



*Прекрасные формы, но далеко не всегда исправное состояние. Так можно определить эту фотографию чувствительных элементов разного типа кислородных датчиков<sup>1</sup>*

### Диагностика (проверка) кислородных датчиков

Обычно, долговечность кислородных датчиков составляет примерно от 100 до 160 тыс. км. Преждевременный выход из строя датчика провоцируют:

- продукты сгорания насыщенных углеводородов моторного масла (при низкой кондиции маслосъемных колец или колпачков)
- применение этилированного бензина, а также бензина с железом - и марганец - содержащими добавками, повышающими детонационные свойства топлива, известные среди автомобилистов как "красная смерть" свечей
- попадание в чувствительный элемент продуктов кремнийорганических (силиконовых) герметиков
- всевозможные "присадки", "очистители топливных систем", растворители, сольвенты и тому подобные добавки в топливо. Использовать следует только жидкости, сертифицированные для систем с датчиками кислорода и каталитическими нейтрализаторами
- составные части охлаждающей жидкости (антифриза), попавшие в систему выпуска

В результате воздействия перечисленных факторов ухудшается быстродействие датчика. Это является начальным этапом ухудшения его выходных параметров и вызывает запаздывание срабатывания цепи обратной связи при поддержании оптимального состава топливно-воздушной смеси, что значительно снижает эффективность управления. При этом возможно ухудшение характеристик управляемости автомобиля (потеря мощности, снижение экономичности, повышение содержания вредных веществ в отработавших газах). Следует отметить, что некоторые неисправности датчиков (снижение чувствительности, уменьшение быстродействия и диапазона выходного напряжения) БУ фиксирует не всегда. Алгоритм определения этой неисправности зависит от года выпуска, модели, комплектации и т.п. Поэтому и судить об исправности датчиков содержания кислорода можно только после соответствующей проверки и не ограничиваться только считыванием кодов самодиагностики. Не столь редко встречаются механические повреждения и обрыв нагревателя. Эту неисправность ECM определяет сразу и информирует об этом негаснущим индикатором «Check Engine»..

**При анализе состояния кислородного датчика следует учитывать, что его ненормальное напряжение может быть вызвано не только его неисправностью, но и другими причинами. Иногда встречаются ситуации, при которых этот датчик только отражает состояние (неисправность) других датчиков или исполнительных устройств**

Часто при значительном загрязнении датчик перестает реагировать на состав смеси, т.е. наступает его полная неработоспособность. Как следствие, напряжение датчика не меняется или в нем появляется отрицательная составляющая. Система самодиагностики обычно идентифицирует эту неисправность, и инжекторная система переходит в режим управления без обратной связи - "Open Loop Mode".

В этом режиме показания кислородного датчика не учитываются при определении продолжительности импульса управления форсункой<sup>2</sup>. Об этом состоянии информирует негаснущий

<sup>1</sup> 1-ю часть этой главы смотрите в <http://alflash.com.ua/o21w.pdf>

<sup>2</sup> До тех пор пока БУ "видит" реакцию кислородного датчика на изменение состава топливно-воздушной смеси, он ею управляет, используя его выходное напряжение (ток). Но, разные производители, в разных системах, в разные

после запуска двигателя, транспарант на приборном щитке "Check Engine". В этой ситуации ECM управляет составом топливно-воздушной смеси только на основании других датчиков (температуры, разрежения, положения дроссельной заслонки и т.д.) и поэтому её состав значительно отличается от стехиометрического соотношения.

Проведение диагностики кислородного датчика начинайте со считывания кодов неисправностей. Если коды соответствующие неисправности датчика не считаны, то это ещё не есть свидетельство его исправности. Некоторые системы самодиагностики определяют только "крайние" ситуации (обрыв или замыкание сигнального провода или нагревателя), но для них не доступно определение ухудшения быстродействия датчика и уменьшение диапазона выходного напряжения. Наличие кода неисправности датчика является необходимым, но не достаточным условием для замены датчика. Обрыв провода, его замыкание или другие причины могут спровоцировать появление кода неисправности датчика. Проверять выходное напряжение (осциллографом, тестером, сканером данных) необходимо подключаясь к сигнальному проводу датчика при работающем и прогретом двигателе. При проверке выходного напряжения кислородного датчика вольтметром используйте стрелочный прибор<sup>3</sup> с достаточно высоким входным сопротивлением или соответствующий индикатор. Полную информацию о состоянии этого датчика можно получить с помощью осциллографа или соответствующих сканеров данных.

При проверке нагревателя не стоит ограничиваться проверкой его сопротивления. Необходимо проверять и напряжение, которое подводится к его контактам.

Неисправность кислородного датчика возможная, но далеко не единственная причина увеличенного расхода топлива, проблем с динамикой и неустойчивого ХХ двигателя! Следует проводить комплексную проверку состояния датчиков, исполнительных устройств и других составных частей инжекторной системы. Практика показывает, что часто причиной "недостатков" автомобиля является несвоевременное прохождение технического обслуживания: замена топливного и воздушного фильтров, свечей и т.п.

Нередко причиной беспокойства по поводу увеличенного расхода бывает "неправильная" методика его проверки. Например, расчет "по стрелке указателя уровня топлива" просто несерьезен. Часто проблемы повышенного расхода топлива возникают "на ровном месте". Владелец начинает беспокоиться при частых ежедневных поездках на незначительные расстояния, т.е. в ситуации, когда двигатель и прогреться не успевает до их окончания. А проблема в том, что двигатель практически все время работает в режиме прогрева, т.е. при обогащенной смеси, а это не может не сказаться на экономичности.

Напряжение кислородного датчика может не соответствовать составу формируемой смеси по самым разным причинам. Например, пропуск воспламенения в цилиндре вызывает попадание атмосферного кислорода в выхлопную систему и провоцирует "ложное" (в данном случае, пониженное) выходное напряжение этого датчика.

Если выходное напряжение кислородного датчика постоянно больше 0.45 В, то это может являться признаком обогащенной смеси. Обычно причинами этого являются:

- неисправности датчика разрежения во впускном коллекторе (MAP) или датчика потока воздуха (MAF),
- нарушение герметичности форсунок,
- повышенное давление в топливной системе,
- неисправность датчиков температуры воздуха на впуске и охлаждающей жидкости,
- неправильное функционирование системы рециркуляции отработавших газов (EGR),
- неисправности системы вентиляции картера,
- неисправная система улавливания паров топлива,
- а также при неисправности самого кислородного датчика.

Если его выходное напряжение постоянно меньше 0.45 В, то это признак обедненной смеси. Это может быть вызвано:

- неисправностью датчика разрежения во впускном коллекторе (MAP) или датчика потока воздуха (MAF),
- негерметичностью впускного коллектора ("подсос" воздуха)
- пониженным давлением в топливной системе
- неисправностями системы зажигания
- загрязненностью форсунок
- неисправностью системы рециркуляции отработавших газов
- нарушением теплового режима или неисправностью самого датчика

БУ в попытке компенсации якобы "бедной" смеси, реагирует на эту ситуацию увеличением времени открытого состояния форсунок. Это приводит к повышенному расходу топлива, увеличению содержания СО и может провоцировать преждевременный выход их строя каталитического нейтрализатора.

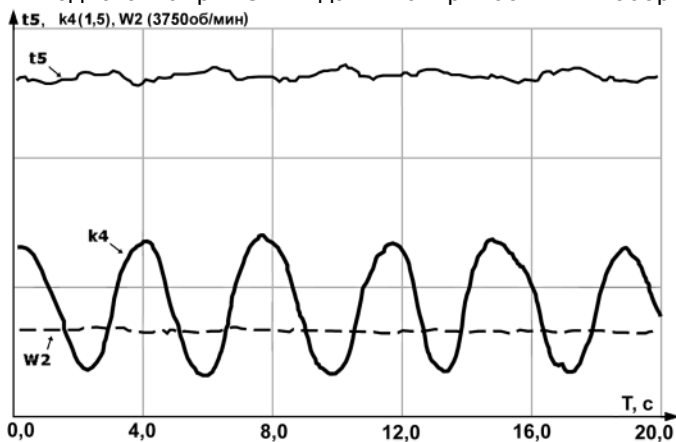
---

годы используют разные алгоритмы определения его неисправности. Так на "старых" ММС его низкое напряжение воспринимается как "бедная" смесь, но не более того.

<sup>3</sup> При использовании цифровых вольтметров возможны ошибки из-за недопустимо большого (для данного измерения) времени преобразования.

Выходное напряжение датчика при исправной системе и при ХХ прогретого двигателя должно постоянно изменяться от высокого уровня к низкому и обратно. Эти флуктуации напряжения является признаком того, что БУ находится в режиме замкнутой обратной связи по напряжению кислородного датчика ("closed loop") и постоянно отслеживает и регулирует состав топливно-воздушной смеси ("feedback"). Обычно выходное напряжение изменяется в диапазоне от 0,1 до 0,9 вольт.

Полезно проверять кислородный датчик путем определения количества "переключений" выходного напряжения датчика при больших оборотах двигателя (2000-2500 об/мин). Формальный

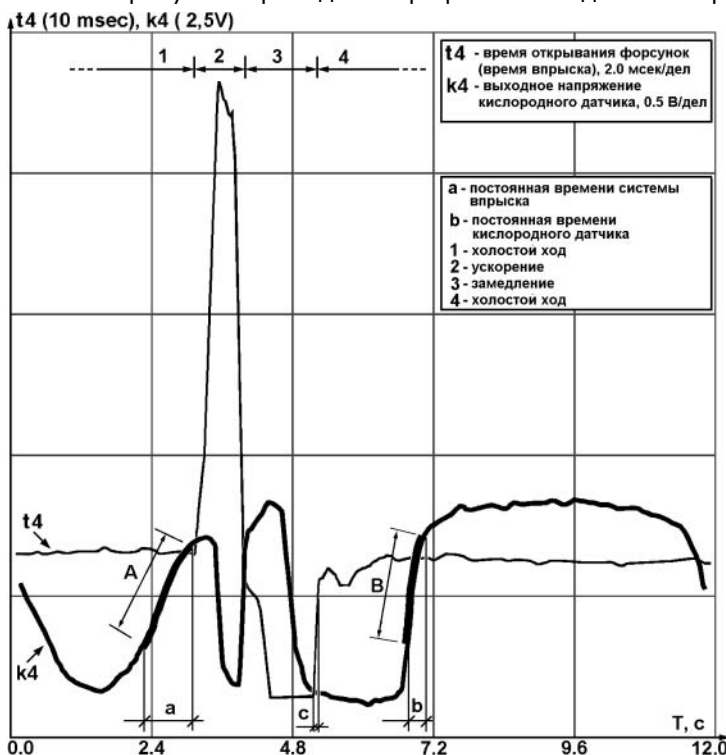


критерий проверки – наличие более 8 переключений в течение 10 секунд. Обязательно проверяйте диапазон выходного напряжения датчика и оценивайте время переключения из состояния "богатая смесь" ("rich mixture") в состояние "бедная смесь" ("lean mixture") и обратно при разных режимах.

Достаточно информативна проверка реакции выходного напряжения датчика на поступление дополнительного топлива. Если при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода снять вакуумный шланг с регулятора давления в топливной системе, то это вызовет повышение давления и, как следствие, увеличение количества топлива подающегося в цилиндры. При исправном датчике, его выходное напряжение повысится. Если этого не происходит, то причинами этого могут быть или проблемы с давлением в топливной системе или действительная неисправность датчика.

Графики выходного напряжения циркониевого кислородного датчика (k4), частоты вращения коленчатого вала (W2) и времени открытого состояния форсунок (t5) при работе прогретого двигателя на холостом ходу.

На рисунке приведены графики выходного напряжения циркониевого кислородного датчика



(k4), частоты вращения коленчатого вала (W2) и времени открытого состояния форсунок (t5) при работе прогретого двигателя на режиме холостого хода. Заметно, что система функционирует при замкнутой обратной связи по выходному напряжению датчика ("closed mode"). При увеличении выходного напряжения кислородного датчика (т.е. при обогащенной смеси) БУ уменьшает время открытого состояния форсунок и, наоборот, при бедной смеси (низком напряжении) – увеличивает.

Анализ возможных причин выхода из строя датчика на основе его внешнего вида выходит за рамки этой публикации.

При ХХ прогретого двигателя возможна проверка только диапазона выходного напряжения кислородного датчика, но не возможна достоверная проверка его быстродействия (постоянной времени). При этом режиме время нарастания (как и время спада) его выходного напряжения зависит не только и не столько от его динамических свойств, а от "программной" постоянной времени системы. Т.е. от дискретности приращения длительности следующего управляющего форсункой импульса напряжения. Проверка быстродействия датчика по его выходному напряжению возможна только при анализе его выходного напряжения после окончания режима "принудительного холостого хода". При проверке обратите внимание на то, что при резком открывании дроссельной заслонки происходит обогащение смеси (участок 2 на рисунке). При отпускании педали акселератора и на "принудительном" ХХ - значительное обеднение её состава. В связи с тем, что датчик расположен на некотором удалении от выпускных клапанов, то его выходное напряжение изменяется с задержкой.

Следует проверить выходное напряжение датчика при ХХ (участок 1) и при принудительном ХХ (участок 3), то есть при отпущенной педали акселератора, но ещё больших оборотах двигателя, когда осуществляется "отсечка" подачи топлива. Сравните с графиком.



## Лямбда-зонды (часть 2)

Рассмотрим участки "А" и "В" (рисунок). И тот и другой соответствуют переходу выходного напряжения датчика в состояние обогащенной смеси. Но участок "А" соответствует режиму лямбда-регулируемого состава смеси и характеризует постоянную времени **всей** системы управления подачей топлива в режиме "Closed Mode" (в данном случае ECM's Management time constant,  $a=800$  мс). Повторюсь, но длительность этого участка не может быть критерием оценки постоянной времени (быстродействия), потому что она определяется не столько его быстродействием, сколько скоростью увеличения (изменения) подачи топлива ECM. То есть тем, на сколько длительность открытого состояния форсунки в следующем рабочем такте будет больше чем в текущем.

Участок "В" – реакция кислородного датчика на возобновление подачи топлива в момент времени "С". В этот промежуток времени длительность переключения датчика зависит только от его быстродействия, и только это время может служить критерием оценки. В этой ситуации (**участок "С"**) происходит возобновление подачи топлива и резкое обогащение смеси и **поэтому** время переключения датчика зависит только от его динамических свойств. Постоянная времени данного датчика (Response Rate),  $b=300$  мс.

Смещение диапазона выходного напряжения может быть вызвано повышенным сопротивлением между минусовыми контактами аккумулятора, кузова, двигателя, ECM; неисправностью (неточностью) измерительного прибора. Одной из причин низкого (малого) выходного напряжения может быть недостаточная «прогретость» датчика, вызванная утечками в системе выхлопа.

Если в результате проведенной диагностики выясняется, что неисправен датчик, то его необходимо заменить.

Иногда причиной того, что не гаснет индикатор "Check Engine" ("MIL") при работающем двигателе, является небрежность технического персонала при проведении ремонтных работ. Например, включение зажигания при отсоединенном разъеме какого-нибудь узла, в том числе и разъема кислородного датчика. Поэтому после считывания соответствующего кода диагностики следует проверить датчик, очистить память кодов самодиагностики, совершить контрольную поездку и вновь считать коды. И в случае «рецидива» (повторного) считывания того же кода – стоит вплотную заняться диагностикой и ремонтом.

### Пример диагностики состояния кислородного датчика

Рассмотрим историю Honda CR-V 1999 года выпуска (пробег 46214 км) с двигателем 2.0 DOHC B20Z1. Симптомы: регулярное включение лампы индикатора "Check Engine" через несколько минут после запуска прогретого двигателя. При этом происходило заметное ухудшение динамических качеств автомобиля и устойчивости работы двигателя при ХХ.

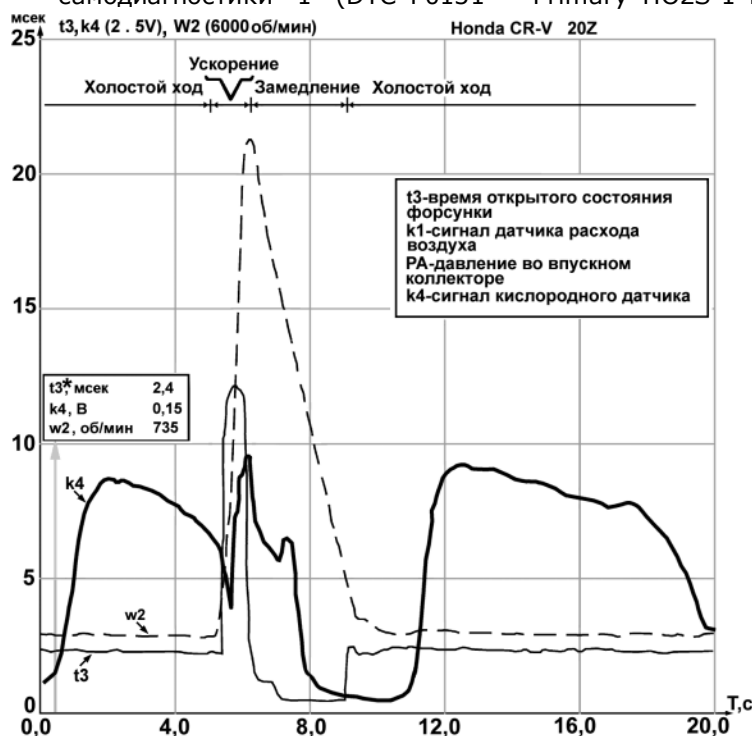
После считывания кодов самодиагностики (замыкания контактов 2-х контактного диагностического разъема "Service Check Connector") с помощью лампы Check Engine" был считан код самодиагностики "1" (DTC P0131 - "Primary HO2S-1 Low Voltage").



Согласно документации, этот код идентифицируется как "неисправность (низкое напряжение) переднего датчика кислорода".

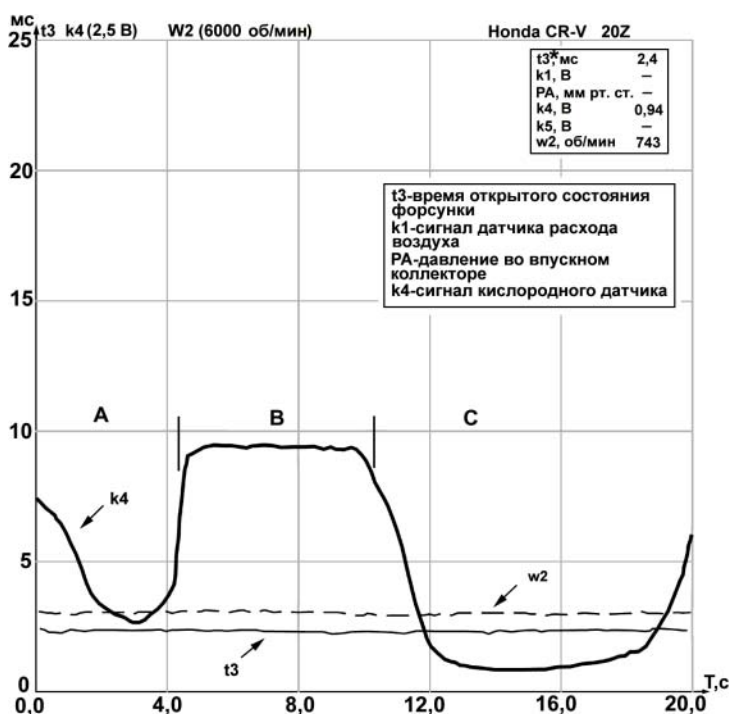
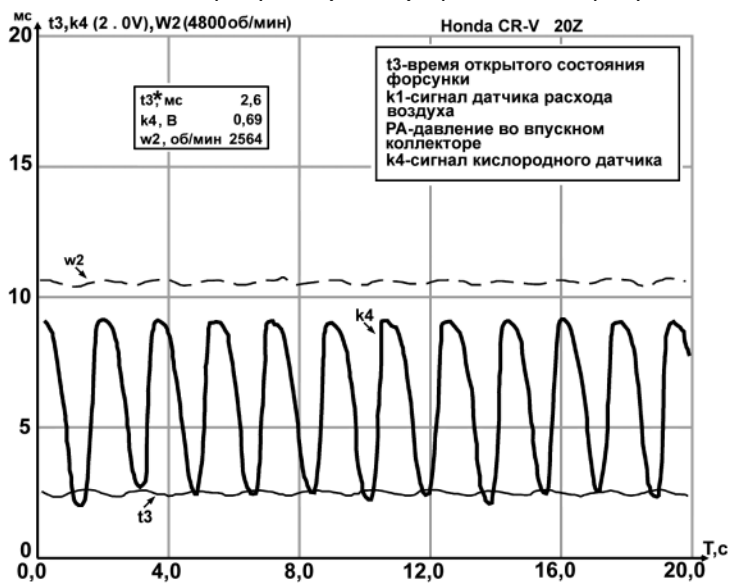
На рисунке слева приведены некоторые параметры системы при различных режимах прогретого двигателя этого автомобиля. Из значений графиков соответствующих параметров видно, что выходное напряжение кислородного датчика (параметр k4) вполне адекватно увеличивается из-за кратковременного обогащения смеси ( $t_3$ -время открывания форсунок) при открывании дроссельной заслонки.

При отпуске педали газа (принудительный холостой ход) и при еще достаточно большой скорости вращения двигателя (параметр W2), как известно, БУ не надолго прекращает подачу топлива, на что датчик откликается уменьшением выходного напряжения



## Лямбда-зонды (часть 2)

На этом рисунке (слева) представлен результат проверки напряжения датчика при повышенной (2500 об/мин) частоте вращения коленвала



(2500 об/мин) частоте вращения коленвала прогретого двигателя. Кислородный датчик характеризуется большим диапазоном изменения выходного напряжения, значительным быстродействием. Заметна реакция БУ (изменение времени открывания форсунок, k4) на изменение состава смеси (выходное напряжение кислородного датчика). Все эти данные (диапазон выходного напряжения, быстродействие) были в пользу версии об исправности датчика.

Для окончательной проверки была проверена реакция системы на повышение давления в топливной системе (следующий рисунок). При XX прогретого двигателя был снят и заглушен вакуумный шланг с регулятора давления в системе (участок "В"). После повышения давления, выходное напряжение датчика резко возросло. БУ "ответил" на обогащение топливной смеси уменьшением времени открытого состояния форсунок (с 2,5 мсек до 2,4). Судя по графику, БУ еще какое-то время "приходил в себя" после нормализации давления. Но, как известно, чудес не бывает...

При проверке (внешнем осмотре) системы выпуска оказалось, что при ее сборке слесари неправильно установили фрагмент крепления (фото) и гайки просто «наживили» в месте присоединения выхлопной системы с впускным коллектором. Но в этом месте соединения из-за перекоса осталась небольшая щель, на которую не обратили внимания и, через которую часть отработавших газов попадала в атмосферу, минуя датчик. Это происходило из-за того, что в системе выпуска установлен каталитический нейтрализатор, который оказывает динамическое сопротивление потоку газов и, вследствие чего давление в нем несколько выше атмосферного. БУ, сопоставляя количество топлива подаваемого в цилиндры с выходным напряжением кислородного датчика, определял их несоответствие и делал

вывод о неисправности последнего. Механизм этой "неисправности" можно объяснить тем, что при осуществлении коррекции состава топливно-воздушной смеси, диапазон напряжения датчика "смещался" относительно реального состава в сторону более бедного состава. Т.е. приращение напряжения датчика не соответствовало реальному изменению количества топлива и БУ это "объяснял" неисправностью системы. В принципе он был прав, хотя и ошибался в определении "виноватого". В очередной раз сработал так называемый «человеческий фактор».

Методы проверки кислородных датчиков других типов будут описаны в следующих главах.

