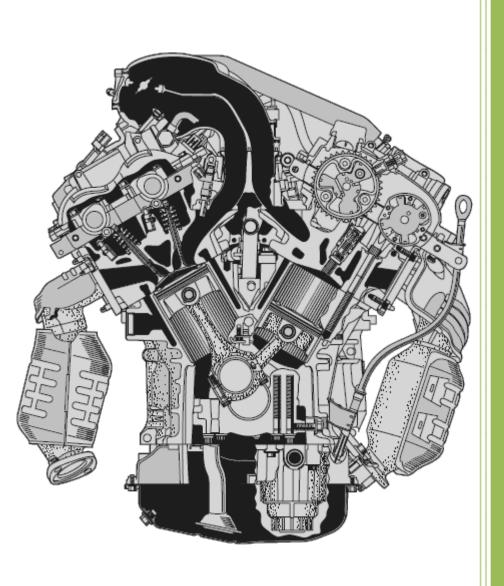
2016

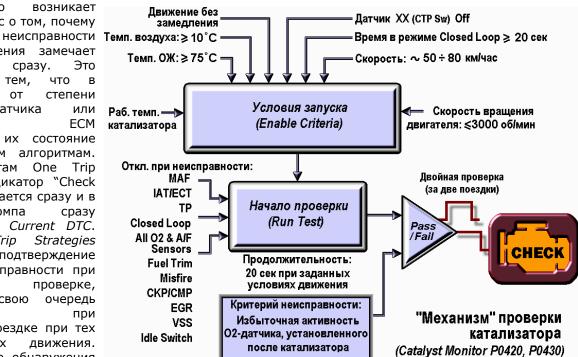
Условия и методы проверки катализаторов



By al tech page http://alflash.com.ua

Условия и методы проверки катализаторов¹

возникает ередко вопрос о том, почему некоторые блок управления замечает далеко не сразу. Это объясняется тем, что В зависимости OT степени датчика или влияния **ECM** подсистемы анализируют их состояние по различным алгоритмам. результатам One проверки индикатор "Check Engine" включается сразу и в памяти компа сразу записываются Current DTC. При Two Trip Strategies требуется подтверждение наличия неисправности при проверке, следующей которая в свою очередь производится при следующей поездке при тех же условиях движения. После первого обнаружения



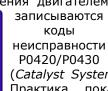
коды таких неисправностей имеют «флаг» (статус) Pending (ожидаемые/рассматриваемые). В памяти БУ могут записываться коды с другими «метками», например, Permanent и History. Подробнее структура кодов неисправностей рассмотрена в этой статье.

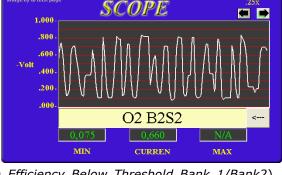
Кроме этого, чтобы ответить на тот вопрос необходимо несколько отвлечься и вспомнить, что каждая подсистема или датчик проверяется блоком управления при соблюдении определенных условий и отсутствии ограничений. То есть инициализация внутренних программ самотестирования происходит при соблюдении различных начальных условий. И при этом они, впрочем, как и критерии определения неисправности, зависят конструкцией двигателя, года выпуска автомобиля и региона 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 Р0420 и/или Р0430. Но при попытках нахождения «бюджетного» способа «устранения» этих кодов, частенько задается вопрос - Какой алгоритм определения неисправности катализатора блоком управления двигателем?

Нельзя не заметить, что катализатору уделяется особое внимание и БУ учет the percentage of misfires out of a total number of firing events that could lead to an exhaust catalyst, or catalysts, overheating prior to causing irreversible damage. Пропускам воспламенения (aka misfire) будет рассмотрена отдельно.

А пока рассмотрим описание того, как ЕСМ определяет состояние катализаторов и тогда будет понятна методика дополнительных проверок. Как все знают, одним из требований современных автомобильных стандартов обязательная проверка блоком управления является состояния катализатора. И при обнаружении снижения эффективности нейтрализации вредных веществ ниже заданного порога в память блока управления двигателем





(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. окончательной При неисправности катализатора эти графики могут только помочь «констатировать, что имеет место быть таковой прискорбный факт». На рисунке справа



¹ Первая часть статьи в http://alflash.com.ua/Learn/cat.pdf

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 статистике² коды Р0420/0430 в автомобилях с пробегом более 75 000 миль занимают первое место и составляют более четверти всех

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».

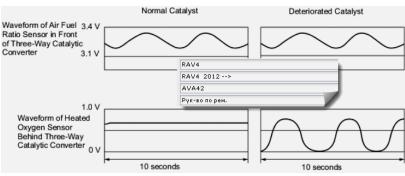
И проверка состояния катализатора перед покупкой автомобиля – один из способов избежать неожиданных дополнительных затрат или повод для ощутимого снижения его цены. Многие «умные» юзеры уже знают, что кратковременное отключение аккумулятора обнуляет ЕСМ и «гасит» на некоторое время индикатор неисправности.

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



² Доклад Michael McCarthy на конференции SAE в Pasadena, CA

-

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 ЕСМ 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.

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

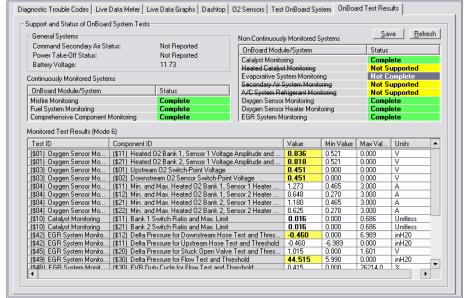
- INCMP: The Judgement has not been done yet. Тестирование не закончено и ЕСМ не может «вынести вердикт» о состоянии компонента или подсистемы
 - PASS: Normal is detected. Подтверждена исправность
 - FAIL: Malfunction is detected. Обнаружена неисправность.

Легко заметить, что в этих регистрах записываются не данные подсистем, исполнительных механизмов или датчиков, а характеристики (состояние) завершенности тестов и их 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, состоянию исправного компонента соответствует значение меньшее, чем заданный порог неисправности. TLT=1, Если значение TO исправного параметра компонента должно быть больше, чем заданный предел. Иногда этот параметр TLT указывается в явном виде (Міп-Max).

Весьма полезно то, что этот режим диагностических сканеров (#Mode6) является

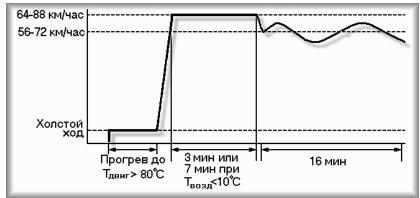


обязательным для всех Generic Scan Tools и его результаты должны быть доступны в соответствующем меню практически любого мало-мальски приличного сканера. В этом режиме показываются результаты (Test Data) выполнения мониторов и заданный порог определения неисправности. Следует особо отметить, что в 2003 году Тоуоtа 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 ЕСМ 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 проверке компьютером катализатора и его оценке состояния этого весьма устройства важного снижения выхлопных газов. токсичности рисунке представлена титульном структурная схема проверки состояния, из которой понятно, что проверка проводится при соблюдении определенных начальных условиях, 1 раз за одну поездку и при двойном подтверждении (Two Trip Logic).

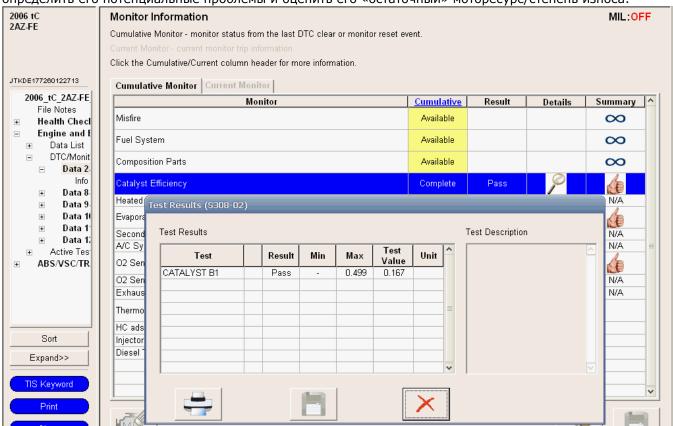
Известную трудность создает то обстоятельство, что в зависимости от



«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-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 рисунке показан пример условий проведения теста (запуска монитора) катализаторов Тойота.

Повторим пример анализа результатов самопроверки БУ катализатора (Test Results), что позволяет определить его потенциальные проблемы и оценить его «остаточный» моторесурс/степень износа.



К сожалению, иногда режим #Mode06 отображает часть информации в шестнадцатеричном исчислении и часто результат этого режима - малопонятные термины (например, значения TID^301/CID^402), 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 45x0.0156=0.702. Для Bank 2 соответственно $42\times0.0156=0.655$. Известно, что порог неисправности равен $48\times0.0156=0.749$.

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.

⁴ Component Identification Data значение идентификатора определенного параметра проверяемого компонента.

³ Test Identification Data – значение идентификатора теста проверяемого компонента.

1996	5-1999	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	<u>)</u> -		
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 обычно порог неисправности (Typical Malfunction Threshold) выглядит так.

- 1 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
Типичные <u>критерии</u> («пороги») неисправности	Порог (Threshold)	Продолжительность				
(степени ухудшения) катализатора						
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, <u>например</u> (согласно OTH021U), для конкретных двигателей автомобилей 1996 модельного года критерии неисправности катализатора выглядят <u>по-разному</u> (табл. справа).

И поэтому «проставка», которую удачно втулили на 44-FF и 74-FF одном автомобиле может оказаться неэффективной на автомобиле другого модельного года или другого бренда.

Для большинства моделей сохраняется известная сложность алгоритма проверки блоком управления ECM катализатора (ов). проверяет параметров, которые не отображаются сканерами и на

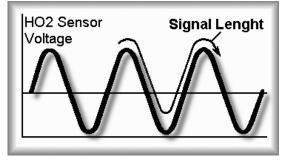
4А-ГЕ И /А-ГЕ	0.6 и более (120 сек)
5E-FE	0.5 и более (60 сек)
2JZ-GE	0.65 и более (30 сек)
2JZ-GTE	0.32 и более (30 сек)
1MZ-FE	0.32 и более (60 сек)
2RZ-FE и 3RZ-FE	0.7 и более (120 сек)
1UZ-FE	0.6 и более (45 сек)

основе интегральной оценки их значений делает вывод об их состоянии/кондиции. Для систем прошлых лет с обычными кислородными датчиками использовались следующие критерии. Амплитудный коэффициент (Amplitude Ratio) является отношением амплитуд напряжений датчиков до и после катализатора.

Соотношения частоты переключений (Frequency) рассчитывается как отношение частот «переключений» датчиков.

Параметр времени обогащения/обеднения (Rich/Lean Period) рассчитывается как отношение времени нахождения напряжений задних датчиков в зоне обеднения (Lean Duration Ratio) и обогащения смеси (Rich Duration Ratio). То есть вычисляется отношение этого времени ко времени пребывания напряжений «передних» в соответствующих зонах состава смеси. Другими словами, сравнивается количества переключений «заднего» датчика к количеству «колебаний» состава смеси.

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

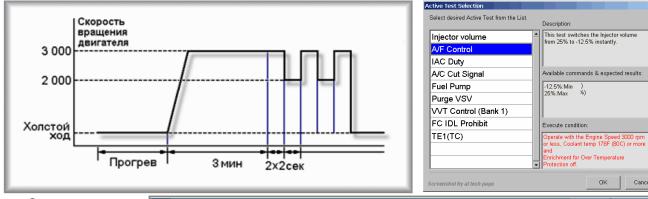


По-прежнему для проверки состояния катализатора используются кислородные датчики. БУ сравнивает их данные и определяет эффективность катализатора (TWC) и его способность запасать/сохранять кислород. При нормальной работе катализатора наблюдаются небольшие и «вялые» изменения содержания кислорода в выхлопных 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 изменениями (с коррекциями) состава смеси со стороны БУ. При выполнении монитора катализатора ЕСМ 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).

Другим способом проверки катализаторов является проведение активных тестов. Перед проверкой состояния катализатора (с помощью активного теста A/F CONTROL из меню ACTIVE TEST) обязательно необходимо «активизировать» соответствующие датчики в режимах, показанных на рисунке, и убедится

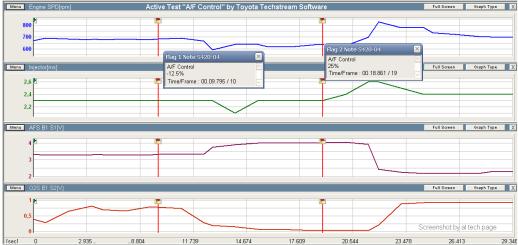
том, что катализаторы достаточно прогреты. Это позволяет избежать так называемые «систематические ошибки» при оценке состояния системы и причин неисправности.



Суть проверки в принудительном изменении состава смеси и определение реакции кислородных датчиков до и после катализатора.

При этом оценивается время реакции напряжения «заднего» датчика.

В катализаторах С накоплением кислорода (Oxygen Storage Catalytic) это время должно быть не менее 10 сек. Такая



задержка вызвана тем, что в зависимости от состава смеси в них происходят процессы либо накопления кислорода, либо использование ранее сохраненного.

Весьма интересна самопроверка состояния катализаторов в системах с двумя катализаторами И тремя последовательными кислородными датчиками. Необходимым условием этой проверки является прогретые катализаторы и движение автомобиля со скоростью от 50 до 110 км/час. При используется проведении ee описанный выше locus ratio метод, а алгоритм Active air-fuel ratio control. Его

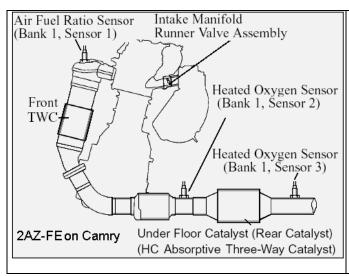
3.5V 1.0V 10 sec. 3.0√ **HO2 Sensor** A/F Sensor 0V

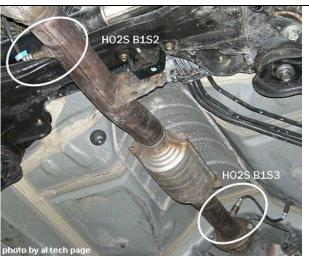
что после прогрева двигателя температуры более 75°C БУ несколько раз изменяет состав смеси (примерно в 15-20 течение секунд). При этом он проверяет отклик Air-Fuel Ratio Sensor (Bank1, Sensor1) и кислородных датчиков (Bank1 Sensor2 И Bank1 Sensor3).

основании



вывод состоянии переднего и заднего катализаторов.





На основании их данных он делает вывод состоянии переднего и заднего катализаторов. Необходимым условием этой проверки является прогретые катализаторы и движение автомобиля со скоростью от 50 до 110 км/час.

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

Например, такой случай с Toyota Camry 2003MY. Во время движения при примерно 4000грм наступало состояние очень похожее на "отсечку" подачи топлива (aka Cut Fuel). Двигатель начинал «дергаться» и скорость его вращения не увеличивалась. Со слов владельца, относительно давно индикатор «Check Engine» перестал гаснуть при заведенном двигателе, а иногда еще и «моргал». Лихие «мастера» автосервиса успокоили его ссылкой на «качество нашего бензина» и он продолжал эксплуатацию своего автомобиля. Постепенно возникло заметное ухудшение «динамики», увеличение расхода топлива, а затем и описываемый симптом. «Механизм» развития неисправности вполне понятен: вначале МАF «дурил мозги» БУ, тот неоправданно обогащал смесь, на что «обиделся» (фото) широкополосный датчик состава смеси (aka A/FRS) и далее процесс только усугублялся.

Напомню, что в современных двигателях при обнаружении пропусков воспламенения "топливо не подается только в тот цилиндр, еде не происходит заживание. При высокой наврузке топливо не подается во все цилиндры". И при этом «The MI must operate in a distinct warning mode, e. g. a **flashing light**, under any period during which engine misfire occurs at a level likely to cause catalyst damage, as specified by the manufacturer».

Оперативное подключение простенького сканера показало неисправность A/F Ratio Sensor, «подозрительные» показания MAF'а и запредельное обогащение воздушно-топливной смеси. После замены датчика и очистки расходомера топливные коррекции значительно улучшились, в чем мог убедиться сам владелец этой Camry (фото). Но проблема «отсечки» осталась.

Последующая проверка давления в цилиндрах на XX при разных тактах показала, что график этого параметра мало чем отличался от значений у исправной машины с таким же 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» свежий заряд воздушнотопливной смеси, потому что перед этим не смог полноценно «выдохнуть» подукты её сгорания.

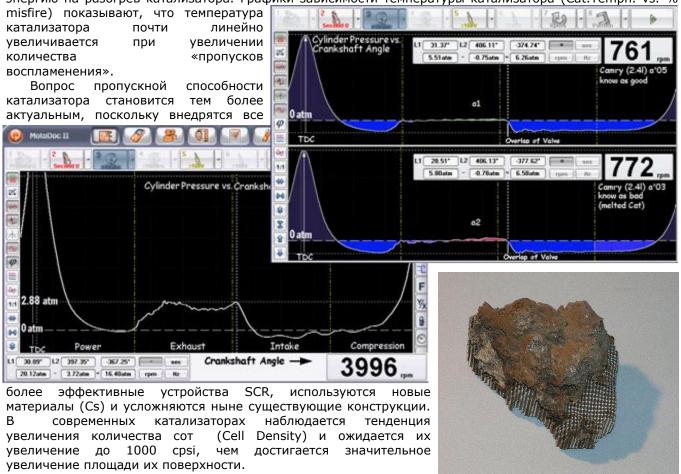




На графике хорошо видно, что когда открыты выпускные клапана, давление в цилиндре в фазе «выхлоп» («Exhaust») составляет почти 3 кг/см².

«Вскрытие» подтвердило диагноз. Катализатор испытал настолько значительные термоудары, что некоторые его участки оплавились (фото).

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. Графики зависимости температуры катализатора (Cat.Temph. vs. %



Для соблюдения все более жестких норм токсичности выхлопных газов автопроизводителям приходится всячески изощряться и нынче некоторые модели Тойота/Лексус оборудуются специальными насосами, закачивающими в выхлопную систему воздух (Secondary Air Injection System) для ускорения их 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 RAV4 2001 для устранения появления "ложных» кодов неисправности



катализатора (TSB EG008-01) предлагалось использовать новое ПО с номером (ID) ...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 (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» ведите на страницах Сети.

А «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", но и как нарушение конкретного законодательства об охране

здоровья граждан государства и его окружающей среды.

Поэтому, реализаторы "обманок" (О2-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 «гнилая отмазка». Так как большинство таких «тюнингистов» понимает "временную*" как "на время доехать до автобазара", где несправный 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, 2009-2016 Photos and Images by Author

Использованы материалы L852 Technician Handbook Engine Control Systems II - Course L874 1996–2003 Addition of OBD (ОТН021U) Руководство по ремонту (ч.1-6) Technician Handbook Hi-Tech Update 973A Toyota/Lexus Service Manuals

9	