюансы их влияния на состояние современного автомобиля. Но автомобили постоянно совершенствуются и требования к токсичности его выхлопных газов становятся все более жесткими. Поэтому конструкторы современных инжекторных систем вынуждены совершенствовать системы управления и применять более совершенные датчики. И вместо обычных датчиков содержания кислорода, которые по старинке называют «Лямбда-зондами», в настоящее время применяются датчики, которые в состоянии более точно проверять состав выхлопных газов. Конструкция и методики проверки таких датчиков радикально отличаются от общеизвестных. Поэтому я предлагаю вашему вниманию новую редакцию этой известной публикации¹.

На мой взгляд, на этой фотографии слева направо представлены четыре основные причины неисправности этих датчиков.

Первая - неисправность контактов электрических разъемов и проводки автомобиля. Это относительно несложные поломки, так как легко устраняются после проверки соответствующих параметров с помощью сканера или тестера. А также проверки проводки для нахождения обрыва или замыкания.

Вторая неисправность несколько сложнее, так как ее истоки достаточно субъективны и иногда просто неожиданны. Это так называемый «человеческий фактор». На фотографии показано то, что осталось после поломки датчика, но недобросовестные исполнители посчитали, что, залепив затылок датчика, они смогут обмануть блок управления инжекторной системой этого Matrix 2005 г.в. и заодно владельца автомобиля. Но к счастью это не удалось.

Следующий сабж - пример разгильдяйства владельца. На фото показан результат безответственного отношения к своему автомобилю. Дескать, «ну что, что не гаснет эта идиотская лампочка? Снял клемму на пару минут - она и гаснет!». Но, такой «народный умелец» не хочет понять, что отключение аккумулятора только стирает коды неисправности и не устраняет причину неисправности. Так и хочется такому горе-владельцу напомнить объявление в зоопарке: «Не пугайте страусов! В вольерах бетонный пол!». При топливной коррекции более 30-40 % выхлопной тракт раскаляется до вишневого цвета минут за 10-15... На фотографии представлен результат термического разрушения (оплавления) металлического защитного колпачка датчика.

Справа на фото показано состояние датчика после заправки автомобиля жидкостью лишь внешне напоминающей бензин. Избыточное содержание октаноповышающих добавок на основе марганца не только свой «кроваво-красный след» на поверхности, но и полностью «отравило» чувствительный элемент этого датчика состава топливной смеси.

И если с первой и последней причиной мы бессильны бороться, то устранение информационного «голода», невежества и предрассудков - вполне по силам как автовладельцам, так и работникам сервисных станций. Этому и посвящена книга, фрагменты из которой предлагаются вашему вниманию.

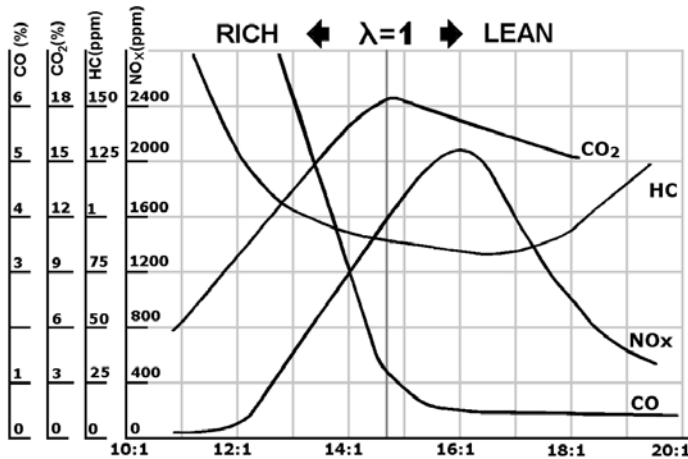
Описание обычных кислородных датчиков

Как известно, для правильной работы бензинового двигателя, необходимо определенное соотношение между объемами топлива и воздуха, которые поступают в цилиндры.

Блок управления (БУ) системой подачи топлива предназначен для поддержания этого соотношения в пропорции, наиболее соответствующей температурным условиям и нагрузке на двигатель. При этом

¹ Лещенко В.П., «Кислородные датчики», М, Легион-Автодата, 2003

Лямбда-зонды (часть 1)

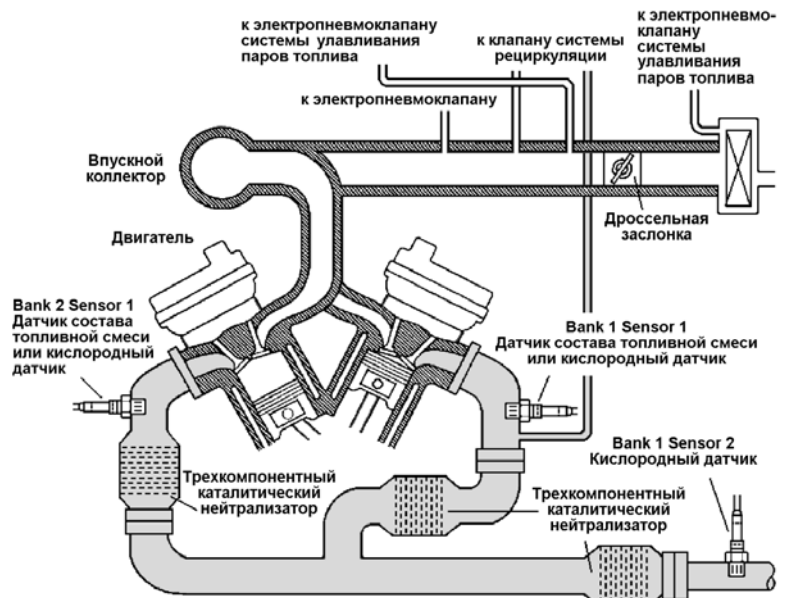


содержания вредных веществ в отработавших газах в зависимости от степени обогащения смеси.

Строго говоря, значение коэффициента состава смеси определяется не только содержанием кислорода в отработавших газах. Его величина зависит и от содержания других веществ (CO, CO₂, NO_x, HC). Кроме этого, обязательно учитываются параметры применяемого топлива. Для расчета точного значения λ-коэффициента обычно используется уравнение Бретшнейдера (Dr. J. Brettschneider³).

БУ определяет состав смеси (Лямбда-коэффициент) по напряжению кислородного датчика, которое, в свою очередь, зависит от содержания остаточного кислорода в отработавших газах автомобиля. Поэтому для определения этого датчика стали использовать термин Лямбда-зонд. Остальные названия этого датчика (Lambda-Zonde, O₂ sensor, Oxygen Sensor) являются результатом использования дословного перевода, аббревиатуры и т.п.

Этот датчик располагается в выпускном коллекторе двигателя. В современных системах впрыска топлива часто применяется несколько датчиков содержания кислорода. В одних случаях это определяется конструкцией выпускного коллектора (V-образные двигатели), в других дополнительные датчики располагаются после каталитического нейтрализатора и используются для проверки его состояния и состояния основных датчиков кислорода. На рис. 2. схема расположения кислородных датчиков.



В зависимости от напряжения кислородного датчика, БУ корректирует параметры смеси согласно

обязательно соблюдению требований экономичности и защиты окружающей среды и достижения определенных технических параметров.

Исторически сложилось характеризовать отношение количества воздуха к количеству топлива, которое поступает в цилиндры двигателя внутреннего сгорания, коэффициентом Лямбда (λ). При стехиометрическом составе топливно-воздушной смеси (отношение количества воздуха к количеству топлива примерно 14.7:1) коэффициент λ=1 и смесь в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания является оптимальной. При отклонении состава смеси происходит изменение состава отработавших газов². На рис. 1 показано изменение

содержания вредных веществ в отработавших газах в зависимости от степени обогащения смеси.

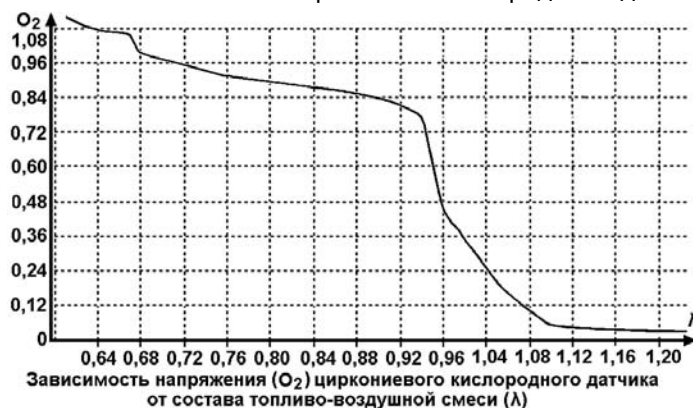
Строго говоря, значение коэффициента состава смеси определяется не только содержанием кислорода в отработавших газах. Его величина зависит и от содержания других веществ (CO, CO₂, NO_x, HC). Кроме этого, обязательно учитываются параметры применяемого топлива. Для расчета точного значения λ-коэффициента обычно используется уравнение Бретшнейдера (Dr. J. Brettschneider³).

БУ определяет состав смеси (Лямбда-коэффициент) по напряжению кислородного датчика, которое, в свою очередь, зависит от содержания остаточного кислорода в отработавших газах автомобиля. Поэтому для определения этого датчика стали использовать термин Лямбда-зонд. Остальные названия этого датчика (Lambda-Zonde, O₂ sensor, Oxygen Sensor) являются результатом использования дословного перевода, аббревиатуры и т.п.

Этот датчик располагается в выпускном коллекторе двигателя. В современных системах впрыска топлива часто применяется несколько датчиков содержания кислорода. В одних случаях это определяется конструкцией выпускного коллектора (V-образные двигатели), в других дополнительные датчики располагаются после каталитического нейтрализатора и используются для проверки его состояния и состояния основных датчиков кислорода. На рис. 2. схема расположения кислородных датчиков.

В зависимости от напряжения кислородного датчика, БУ корректирует параметры смеси согласно

заложенным в нем алгоритмам (программам) управления. При прогревом двигателя и исправной системе впрыска, система находится в режиме управления с обратной связью по напряжению датчика содержания кислорода ("Closed Mode"). В этом режиме происходит так называемое лямбда-регулирование количеством топлива подаваемого в цилиндры. При этом коэффициент коррекции состава топливно-воздушной смеси составляет от 0.8 до 1.2 (± 20%) относительно расчетного значения. Например, если БУ определяет смесь как



² Состав выхлопных газов зависит и от других факторов.

³ "Bosch technische Berichte", Vol 6 (1979) No.4, Pages 177-186

бедную (низкое выходное напряжение), то он увеличивает время открытого состояния форсунок, что увеличивает количество топлива, и затем проверяет реакцию двигателя (т.е. вновь "считывает" напряжение на датчике). В зависимости от результата - продолжает увеличивать количество топлива или, если произошло перегуливание, и смесь слишком обогатилась и выходное напряжение возросло, уменьшает время открытого состояния форсунок.

При неисправном датчике БУ переходит в режим, при котором его напряжение не учитывается для определения параметров смеси, т.е. в режим управления без обратной связи по выходному напряжению кислородного датчика ("Open Loop Mode"). В этом режиме БУ продолжает управлять составом смеси с учетом температуры двигателя, нагрузки и других параметров.

При этом возможны следующие состояния:

- обогащение состава топливно-воздушной смеси, следствием чего является
 - увеличение содержания CO и CH
 - неустойчивая частота вращения холостого хода
 - "плавающая" частота вращения коленчатого вала
 - перегрев каталитического нейтрализатора
 - увеличение расхода топлива
- при обеднении смеси может происходить
 - увеличение содержания CH и NOx
 - "стремление" двигателя заглохнуть
 - "подергивание" на холостом ходу
 - неустойчивая частота вращения холостого хода
 - "плавающая" частота вращения коленчатого вала
 - пропуски вспышек в цилиндрах
 - ухудшению динамических свойств

Обычно в режиме разомкнутой обратной связи используется коэффициент коррекции состава смеси равный 1.0.

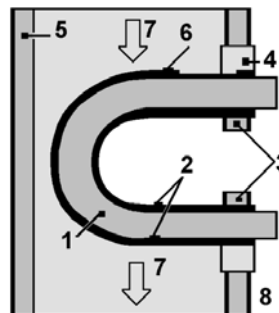
Кроме этого, режим управления составом смеси без обратной связи реализуется:

- при запуске двигателя,
- в режиме прогрева,
- при резком ускорении (открывании дроссельной заслонки),
- при отключении подачи топлива,
- при полностью открытой дроссельной заслонке,
- при наличии неисправности в системе впрыска.

Обычно используются датчики на основе двуокиси циркония (ZrO_2) или двуокиси титана (TiO_2) с использованием иттрия (Y), платины (Pt), палладия (Pd), сложных соединений на основе алюминия (Al). Конструктивно датчик выполнен в виде металлического корпуса, в котором находится чувствительный элемент с платиновыми электродами (рис. 4). Один электрод находится в потоке выхлопных газов, а второй - в атмосфере (рис. 4).

Устройство циркониевого кислородного датчика

1. Электролит ZrO_2
2. Электроды
3. 4. Контакты
5. Выпускной коллектор
6. Защитный кожух
7. Отработавшие газы
8. Окружающий воздух



Пористая керамика на основе ZrO_2 легированная оксидом иттрия, является твердым электролитом, т.е. проводит ионы кислорода. После прогрева до рабочей температуры между электродами Pt/ ZrO_2 /Pt возникает напряжение, величина которого определяется разностью содержания кислорода в отработавших газах двигателя (0,1...2 %) и в наружном воздухе (21 %).

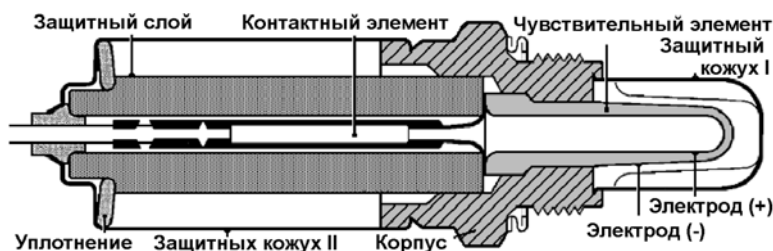


Рис. 5. Конструкция циркониевого кислородного датчика.

Чем больше концентрация кислорода в отработавших газах, тем меньше выходное напряжение на кислородном датчике. Диапазон рабочих температур обычных датчиков составляет 300..400 °С. Диапазон выходного напряжения кислородного датчика составляет 0.01-1.2 вольт и определяется его

конструкцией. При стехиометрическом составе смеси (14.7:1) среднее значение выходного напряжения составляет примерно 0.45 - 0.5 вольт. Следует отметить, что в зоне оптимального состава смеси (при λ примерно равным 1) напряжение кислородного датчика характеризуется достаточно

Лямбда-зонды (часть 1)



высокой крутизной выходной характеристики. Т.е. при таком составе смеси его выходное напряжение резко изменяется даже при незначительных изменениях содержания кислорода в отработавших газах.

Поэтому принято считать, что циркониевый датчик является "переключательным" (см. рис.3). Со временем это свойство обычного циркониевого элемента стало его недостатком. ЕСМ не мог с его помощью получать данные о содержании кислорода в отработавших газах в области обедненных смесей.

На этой фотографии показан внешний вид чувствительного элемента на основе пористой керамики ZrO_2 легированной оксидом иттрия и его подогреватель: 1. Чувствительный элемент. 2. Нагревательный элемент.

Механизм возникновения напряжения (э.д.с.) в чувствительном циркониевом элементе кислородного датчика представляет собой сумму достаточно сложных для описания

электрохимических реакций на границе $Pt|ZrO_2|Pt$ твердого электролита элемента. Его суть заключается в том, что за счет разного парциального давления (вследствие разной концентрации) кислорода в атмосфере и в отработанных газах его ионы перемещаются и создают разность потенциалов. Подробное описание этих процессов выходит за рамки этого издания.

Зависимость выходного напряжения кислородного датчика от разницы содержания кислорода в отработавших газах и атмосфере описывается следующей формулой.

$$E = \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{PO_2}{PO_2'} \right)$$

Где: R – газовая постоянная, T – абсолютная температура, F – постоянная Фарадея, PO_2 – парциальное давление кислорода в атмосфере, PO_2' – парциальное давление кислорода в отработавших газах. Необходимо отметить, что платиново-циркониевый элемент находится в одном ряду с другими гальваническими элементами, вырабатывающими напряжение в зависимости от разности освещенности, давления или температуры. Особо следует отметить то, что процесс является обратимым. То есть, если при разной концентрации кислорода у электродов напряжение вырабатывается, то прикладывание напряжения вызывает перемещение ионов кислорода в твердом электролите. Это явление нашло свое применение при дальнейшем совершенствовании датчиков кислорода.

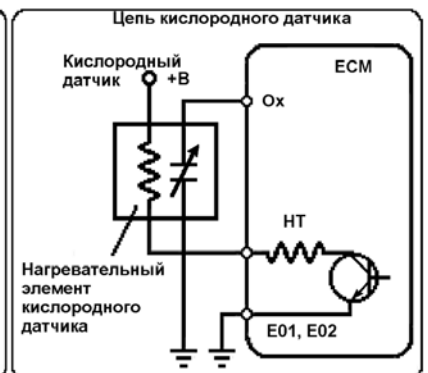


Датчики содержания кислорода различаются конструкцией корпуса и чувствительного элемента, способами крепления (фото). Используется установка с помощью фланца или посредством резьбового соединения. Также возможны различные варианты количества проводов, с помощью которых производится подключение к БУ (от одного до восьми).

Для стабилизации температурного режима при ХХ двигателя, (то есть при относительно невысокой температуре отработавших газов) и для уменьшения времени прогрева после запуска холодного двигателя чувствительный элемент некоторых датчиков имеет встроенный нагреватель (см. рис. 8). Признаком таких датчиков является большее двух количество контактов и несколько иная конструкция.

Подогреваемые кислородные датчики (Heater Oxygen Sensors) входят в рабочий режим за десятки секунд. Сокращение времени вхождения в рабочий режим позволяет уменьшить расход топлива, сократить количество выбросов продлить срок службы каталитического нейтрализатора.

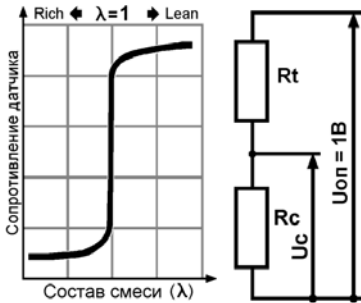
Сопrotивление нагревательного элемента обычно составляет от 1.2 ...15 Ом. Но при этом на таких датчиках появилась и возможность обрыва (перегорания) нагревательного элемента. В современных системах на подогреватель БУ подает на подогреватель напряжение переменной скважности и проверяет потребляемый ток. Схема подключения датчиков кислорода с встроенным нагревательным элементом.



Титановые кислородные датчики

В некоторых системах впрыска нашли применение датчики, в которых используется чувствительный элемент на основе окислов титана (TiO_2). Титановые датчики используются в некоторых моделях Nissan: Stanza 4WD (1986 г.в. и позже), Maxima, Stanza 4WD, 300 ZX и Sentra выпуска 1987 и ранее, Mitsubishi (GT 3000), Toyota (4A-GE на Corolla GTS, 3VZ-E в 2WD грузовиках), Chrysler (Jeep Cherokee, Wrangler).

Принцип действия титанового кислородного датчика отличается от принципа работы циркониевого датчика. Чувствительный элемент такого датчика изменяет проводимость (сопротивление) в зависимости от содержания кислорода (см. рис. 8) скачкообразно: от малого (менее 1 кОм) при богатой смеси, к большому (более 20 кОм) при обедненной смеси.



Характеристика титанового датчика.

Наличие гистерезиса, т.е. разности порогов срабатывания при переходе от богатой к бедной смеси и наоборот, не установлено. БУ формирует на сигнальном выходе титанового датчика опорное напряжение (обычно 1 вольт) от высокоомного источника тока. Изменение состава смеси вызывает скачкообразное изменение сопротивления титанового датчика и, как следствие, столь же быстро изменяется протекающий через него ток. Соответственно этому, изменяется падение напряжения на включенном последовательно с датчиком сопротивлении R_c . При богатой смеси

сопротивление титанового элемента уменьшается, что приводит к увеличению тока через чувствительный элемент и к увеличению падения напряжения на эталонном сопротивлении (R_c). При бедной смеси его сопротивление увеличивается, протекающий ток уменьшается и, как следствие, напряжение уменьшается.

Титановый измерительный элемент характеризуется значительной температурной зависимостью, поэтому для поддержания необходимой температурной стабильности в него встроен подогреватель.

Системы впрыска некоторых производителей (например, 4.0L Jeep Cherokee) оборудованы титановыми датчиками, на которые подается эталонное напряжение 5 вольт.

В зависимости от состава отработавших газов его выходное напряжение изменяется от 5 до 1 вольта. Такой датчик можно проверить омметром. Для этого отсоедините разъем датчика (при выключенном зажигании) и измерьте его сопротивление, оно должно быть в пределах 5 - 7 Ом. Бесконечное сопротивление указывает на неисправность.

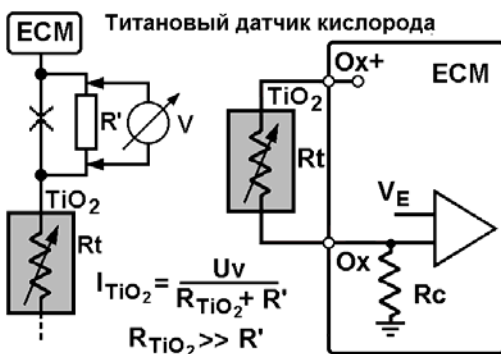


Титановые датчики по сравнению с циркониевыми имеют некоторые преимущества:

- отсутствие необходимости контакта с атмосферой;
- меньшее время прогрева (приблизительно 15 секунд);
- меньшая рабочая температура.

Поэтому они могут располагаться на большем расстоянии от двигателя и использоваться в двигателях с турбокомпрессором.

Есть у них и недостатки. За счет большой крутизны выходной характеристики ухудшается точность поддержания оптимального состава смеси. В настоящее время титановые датчики, даже в фирме Nissan впервые их применившей, практически вытеснены чувствительными элементами на основе циркония. Проверка титанового датчика не всегда достоверна при подключении к нему вольтметра, т.к. входное сопротивление датчика сравнимо с выходным сопротивлением измерительного прибора. Наиболее эффективна его проверка с помощью амперметра, который подключается последовательно



с сигнальным проводом, т.е. в "разрыв" электрической цепи сигнального провода. Возможна проверка с помощью дополнительного низкоомного сопротивления (R'), которое устанавливается в "разрыв" сигнального провода датчика. Производя измерение падения напряжения на этом дополнительном резисторе (U_v) и зная его сопротивление, достаточно просто определить ток.

Во второй части этой главы изложено описание правил проверки кислородных датчиков.

Copyright 2007 © V. P. Leshchenko

Copyright photo and Images © V. P. Leshchenko