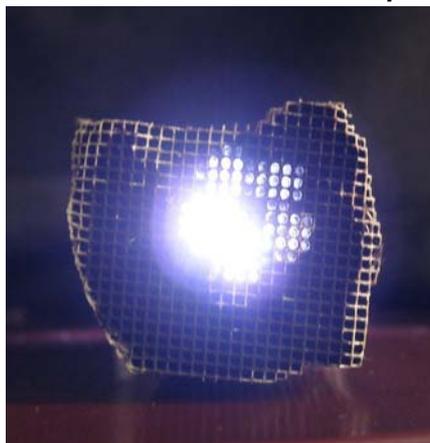


Катализаторы и способы их проверки

Как известно, каталитический преобразователь предназначен для нейтрализации (снижения содержания) вредных составляющих выхлопных газов. С его помощью соединения CO, CH и NOx преобразуются в менее вредные вещества. Он состоит из керамического каркаса, на который нанесен тонкий слой из металлов, чаще всего Pd, Pt, Rh, BaO, BaCO₃, Al₂O₃. Эти химические элементы, непосредственно не участвуя в химической реакции, ускоряют процесс преобразования. В результате этого в идеальном случае в окружающую среду выделяются только CO₂, H₂O, N₂ и O₂.

Обязательным требованием современных систем самодиагностики OBDII, JOBD, EOBD является проверка состояния этого устройства. В данной статье описаны методики проверки эффективности каталитического преобразователя выхлопных газов автомобилем



(Фото фрагмент катализатора «на просвет»).

I. Возможные неисправности.

Необходимость в проверке состояния катализатора возникает при следующих симптомах. "Тупость" машины после достижения некоторой скорости. При этом порог, скорости, при которой наблюдается это «явление» прогрессирует в сторону ее уменьшения. Т.е. машина не едет 160, потом 140, затем с трудом достигает 100 км/час.

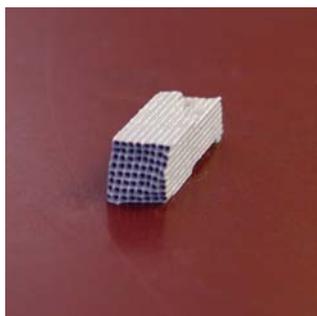
Одной из возможных причин этого весьма неприятного состояния является снижение



пропускной способности катализатора (Фото – внешний вид катализатора). Суть этого явления заключается в том, что из-за значительного ухудшения вентиляции цилиндров двигатель не в состоянии «глотнуть» должную порцию воздуха. То есть часть выхлопных газов остается в цилиндрах и не позволяет осуществить полноценное наполнение новым зарядом воздушно-топливной смеси.

Достаточно часто, двигатель начинает "кушать" масло, не сразу слишком много и до определенного момента владелец с этим мирится, но процесс ухудшения пропускной способности уже пошел. И поскольку размер сот в катализаторах примерно 1.5x1.5 мм и длине 100 и более мм, то загрязнить его продуктами сгорания моторного масла не составляет большого труда. Поэтому одна из проверок заключается в снятии катализатора, визуального осмотра "на просвет" и оценки степени "забитости". Другая проверка заключается в измерении давления в выхлопной системе. Для этого необходимо снять кислородный датчик и, установив с помощью переходника вместо него соответствующий манометр, проверить показания манометра. Принято считать, что если при скорости вращения двигателя примерно 2000 об/мин давление не больше 20.7 kPa (0,21 кг/см²), то пропускная способность катализатора в пределах допустимой нормы.

Крайнее состояние этого явления наступает, когда двигатель не заводится. Проверки всего, что можно проверить показывают исправность узлов и компонентов, а двигатель заводится только после отсоединения выпускного коллектора.



Далее обычно реализуется сколь массовый столь и порочный сценарий. Катализатор удаляется и автомобиль продолжает эксплуатироваться как ни в чем ни бывало... Но это было возможно на автомобилях прошлых лет. Современный автомобиль обязательно откликнется на эту процедуру включением индикатора «Check Engine» (Фото – индикатор неисправности двигателя "Check Engine").

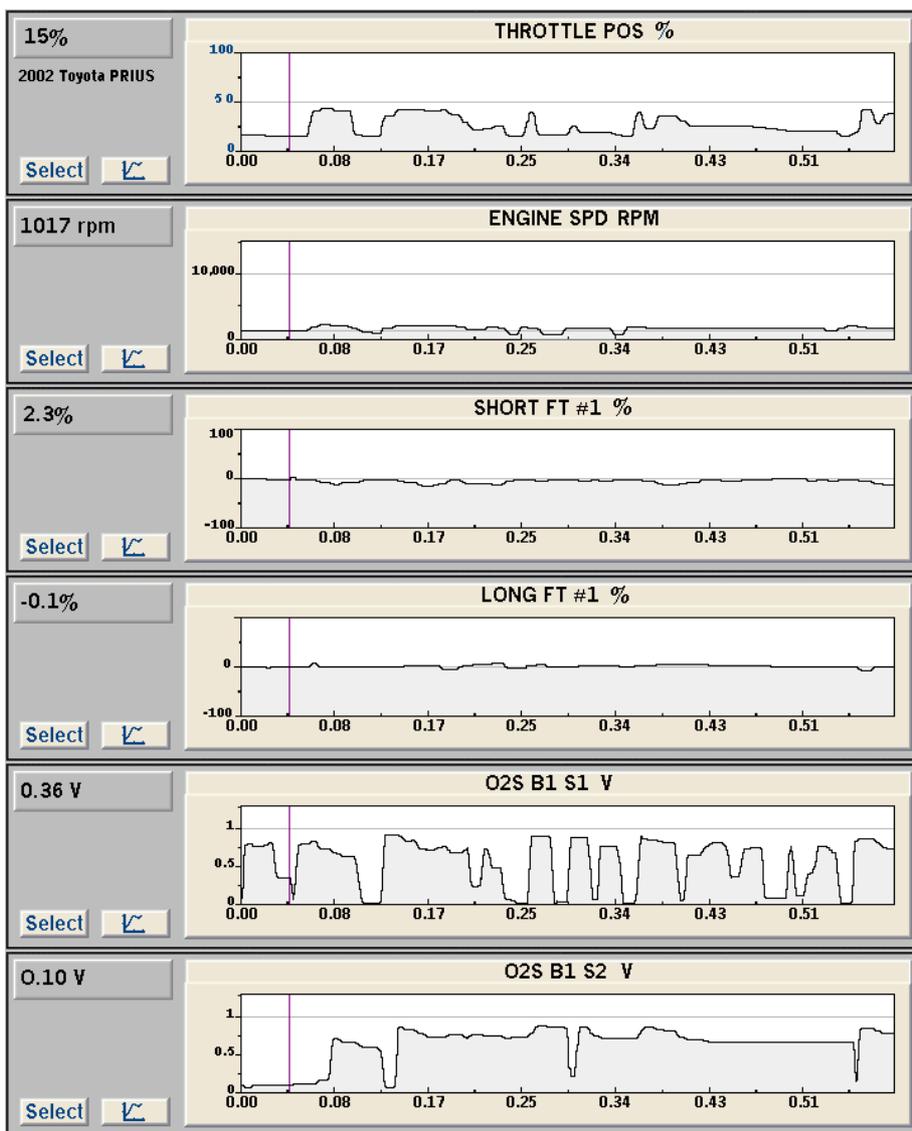
Неисправный катализатор может быть и причиной других проблем. На этой фотографии (слева) фрагмент катализатора Nissan Maxima 2004 года выпуска с двигателем 3.5 л. При пробеге 480 км его (Фото



- фрагмент неисправного катализатора) разрушение стало причиной "кончины" двигателя ("рука друга").

В современных автомобилях, сертифицированных действующим стандартом защиты окружающей среды, особое место занимают неисправности катализатора, которые

определяются самим блоком управления (БУ) двигателя. При обнаружении такой неисправности БУ включает индикатор неисправности и в память записываются коды P0420 и/или P0430. Стирание кодов (очистка памяти) «помогает», но не надолго и индикатор включается вновь. Обычно в этой ситуации неопытные техники («диагносты») сразу предлагают промыть форсунки. Если это не помогает, то рекомендуется замена всех (или части) кислородных датчиков. И так по нарастающей стоимости заменяемых узлов, вплоть до замены катализатора. Исключить необходимость этих «действий» нельзя. Но, прежде всего в начале необходима достоверная проверка параметров системы и доскональный анализ ее результатов. На



этом рисунке (*Screen Save of Live Data*) в качестве примера представлены результаты проверки части параметров инжекторной системы бензинового двигателя автомобиля Toyota Prius 2004 года выпуска. Проверка проведена при различных режимах. Обращает на себя полная исправность и практически идеальное состояние катализатора.

II. История внедрения.

К сожалению, бурное развитие промышленности и транспорта¹ далеко не всегда сопровождалось соответствующими мерами по защите окружающей среды. Рост числа автомобилей неминуемо приводит к увеличению количества выбросов (эмиссии) в атмосферу вредных веществ. Это весьма неблагоприятно сказывается на здоровье населения и состоянии окружающей среды. В начале 60-х годов прошлого века государственные органы промышленно развитых стран были вынуждены обратить внимание на разрушительные последствия этого явления, так как тогдашнее законодательство практически не регулировало этот вопрос.

Например, в 1963 году Калифорнийский Совет по контролю воздуха (CARB) принял первые в этой стране стандарты состава отработанных газов (токсичности) автомобилей. В 1970 году были приняты требования к производителям автомобилей о необходимости соблюдения стандартов (ограничений) на содержание в выхлопных газах углеводорода (HC) и угарного газа (CO). Эти вещества были признаны наиболее загрязняющими воздух и провоцирующими так

¹ Количество зарегистрированных в США автомобилей: в 1980 - 130 000 000, в 2000 – более 205 000 000

называемый озоновый смог. Стандарты того времени потребовали, чтобы автомобили, начиная с 1975 года выпуска, обязательно использовали каталитические преобразователи для нейтрализации HC и CO. В результате этого было достигнуто ощутимое снижение токсичности отработанных газов. Например, если в наиболее густонаселенной области штата Калифорния, Los Angeles's (*South Coast Air Basin*) так называемые предупреждения о первой стадии «озоновой атаки» (этап 1)² в 1977 были объявлены 121 раз, то в 1987 – 66 раз, только однажды в 1997 и не разу после. Второй этап (этап 2 - 0.35 PPM озона) не объявлялся ни разу, начиная с 1989 года. Аналогичная статистика улучшений и в других регионах.

В 1970 году в связи с нарастающей загрязненностью воздуха в городах Агентство США по защите окружающей среды (EPA) получило широкие полномочия по разработке стандартов ограничения токсичности отработанных газов автомобилей. Это позволило ужесточить контроль содержания вредных веществ и соблюдения достаточно строгих норм. Уменьшение вредных выбросов происходило за счет изменения конструкции двигателей автомобилей и внедрения различных дополнительных систем. В том числе, систем улавливания паров топлива (charcoal canisters), рециркуляции выхлопных газов EGR (для снижения выбросов окислов азота), каталитических преобразователей и других.

Приход «первого поколения»³ каталитических преобразователей в 1975 значительно уменьшил выбросы HC и CO. Их использование принесло и значительную косвенную пользу. Поскольку соединения свинца резко снижают эффективность преобразования, то с 1975 года начал широко использоваться неэтилированный бензин. А это резко уменьшило выброс в атмосферу соединений этого металла, что положительно сказалось на здоровье людей и состоянии лесов и водоемов. В период с 1976 по 1991 содержание свинца в крови граждан США уменьшилось в среднем на 78% (с 12.8 до 2.8 ug/dL). А это легко объяснимо тем, что в это же время выброс свинца в атмосферу уменьшился с 20 100 тонн (1985 г.) до 4 900 тонн (1993г.). Действует закон, согласно которому и покупатель и продавец этилированного бензина могут быть [оштрафованы](#) на сумму до 10.000 \$US.

В начале 80-годов в ответ на дальнейшее ужесточение требований к составу отработанных газов производители автомобилей начали применять 3-компонентные каталитические нейтрализаторы (TWC - Three Way Catalytic Converter), которые преобразовывали не только угарный газ и углеводороды, но и окислы азота (NOx). Кроме этого, начали массово применяться микропроцессорные блоки управления составом смеси и кислородные датчики.

В тоже время из-за неопределенности технологических возможностей проверки систем каталитического преобразования и улавливания паров топлива эти системы не были включены в перечень обязательных проверок, которые осуществлял блок управления двигателем.

Применение в каталитических преобразователях новых компонентов (Pd/Rh, Pd/Pt/Rh) заставило обратить внимание на содержание серы в бензине. Сера и её соединения оседают или «абсорбируются» слоем драгоценных металлов, используемых для каталитического преобразования отработанных газов. Это препятствует доступу кислорода и значительно снижает эффективность преобразования NMHC, CO и особенно NOx. Кроме этого, выбросы окислов серы могут быть причиной так называемых «кислотных дождей».

В январе 2000 года в США введен стандарт «Tier 2», согласно которому допускается содержание серы не более 150 ppm в RFG (reformulated gasoline) и не более 500 ppm в обычном (conventional gasoline, CG) бензине. Ожидаемый экономический эффект от внедрения этой программы сокращения содержания серы к 2030 году по разным оценкам составляет от 8,5 до 20 млрд. долларов. Предполагается дальнейшее снижение допустимого уровня до 30 ppm в 2006 году. В Японии уже используется бензин с содержанием серы до 100 ppm.

Государственное регулирование вопросов защиты здоровья граждан и окружающей среды привело к реальному уменьшению эмиссии вредных веществ. Это видно на примере таблицы, в которой показано содержание вредных веществ в выхлопных газах новых автомобилей Chevrolet Malibu разных годов выпуска (*Таблица изменений состава выхлопных газов авто разных лет*). Или, например, автомобиль Toyota Camry 2005 года выпуска сертифицированный стандарту «*Super Ultra-Low Emission Vehicle (SULEV)*» при пробеге автомобиля до первых 150 000 миль (!) не должен отравлять окружающую среду более чем (грамм/км): HC - 0.00625; CO - 0,625; NOx -

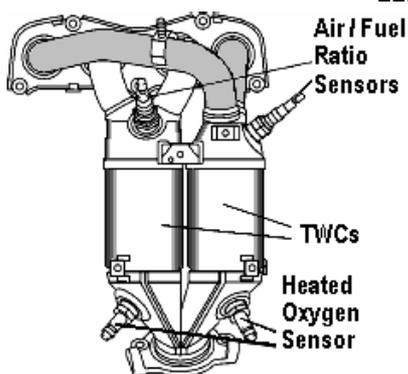
0.0125... Естественно, это столь значительное уменьшение вреда, наносимого природе и людям есть не столько «добрая воля» производителя, сколько результат необходимости соблюдения более жестких норм и правил.

² Это состояние наступает при превышении концентрации озона до 0.20 частей за миллион (PPM). «Stage1 smog alert» (Первый этап опасности смога)

³ Так называемые, «окислительные» катализаторы (Oxidation converters)

Модельный год	HC (грамм/км)	CO (грамм/км)	NOx (грамм/км)
1965	5,5	54	2,25
1975	0,56	5,62	1,25
2003	0,039	0,88	0,0062

III. Особенности расположения.



В современном автомобиле после катализатора установлен кислородный датчик, выходное напряжение которого используется для проверки его функционирования.

В ремонтной документации для обозначения кислородных датчиков используются следующие определения.

Bank1 Sensor1 – указывает на датчик, который расположен в выхлопной системе группы цилиндров, в которую входит 1-й цилиндр и расположен до катализатора.

Bank1 Sensor2 – определяет датчик принадлежащий группе 1-го цилиндра и расположен после катализатора.

Bank1 Sensor3 – указывает на то, что этот датчик «принадлежит» группе 1-го цилиндра и расположен после второго

катализатора.

Bank2 – определяет другую группу цилиндров. Т.е. аналогичные датчики другой группы цилиндров.

Обращаю внимание, что в зависимости от типа двигателя и года выпуска в Bank1 могут входить 1 и 4 цилиндры, например, 4-цилиндровый двигатель 1AZ-FE Toyota (рисунок слева). В тоже время, на двигателе 2JZ-GE – обычное расположение. На фото справа – вариант расположения датчиков до катализатора этого двигателя.



В 1977 средняя стоимость электронных компонентов в одном автомобиле составляла примерно \$110, в то время как в 2001 году – уже более \$1,800. В современном автомобиле протяженность электрических коммуникационных проводов более чем 4 километра, в то время как в машинах произведенных в 1955 году – только 45 метров. Последние несколько десятилетий наблюдается устойчивый почти экспоненциальный рост числа и сложности электронных систем автомобилей (особенно систем управления двигателем и систем обеспечения безопасности). Причем в таких объемах, что производителям приходится использовать отдельный блок управления для организации связи и обмена данными между контроллерами различных систем. Приблизительно 20% кодов самодиагностики относятся к неисправностям интерфейсов подсистем (например, ABS, SRS и т.д.). Стоимость электронных систем составляет примерно 25 процентов от всей цены автомобиля ([University of Limerick](#)).

В среднем автомобиле 2000 г.в. стоимость программного обеспечения составляла примерно 4% его цены. Ожидается, что к 2010 году эта цифра возрастет до 13%.

При этом, как отмечает *Dennis Bogden* (Director of Powertrain Electronic Engineering at General Motors) - "Сегодня в автомобильных контроллерах около 40% программного обеспечения относится к управлению двигателем. Около 30% используется для проведения самодиагностики, приблизительно 20% посвящено обслуживанию интерфейсов подсистемы (например, ABS) и остальные ресурсы - обслуживанию операционной системы, математическим библиотекам и т.п."

IV. Пример диагностики

Freeze Frame Data		
P0430 Catalyst Sys. Efficiency below Threshold Bank(2)		
Calc Load	Speed	Eng Temp
26.86 %	48 km/h	91 °C
ShFT B1	LoFT B1	RPM's
1.78 %	- 4.68 %	2238 rpm
Fuel Sys B1	Fuel Sys B2	
Open Loop	Open Loop	
 <input type="button" value="Clear memory"/> <input type="button" value="Back"/>		

В качестве примера рассмотрим процесс диагностики автомобиля Lexus RX300 (MCU35) с негаснущим при заведенном двигателе индикатором «Check Engine». Как известно, начальным этапом диагностики является считывание кодов неисправности. С помощью простенького диагностического сканера CJII на базе КПК Visor Neo (версия ПО - *Exchanged Toyota 108s*) считан код и другие данные (Freeze Frame) на момент возникновения неисправности (*Screen Save параметров в момент возникновения неисправности*).

В памяти блока управления записан код неисправности P0430 (Catalyst System Efficiency Below Threshold Bank 2).

Перечень возможных причин этой неисправности:

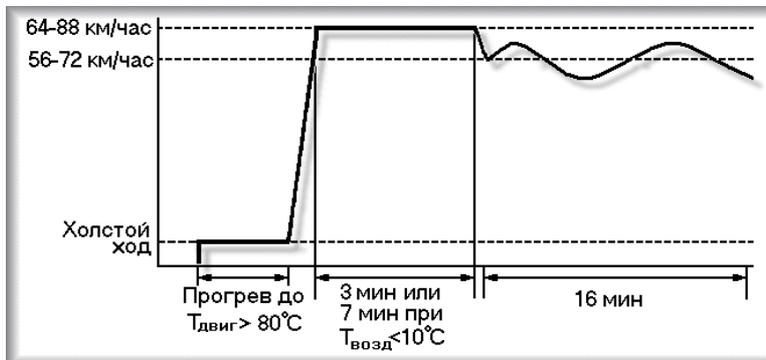
- негерметичность выхлопной системы
- неисправность кислородных датчиков
- неисправность катализатора
- низкое качество топлива.

Остановимся на описании того, как эту неисправность определяет БУ и тогда будет понятна методика проверки.

Одним из требований современных автомобильных стандартов является обязательная проверка состояния катализатора. При обнаружении ощутимого снижения эффективности нейтрализации вредных веществ в память блока управления двигателем записываются коды неисправности P0420/P0430 (Catalyst System Efficiency Below Threshold Bank 1/Bank2).

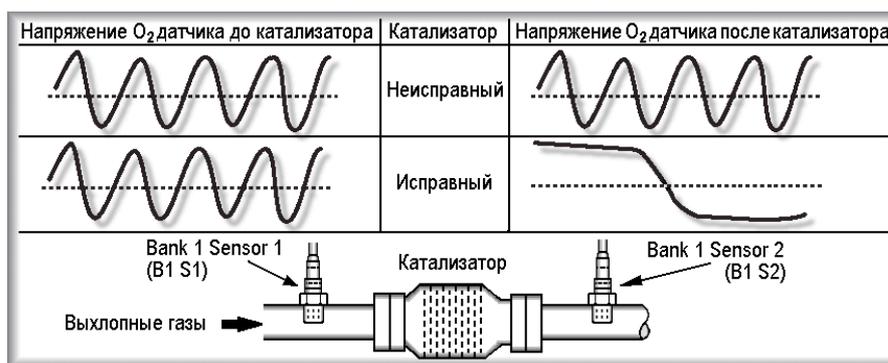
Следует отметить, что эти коды входят в тройку наиболее часто считываемых кодов и являются одной из основных причин включения индикатора «Check Engine».

Вначале рассмотрим то, как блок управления проводит проверку состояния катализатора. Эта проверка проводится только после достижения рабочей температуры двигателя (более 80°C) и 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 индикатор неисправности загорается не сразу.

Кислородный датчик, расположенный до катализатора («передний») предназначен для проверки состава топливно-воздушной смеси. По выходному напряжению датчика, который размещен после катализатора, БУ определяет качество (эффективность) нейтрализации вредных составляющих выхлопных газов («выбросов»).



БУ сравнивает состав выхлопных газов до и после катализатора и определяет его состояние.

Если напряжение заднего датчика практически неотлично от напряжения переднего, иными словами,

содержание вредных примесей после катализатора не уменьшается, то БУ признает такой катализатор неисправным (графики напряжений кислородных датчиков при исправном и неисправном катализаторах).

Напомню, что на этом автомобиле используется не обычный кислородный датчик, а Air Fuel Ratio Sensor (AFS). С помощью такого датчика состав смеси определяется не по его выходному напряжению, а по току чувствительного элемента. Иногда это бывает причиной путаницы с постановкой достоверного диагноза неисправности. Напряжение на этом датчике колеблется в большем диапазоне и с меньшей амплитудой (примерно 2.8-3.5 вольт). И качественно отличается от напряжения обычных кислородных датчиков.

Поэтому надо с помощью диагностического сканера (на фото справа представлены результаты на экране Toyota/Lexus Intelligent Tester II V2.3) проверить и сравнить параметры инжекторной системы и обратить особое внимание на напряжения на этих датчиках (Фото - часть параметров инжекторной системы).

Проверка достаточно проста. Необходимо вывести на экран сканера напряжения датчиков до и после катализаторов соответствующих «половинок» двигателя и сравнить их при различных режимах двигателя.



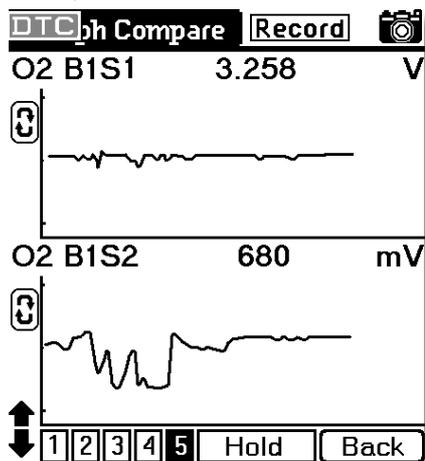
Если напряжение датчика после катализатора напоминает «переключения» напряжения обычного кислородного датчика в режиме регулировки состава топливной смеси с обратной связью, то такой катализатор – «не жилец».

А вот так выглядят графики (*Screen Shot – зависимость параметров инжекторной системы от скорости вращения двигателя*) при исправном катализаторе на экране сканера на базе



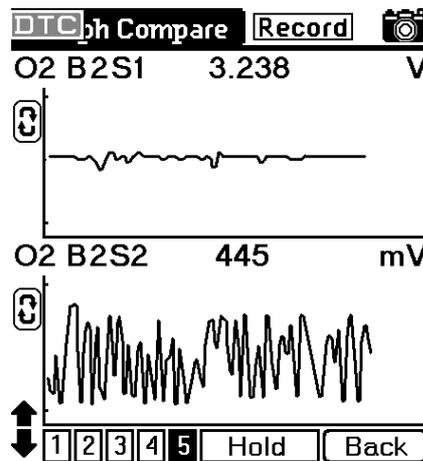
персонального компьютера (ПО Ver.4.1) при различных режимах двигателя. **B1S2 O2 Sensor Output Voltage** - выходное напряжение датчика после катализатора, **B1S1** - ток датчика состава топливной смеси (*Wide Band O2 Sensor*), **B1S1 Eq.Ratio** (*Wide Band O2 Sensor Equivalent Ratio*) соответствует параметру кратковременной топливной коррекции по сигналам этого датчика, **Engine RPM** – скорость вращения двигателя. Приведены данные при различных режимах двигателя и полностью исправном катализаторе.

Но вернемся к RX300. На этих Screen Shots («снимках экрана») представлены напряжения всех кислородных датчиков этого автомобиля.



Напряжение кислородных датчиков исправной части двигателя.

На этих графиках видно, что «задний» датчик полностью исправен и реагирует на изменение

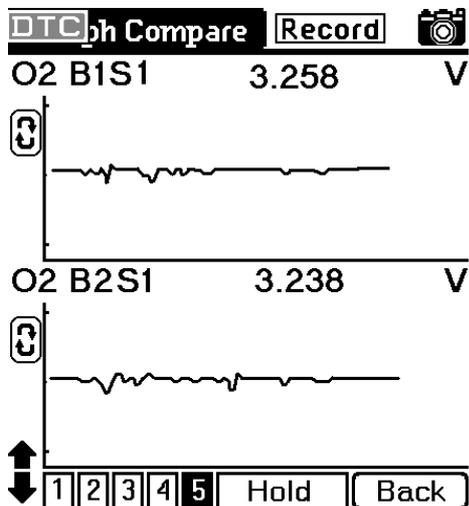


Напряжение кислородных датчиков до и после неисправного катализатора.

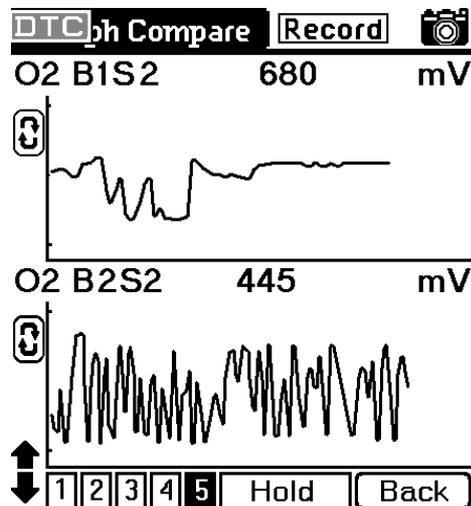
По этим графикам можно сделать однозначный вывод о полной неисправности

состава смеси. Катализатор этой половинки катализатора Bank2. Напряжение «заднего» двигателя исправен. И выполняет задачу кислородного датчика изменяется синхронно снижению содержания вредных составляющих изменению состава топливно-воздушной выхлопных газов.

Ниже представлены результаты сравнения сигналов одноименных датчиков разных «половинок» двигателя, на которых особенно заметно, что напряжения датчиков до катализатора практически неотличимы. Между сигналами «задних» кислородных датчиков имеются значительные отличия. Катализатор Bank2 – неисправен.

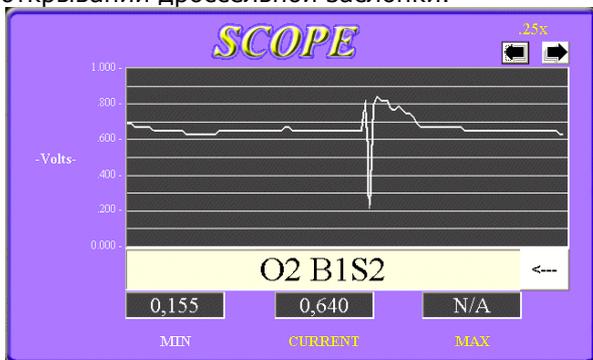


Напряжение кислородных датчиков до катализатора

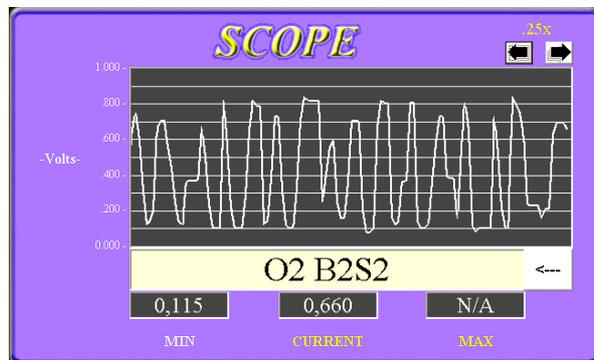


Напряжение кислородных датчиков после катализаторов

На мой взгляд, изящно выглядят эти сигналы на экране ноутбука при использовании самодельного интерфейса и freeware OBD SCAN TECH Version 0.76. На Screen Shots этой программы представлены выходные напряжения датчиков после исправного (O2B1S2) и неисправного катализаторов (O2B2S2) на холостом ходу двигателя и при небольшом открывании дроссельной заслонки.



Выходное напряжение кислородного датчика после исправного катализатора



Выходное напряжение кислородного датчика после неисправного катализатора

Таким образом, на этом автомобиле (RX300 2005MY) был поставлен диагноз и подтверждена

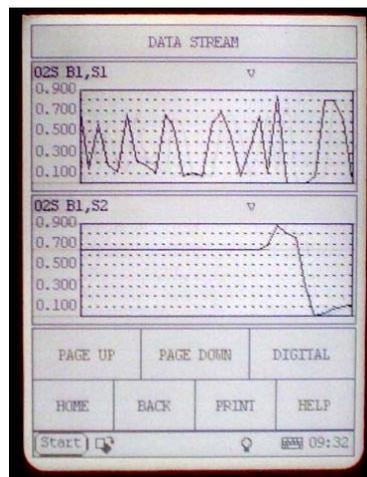
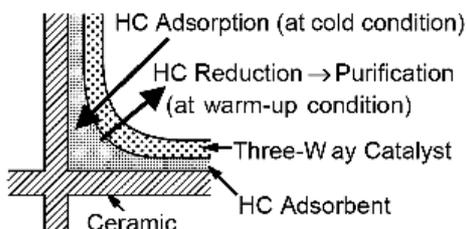


«низкая эффективность каталитического преобразования». Последующее «вскрытие» выхлопной системы полностью подтвердило этот вывод. На этой фотографии (фото слева - пример термического разрушения катализатора) представлен его фрагмент. Заметно, что температура выхлопных газов была настолько велика, что это привело к оплавлению керамики! Впору думать о пожарной безопасности, потому что остановка автомобиля в такой ситуации на обочине с сухой травой может быть причиной возникновения пожара...

Для полноценного ремонта этого автомобиля необходима замена катализатора.

Для справки. На этой фотографии справа фото графиков выходного напряжения исправных кислородных датчиков до катализатора (B1S1) и после него (B1S2) при исправном катализаторе автомобиля Toyota Celica (ZZT321) на холостом ходе и при открывании дроссельной заслонки.

О возможных других причинах возникновения кодов неисправности P0420/P0430, о факторах, влияющих на их появление и о применяемых способах снижения вероятности их считывания, в том числе и заводских рекомендациях, о методике проверки блоком управления состоянием катализаторов с использованием алгоритма *active air-fuel ratio control* и датчика **Bank1 Sensor3** (!) – в другой раз.



До тех пор, пока мы будем легкомысленно считать, что "вредные выхлопы - не наша проблема", до тех пор в нашей стране будет расти детская смертность и сокращаться средняя продолжительность жизни! Общеизвестна статистика том, что численность населения Украины продолжает уменьшаться и впервые за годы новейшей истории опустилась ниже уровня 47 млн. человек. По данным⁴ Госкомитета статистики по состоянию на 1 ноября 2005г. в Украине проживало 46 988 212 человек. В то время как согласно данным Госкомстата СССР, в конце 1990 года в Украине проживало 51,94 млн.

И огромный «вклад» в это, я бы сказал, позорное явление, вносят неисправные автотранспортные средства. И никакие отговорки владельцев о том, что миллионы других автомобилей загрязняют окружающую среду еще больше, не являются оправданием легкомысленного отношения к своему здоровью, к здоровью близких и к здоровью окружающих.

April 2006

⁴ По состоянию на май 2006 года уже 46 838 тыс.