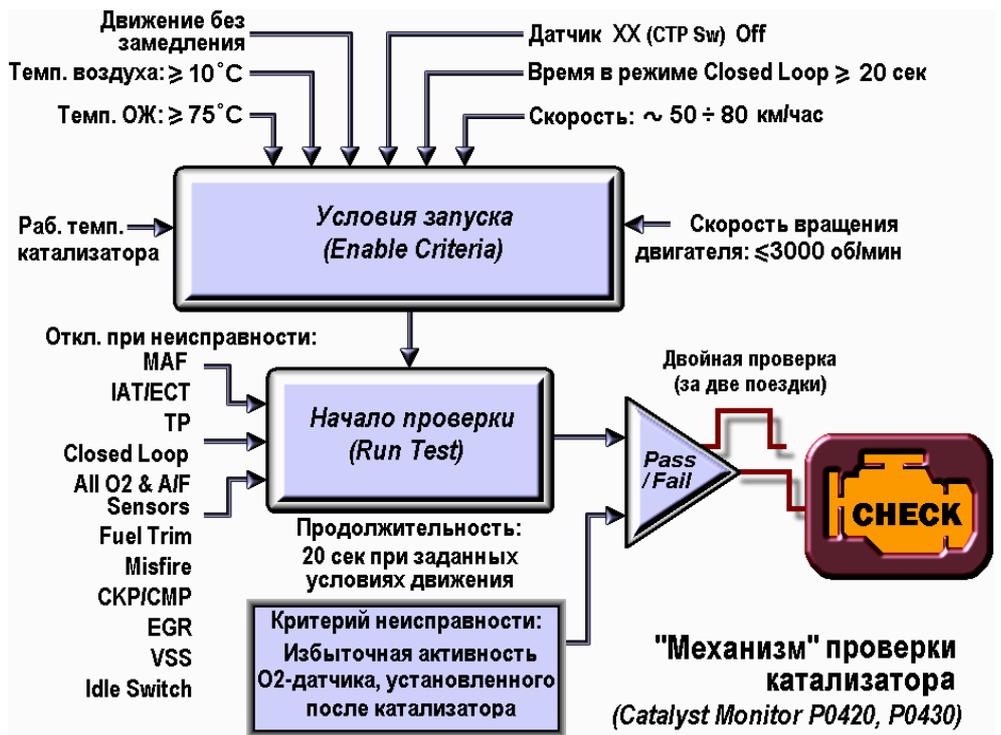


Условия проверки катализаторов

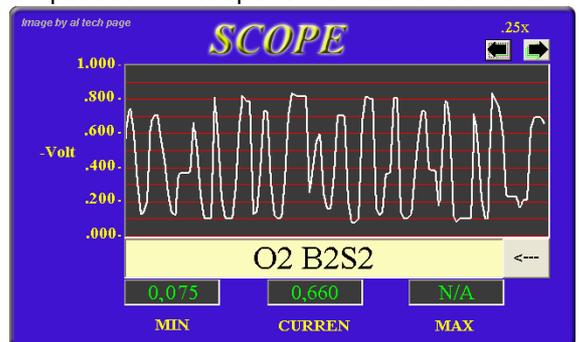
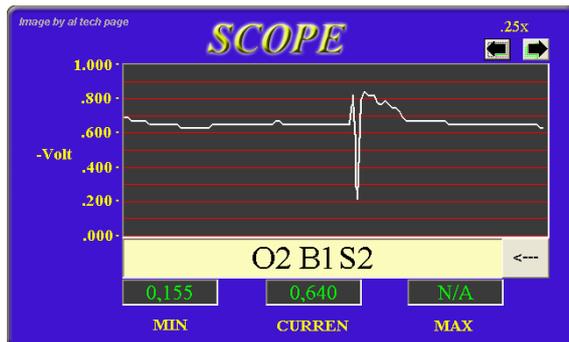
Нередко возникает вопрос о том, почему некоторые неисправности после их возникновения блок управления замечает далеко не сразу. Это объясняется тем, что в зависимости от степени влияния датчика или подсистемы ECM анализируют их состояние по различным алгоритмам. По результатам One Trip проверки индикатор "Check Engine" включается сразу и в памяти компа сразу записываются *Current DTC*. При *Two Trip Strategies* требуется подтверждение наличия неисправности при следующей проверке, которая в свою очередь производится при следующей поездке. После первого обнаружения коды таких неисправностей имеют «флаг» Pending. В памяти ECM могут записываться коды с другими «метками», например, *Permanent*, *History* и др. Подробнее структура кодов неисправностей рассмотрена в [этой статье](#).



Кроме этого, чтобы ответить на тот вопрос необходимо несколько отвлечься и вспомнить, что каждая подсистема или датчик проверяется блоком управления при соблюдении определенных условий и отсутствии ограничений. То есть инициализация внутренних программ самотестирования происходит при соблюдении различных начальных условий. И при этом они, впрочем, как и критерии определения неисправности, зависят конструкцией двигателя, годом выпуска автомобиля и регионом его продажи.

Среди кодов неисправностей одними из «лидеров» являются коды связанные с состоянием каталитического преобразователя. В свое время была опубликована [эта статья](#) о том «как они устроены» и «что и как проверять» при считывании DTC P0420 и/или P0430. Но при попытках нахождения «бюджетного» способа «устранения» этих кодов, частенько задается вопрос - Какой алгоритм определения блоком управления неисправности катализатора?

Остановимся на описании того, как ECM определяет состояние катализаторов и тогда будет понятна методика дополнительных проверок. Как все помнят, одним из требований современных автомобильных стандартов является обязательный контроль блоком управления состояния катализатора. И при обнаружении снижения эффективности нейтрализации вредных веществ ниже заданного порога в память блока управления двигателем записываются коды неисправности P0420/P0430 (*Catalyst System Efficiency Below Threshold Bank 1/Bank2*). Практика показывает, что обычного (классического) сравнения графиков сигналов датчиков кислорода «до» и «после» катализатора явно недостаточно для проверки состояния катализаторов. При окончательной неисправности катализатора эти графики



могут только помочь «констатировать, что имеет место быть таковой прискорбный факт». На рисунке справа выходное напряжение кислородного датчика downstream при неисправном катализаторе, слева – при исправном и при однократном открывании дроссельной заслонки.

Применение в системах управления двигателем широкополосных кислородных датчиков (*Air/Fuel Ratio Sensors*) несколько усложнило «сравнение», поскольку напряжение на них значительно отличается оттого, что большинство привыкло видеть на экране сканеров. И это

создает некоторые неудобства, но не более того...

В том числе и поэтому возросла востребованность анализа данных режима # Mode 6, к рассмотрению которого мы еще вернемся. Его данные позволяют достоверно определить состояние различных подсистем и в том числе, степень «изношенности» катализатора. И эти данные весьма полезны при прогнозировании так называемого, «остаточного ресурса» в том числе, катализатора. Опытному автотехнику эти данные помогут «предвидеть» возможные будущие проблемы проверяемого автомобиля.



Следует отметить, что эти коды входят в тройку наиболее часто считываемых кодов, являются одной из основных причин включения индикатора «Check Engine» и приносят автовладельцам да и начинающим техникам известные «неудобства». Согласно американской статистике¹ коды P0420/0430 в автомобилях с пробегом более 75 000 миль занимают первое место и составляют более четверти всех кодов.

При этом следует учитывать, что поскольку в катализаторах используются в немалых количествах драгоценные (platinum, palladium and rhodium) и редкоземельные элементы, то их производство является достаточно затратным.

Стоимость платины достигает USD1,500 за тройскую унцию и палладия – более 400. Но чемпионом является родий, цена которого превышает 6,500USD. В зависимости от типа двигателя, в катализаторах одного автомобиля может использоваться от 1-2 до 12-15 грамм драгоценных металлов.

Поэтому и стоимость новых преобразователей весьма высока и превышает многие сотни тех самых «вечнозеленых».

И проверка состояния катализатора перед покупкой автомобиля – один из способов избежать неожиданных дополнительных затрат или повод для ощутимого снижения его цены. Многие «умные» юзеры уже знают, что кратковременное отключение аккумулятора обнуляет ECM и «гасит» на некоторое время индикатор неисправности.

Использование в катализаторах драгоценных металлов иногда является причиной, скажем курьезов.

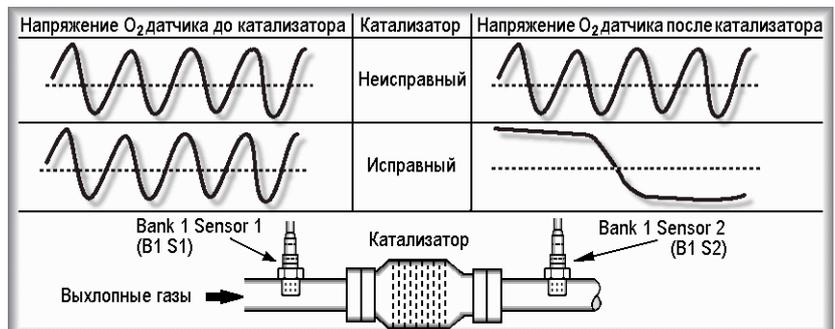
И даже в относительно благополучных странах находятся любители «срубить денег по-быстрому».

Известны несколько случаев кражи катализаторов машин, оставленных ночевать на улице. В середине 2007 года полицейскими города El Segundo (пригород Los Angeles, California) были арестованы 4 подозреваемых в краже катализаторов. В машине одного из них были обнаружены 3 уже украденных катализатора и соответствующий инструмент. Чем закончилось следствие – неизвестно. В декабре 2007 в том же городе было проведено аналогичное задержание других лиц непосредственно при совершении преступления. Полиция борется с такими преступлениями по-разному. Например, в июле 2008 года в г. Duncanville начала реализовываться программа местной полиции по защите прав собственности. Согласно этой «акции» владельцы автомобилей могут провести маркировку катализаторов своих машин, что должно снизить риск их кражи.

Но вернемся к сабжу и рассмотрим то, как блок управления двигателем проводит проверку состояния катализатора.

Напомним, что кислородный датчик, расположенный до катализатора («передний» или «upstream») предназначен для проверки состава топливно-воздушной смеси и ее соответствующей коррекции. По выходному напряжению датчика, который размещен после катализатора («downstream»), ECM определяет качество (эффективность) нейтрализации вредных составляющих выхлопных газов («выбросов»).

Компьютер сравнивает состав выхлопных газов до и после катализатора и определяет его состояние. Если напряжение заднего датчика изменяется столь же часто, как и регулировка состава смеси или практически неотличимо от напряжения переднего датчика, то ECM это определяет как неисправность. Попросту говоря, если состав выхлопных газов после катализатора не изменяется, то БУ признает такой катализатор неисправным и такой «девайс» - не жилец.



¹ Доклад Michael McCarthy на конференции SAE в Pasadena, CA

Для дальнейших пояснений понадобится понимание специфичных данных результатов так называемых «мониторов». Поэтому вспомним их содержание и определения. ECM контролирует состояние системы и проводит проверку входящих в нее компонентов. При этом в специальных регистрах хранятся «характеристики» («флаги») их возможного состояния.

-INCMP: The Judgement has not been done yet. Тестирование не закончено и ECM не может «вынести вердикт» о состоянии компонента или подсистемы

-PASS: Normal is detected. Подтверждена их исправность

-FAIL: Malfunction is detected. Обнаружена неисправность.

Легко заметить, что в этих регистрах записываются не данные подсистем, исполнительных механизмов или датчиков, а характеристики (состояние) завершенности теста и его результат.

Если продолжить рассмотрение, то можно определить подробности проведения тестирования и численные значения таких параметров как

-VAL (Test Value) – результат проверки;

-LMT (Test Limit) – предельно допустимое (пороговое) значение

-TLT (Test Limit Type) – алгоритм сравнения. Если TLT=0, то состоянию исправного компонента соответствует значение меньше, чем заданный «порог» неисправности. Если TLT=1, то значение параметра исправного компонента должно быть больше, чем заданный предел. Иногда этот параметр TLT указывается в явном виде (Min-Max).

Весьма полезно то, что этот режим диагностических сканеров (#Mode6) является обязательным для всех Generic Scan Tools и его результаты должны быть доступны в соответствующем меню практически любого мало-мальски приличного сканера. В этом режиме показываются результаты (Test Data) выполнения мониторов и заданный порог определения неисправности. Следует особо отметить, что в 2003 году Toyota привела в соответствие свои «материалы» с требованиями SAE и данные этого режима, как и некоторые коды неисправностей, были заменены или «расширены». Например, изменена идентификация DTC P0125 и многих других. Кроме этого, критерии неисправности и алгоритмы проверки могут отличаться в зависимости от типа двигателя, года выпуска и т.п. Поэтому для полноценного анализа необходима «консультация» с соответствующими разделами Repair Manuals конкретного автомобиля.

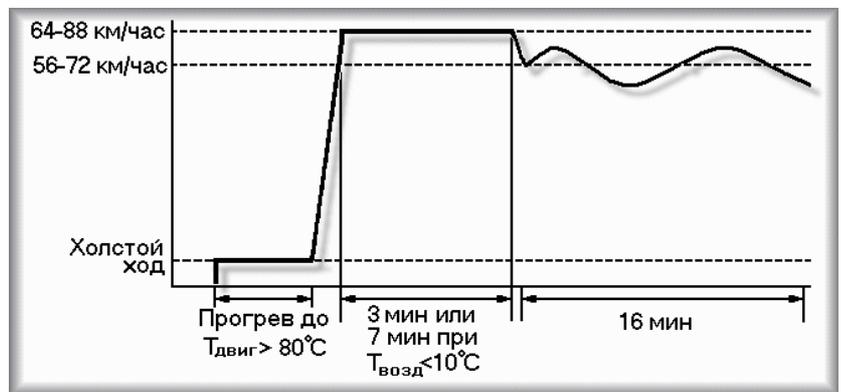
Другое «общее» правило для всех мониторов заключается в том, что при наличии неисправности и соответствующей «записи» в памяти ECM её кода, блок управления останавливает проверку некоторых систем и компонентов. Например, при DTC P0171-P0174 не проверяется состояние термостата, кислородных датчиков (не считая проверки нагревателей), систем EGR, катализаторов, EVAP, ISCV.

Вернемся непосредственно к проверке компьютером катализатора и его оценке состояния этого весьма важного устройства снижения токсичности выхлопных газов. На рисунке справа представлена структурная схема проверки его состояния, из которой понятно, что проверка проводится при соблюдении определенных начальных условиях, 1 раз за одну поездку и при двойном подтверждении (Two Trip Logic).

Известную трудность создает то обстоятельство, что в зависимости от «особенностей» конкретного автомобиля условия запуска проверок и условия их проведения могут значительно отличаться.

Обычно компьютер проводит эту проверку только **после** достижения рабочей температуры двигателя (более 80°C) и только при движении автомобиля определенное время с заданной скоростью (условия проверки состояния катализатора определяются производителем автомобиля). Это объясняет причину того, что после очистки памяти кодов самодиагностики и при по-

Test ID	Component ID	Value	Min Value	Max Val...	Units
{001} Oxygen Sensor Mo...	{111} Heated O2 Bank 1, Sensor 1 Voltage Amplitude and ...	0.836	0.521	0.000	V
{001} Oxygen Sensor Mo...	{21} Heated O2 Bank 2, Sensor 1 Voltage Amplitude and ...	0.818	0.521	0.000	V
{003} Oxygen Sensor Mo...	{01} Upstream O2 Switch-Point Voltage	0.451	0.000	0.000	V
{003} Oxygen Sensor Mo...	{02} Downstream O2 Sensor Switch-Point Voltage	0.451	0.000	0.000	V
{004} Oxygen Sensor Mo...	{11} Min. and Max. Heated O2 Bank 1, Sensor 1 Heater ...	1.273	0.465	3.000	A
{004} Oxygen Sensor Mo...	{12} Min. and Max. Heated O2 Bank 1, Sensor 2 Heater ...	0.648	0.270	3.000	A
{004} Oxygen Sensor Mo...	{21} Min. and Max. Heated O2 Bank 2, Sensor 1 Heater ...	1.180	0.465	3.000	A
{004} Oxygen Sensor Mo...	{22} Min. and Max. Heated O2 Bank 2, Sensor 2 Heater ...	0.625	0.270	3.000	A
{10} Catalyst Monitoring	{11} Bank 1 Switch Ratio and Max. Limit	0.016	0.000	0.686	Unitless
{10} Catalyst Monitoring	{21} Bank 2 Switch Ratio and Max. Limit	0.016	0.000	0.686	Unitless
{42} EGR System Monito...	{11} Delta Pressure for Downstream Hose Test and Thres...	-0.460	0.000	6.989	inH2O
{42} EGR System Monito...	{11} Delta Pressure for Upstream Hose Test and Threshold	-0.460	-6.989	0.000	inH2O
{45} EGR System Monito...	{20} Delta Pressure for Stuck Open Valve Test and Thres...	1.015	0.000	1.601	V
{49} EGR System Monito...	{30} Delta Pressure for Flow Test and Threshold	44.515	5.990	0.000	inH2O
{48} EGR System Monit	{30} EVR Duty Cycle for Flow Test and Threshold	0.415	0.000	26214.0	%



прежнему неисправном катализаторе, индикатор неисправности загорается не сразу после заведения. И, например, если ездить небыстро, то из-за «незаконченности» тестирования, индикатор не будет загораться. На следующем рисунке показаны «классические» условия проведения теста (монитора) катализаторов Тойота.

Повторим пример анализа результатов самопроверки ECM катализатора, что позволяет определить его потенциальные проблемы. К сожалению, иногда режим #Mode06 отображает часть информации в шестнадцатеричном исчислении и часто результат этого режима – малопонятные термины (например, значения TID 01/CID02), иногда числа в шестнадцатеричном формате и с десятичными значениями максимального и минимального предела. Иногда только один показатель (граница теста) включается в сообщение ответа (минимальный или максимальный допустимый предел).

Например, возможны такие результаты проверки состояния катализаторов:

Test ID	Comp ID	Test	Value	Min	Max
\$10	\$11	Cat monitor switch ratio Bank 1	45	0	48
\$10	\$21	Cat monitor Switch ratio Bank 2	42	0	48

Коэффициент преобразования для этих параметров равен 0,0156 и при исправном катализаторе результат пересчета может быть в пределах от 0 до 1,0.

Для Bank 1 десятичный результат проверки составляет $45 \times 0.0156 = 0.702$. Для Bank 2 соответственно $42 \times 0.0156 = 0.655$. Известно, что порог неисправности = $48 \times 0.0156 = 0.749$.

Из этих данных можно сделать вывод о том, что в данном случае, хотя БУ в настоящий момент не выявил неисправность катализаторов (коды P0420/0430), тем не менее, этой машина скоро «предстоит дальняя дорога» на СТО. Её катализаторы «подустали жить», так при исправном катализаторе с достаточно большим «моторесурсом» значения этих параметров должны находиться в диапазоне $0 \div 0.1$.

Примечание. При проверке результатов #Mode 06 следует помнить, что значение коэффициента Unit Conversion может быть различным.

1996-1999 TID \$01: Catalyst			
TLT	CID	Unit Conversion	Description of Test Value
0	\$01	Multiply 0.0039	Catalyst deterioration level (Bank1)
0	\$02	Multiply 0.0039	Catalyst deterioration level (Bank2)
2000-2005 TID \$01: Catalyst			
0	\$01	Multiply 0.0078	Catalyst deterioration level (Bank1)
0	\$02	Multiply 0.0078	Catalyst deterioration level (Bank2)
2006-			
MID	TID		
\$21	\$A9	Multiply 0.0003	Oxygen Storage capacity of Catalyst
\$22	\$A9	Multiply 0.0003	Oxygen Storage capacity of Catalyst

Самая невеселая «новость», заключается в том, что нет единых критериев определения неисправности катализаторов. В зависимости от года выпуска критерии изменялись. Например, согласно документации Toyota_Catalyst.pdf обычно порог неисправности выглядит так.

Типичные <u>критерии</u> («пороги») неисправности (<u>степени</u> ухудшения) катализатора	Порог (Threshold)	Продолжительность
1996-1997 модельный год	0.6 и более	120 сек
1998-1999 модельный год	0.5 и более (3 раза)	15 мин
2000-2002	0.32 и более	3 раза по 30 сек
2003 (1ZZ-FE, 4WD)	0.24	3 раза по 30 сек

Но с другой стороны, например (0TH021U), для конкретных двигателей автомобилей 1996 модельного года критерии неисправности катализатора выглядят по-разному (табл. справа).

И поэтому «проставка, удачно втуленная на одном автомобиле» может оказаться неэффективной на автомобиле другого модельного года или другого бренда.

Для большинства моделей сохраняется известная сложность алгоритма проверки блоком управления своего катализатора (ов). ECM проверяет ряд параметров, которые не отображаются сканерами и на основе интегральной оценки их значений делает вывод об их состоянии/кондиции.

Для систем прошлых лет с обычными кислородными датчиками использовались следующие критерии. Амплитудный коэффициент является отношением амплитуд напряжений датчиков до и после катализатора.

Соотношения частоты переключений рассчитывается как отношение частот «переключения» датчиков.

Параметр времени обогащения/обеднения рассчитывается с использованием значение отношение времени нахождения напряжений датчиков в зоне обеднения и при обогащенной смеси. То есть вычисляется отношение времени пребывания напряжений «задних» датчиков при напряжении «передних» в соответствующих зонах состава смеси.

Для современных систем с датчиками состава смеси (Air/Fuel Ratio Sensors) алгоритм анализа состояния катализатора использует несколько другой параметр - длина траектории.

По-прежнему для проверки состояния катализатора используются кислородные датчики. ECU сравнивает их данные и определяет эффективность катализатора (TWC) и его способность запасать/сохранять кислород. При нормальной работе катализатора наблюдаются небольшие и «вялые» изменения содержания кислорода в выхлопных газах после него. В результате этого напряжение второго кислородного датчика весьма медленно колеблется между состояниями бедной и богатой смеси и «переключается» только иногда при чувствительном изменении режима двигателя.

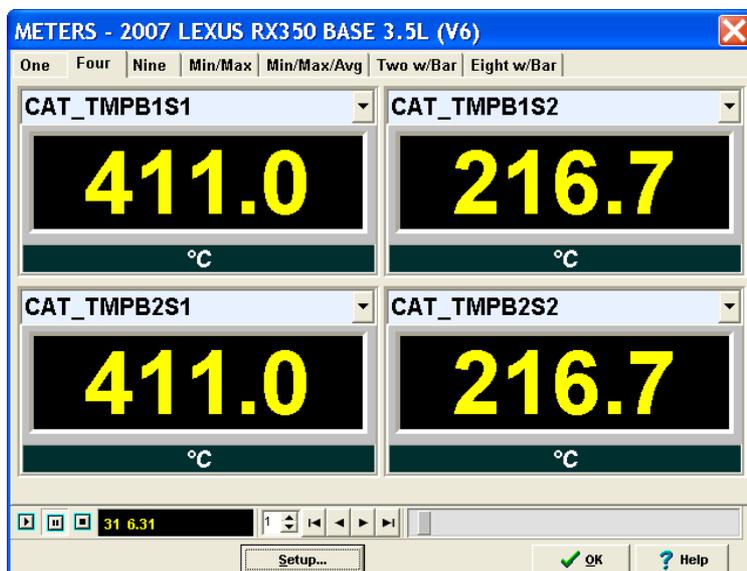
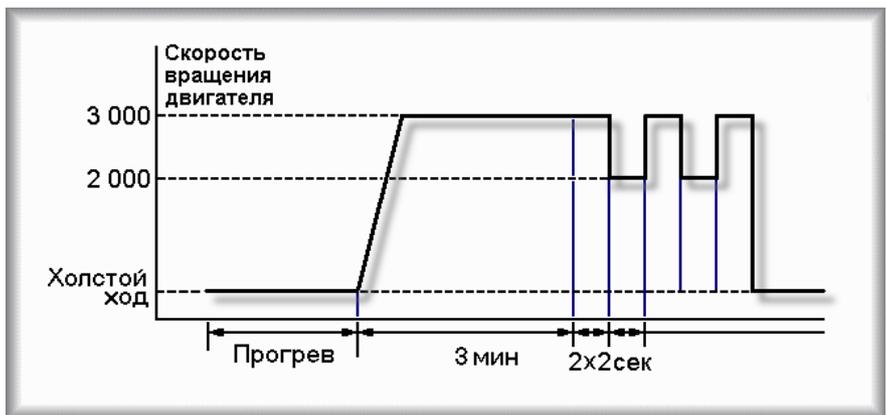
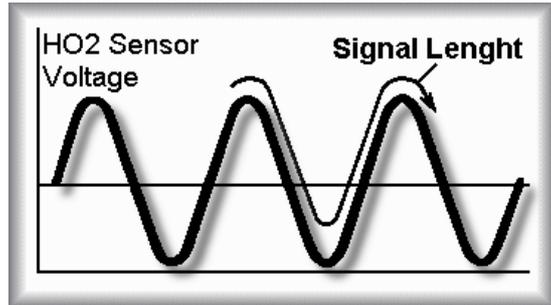
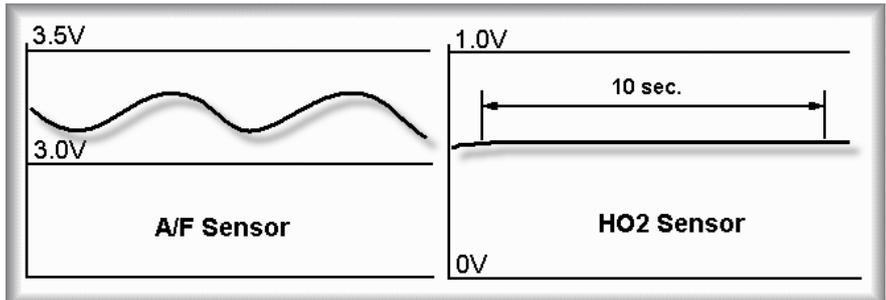
По мере ухудшения эффективности катализатора «переключения» напряжения второго датчика учащаются, вплоть до полной «синхронизации» с изменений (с коррекциями) смеси компьютером. При выполнении монитора катализатора ECU определяет так называемую «длину сигнала» датчика и по нему, учитывая конкретные данные двигателя, рассчитывает их отношение. И по результату расчета определяет степень «изношенности» катализатора. Если ухудшение превышает допустимый предел (порог), то он интерпретирует это как неисправность. После двойного обнаружения включается индикатор неисправности и в память записывает соответствующий код (current DTC).

Перед проверкой состояния катализатора (A/F CONTROL из меню ACTIVE TEST) обязательно необходимо «активизировать» соответствующие датчики в режимах показанных на рисунке и убедиться в том, что катализаторы достаточно прогреты. Это позволяет избежать так называемые «систематические ошибки» при оценке состояния системы и причин неисправности.

Весьма интересна проверка состояния катализаторов у систем с двумя катализаторами и тремя последовательными кислородными датчиками. При ее проведении используется не описанный выше locus ratio метод. Последний (третий) датчик проверяется по другому алгоритму, называемому Active air-fuel ratio control. Его суть состоит в том, что после прогрева двигателя до температуры более 75°C ECU несколько раз принудительно изменяет состав смеси (примерно в течение 15-29 секунд). При этом он проверяет отклик Air-Fuel Ratio Sensor (Bank 1, Sensor 1) и кислородных датчиков (Bank 1 Sensor 2 и Bank 1 Sensor 3). На основании их данных делает вывод о переднем и заднем катализаторах. Необходимым условием этой проверки является движение автомобиля со скоростью от 50 до 110 км/час.

Наверняка стоит вспомнить и о других формах неисправности катализаторов. Одной из достаточно частых причин «проблем» является значительное уменьшение их пропускной способности.

Например, такой случай с Тойотой Камри 2003 года. При движении примерно при 4000



об/мин наступало состояние очень похожее на "отсечку" подачи топлива. Двигатель начинал «дергаться» и скорость его вращения не увеличивалась. Со слов владельца, относительно давно перестал гаснуть при заведенном двигателе индикатор «Check Engine», а иногда еще и «моргал». «Мастера» сервиса успокоили его ссылкой на «качество нашего бензина» и он продолжал эксплуатацию автомобиля. Постепенно возник и описываемый симптом.

Подключение сканера показало неисправность A/F Sensor и запредельное обогащение воздушно-топливной смеси. После замены датчика топливные коррекции значительно улучшились, но проблема «отсечки» не устранилась.

Проверка давления в цилиндрах на ХХ при разных тактах показала, что график этого параметра мало чем отличался от значений на исправной машине с таким же 2.4 литровым двигателем (участки a1 и a2). А вот проверка при повышенной скорости вращения двигателя расставила все на свои места. Значительное ухудшение пропускной способности катализатора препятствовало нормальной вентиляции цилиндров и поэтому при такте «всасывание» двигатель не мог вдохнуть, потому что перед этим не смог полноценно выдохнуть. На графике хорошо видно, что давление в цилиндре в фазе «выхлоп» («Exhaust») когда открыты выпускные клапана, составляет почти 3 кг/см.кв.

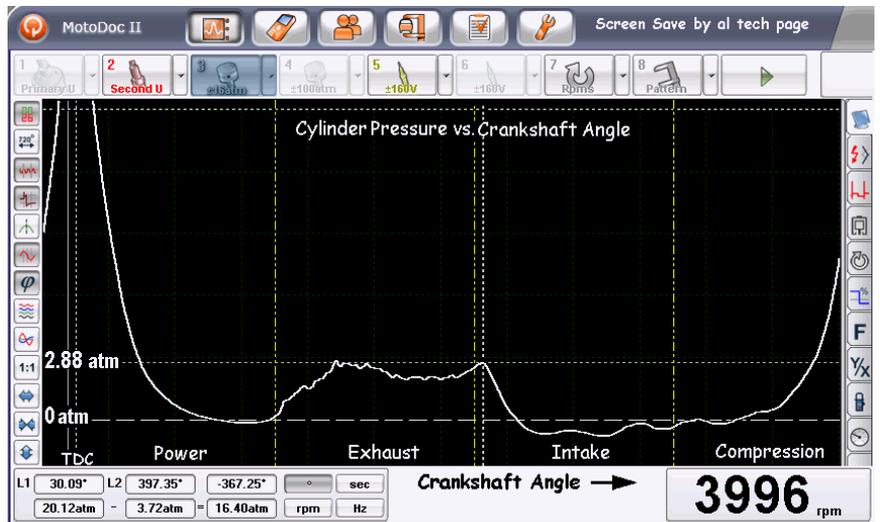
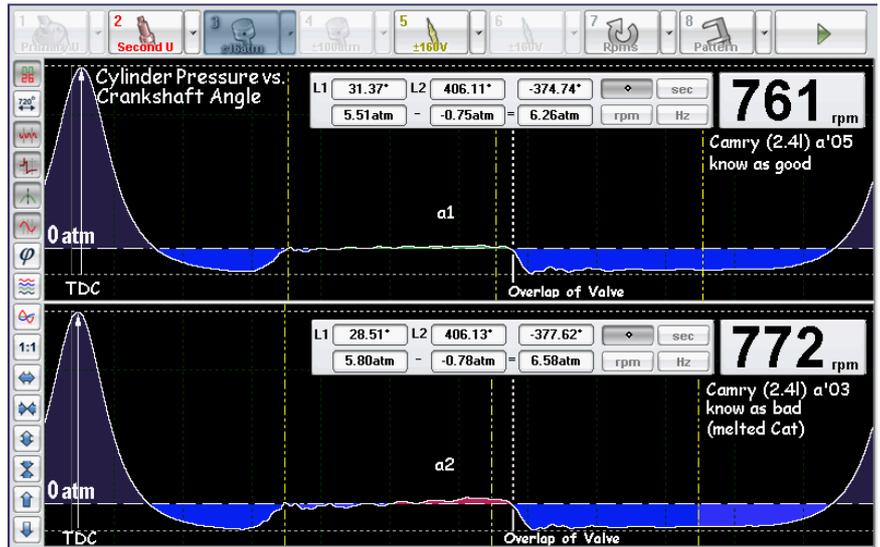
«Вскрытие» подтвердило диагноз. Катализатор испытал настолько значительные термоудары, что некоторые его участки оплавилась.

Механизм появления этой неисправности вполне понятен. Из-за избыточно обогащенной смеси происходили пропуски воспламенения и значительная часть несгоревшего топлива тратила свою энергию на разогрев катализатора.

Вопрос пропускной способности катализатора становится тем более актуальным из-за внедрения все более эффективных устройств SCR и усложнения ныне существующих. У современных катализаторов наблюдается тенденция увеличения показателя Cell Density и ожидается его рост до 1000 cpsi. При этом значительно увеличивается и плотность поверхности.

Для соблюдения все более жестких норм токсичности выхлопных газов автопроизводителям приходится всячески изощряться и на ныне некоторые модели Тойота/Лexus оборудуются специальными насосами, закачивающими в выхлопную систему воздух для ускорения его активации.

При рассмотрении темы катализаторов нельзя обойти молчанием вопросы сервисных бюллетеней и перепрограммирования блоков управления. Практически все автопроизводители сталкиваются с ошибками своего программного обеспечения и необходимостью изменения алгоритмов или критериев проверки. Например, для Toyota RAV2 2001 для устранения появления «ложных» кодов неисправности катализатора (TSB EG008-01) предлагалось использовать новое ПО с номером ...200. Но этим дело не закончилось. И в сервисном бюллетене EG010-02 рекомендовалась вновь исправленная версия - ...300.



Поэтому для достоверной оценки причин кодов неисправности надо обязательно проверять номер (CAL) программного обеспечения ECM (Calibration ID Number) ПО и сверять его с базами сервисных бюллетеней.

Поскольку задачей статьи не является рассмотрение подробностей «замуток» с катализатором, то поиск «обманок», «проставок» и прочих вариантов «бюджетного ремонта» ищите на страницах Сети.

Поэтому «идеи» некоторых недобросовестных зарубежных сервисменов об «удалении катализатора при наличии 2-го HO2S» есть прямое нарушение законодательства своих стран и может быть квалифицировано как афера или недобросовестный ремонт. Заметим, что во многих цивилизованных странах реализация такого рода "предложений" вполне справедливо преследуется по закону*. Не столько как "обман ECM", а как нарушение конкретного законодательства об охране здоровья граждан государства и его окружающей среды.

Поэтому, реализаторы "обманок" (O2-эмуляторов, проставок и т.п. «девайсов») должны отдавать себе отчет в том, что это не только нарушение моральных норм, но и конкретных статей соответствующих кодексов стран, которые реально заботятся о здоровье своих граждан и в которых действуют положения EURO-III и выше.

Ссылки на якобы «временность» таких мер - всего лишь левая «отмазка». Так как большинство таких «тюнингистов» понимает "временную*" как "на время доехать до автобазара", где неисправный автомобиль будут втуливать неопытному покупателю. А лакеи от автосервиса и любители «легкобыстрого бабла» всегда готовы с подобострастной угодливостью «поставить на поток» этот способ «рубки капусты», как впрочем, и другие незаконные воздействия.



V. P. Leshchenko 2009
Photos and Images by Author

Использованы материалы
Engine Control Systems II - Course L874
1996–2003 ADDITION OF OBD (OTH021U)
Service Manuals

Другие статьи о практике диагностики и ремонта в этой страничке:

“Articles of the Month” (by al tech page in <http://alflash.com.ua/story.htm>)