



*They can do not whatever they want to do not (Anti Catch-22)*

Прискорбно, но даже в наше время на излете первого десятилетия XXI века встречаются апологеты рудиментарного «мышления» относительно методологии диагностики систем управления топливными системами современных автомобилей. Полное неприятие диагностических сканеров как незаменимых средств контроля при диагностике и ремонте электронных систем современных автомобилей основной постулат таких «методистов». Причем, чем выше дремучесть «идеологии», тем больше агрессивность и степень неприятия сканеров.

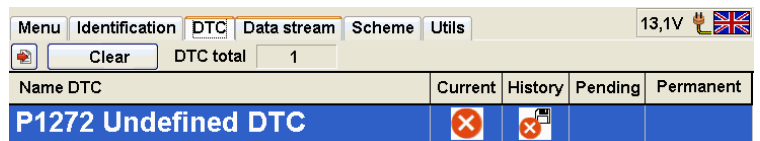
Значительный негативный вклад вносят отдельные изготовители диагностических сканеров, разработчики которых не владея должными знаниями, навыками и практикой автодиагностики и ремонта насаждают удобные им технологии, но при этом приучают своих клиентов к поверхностному и непрофессиональному отношению к работе. Да и у части последних уже заметен «стокгольмский синдром».

Складывается впечатление, что технологии диагностики и носители этих взглядов оказались «замороженными» во времени. При этом пытаются прикрывать слабость своих аргументов ссылками на то, что ремонт газелей и тому подобных мототележек вполне обходится измерениями «на глазок» и без всяких там сканеров, другие – погоней за удобством написания программ и снижением затрат на разработку программного обеспечения.

И конечно, классической отмазкой в стиле «и на солнце есть пятна».

Да, может быть кому-то привычнее порочная практика диагностики «на слух, на нюх, на глаз и на ощупь», а кому-то – для неправомочного объединения описаний всех кодов всех неисправностей систем самых разных моделей автомобилей. Но это путь в никуда. Конечно, пройдет время и как пел В. Высоцкий, - «жизнь сама таких накажет строго». Но неизбежно значимое количество начинающих техников «научится плохому» с высокой вероятностью попадания в неприятные ситуации. А это уже далеко не частное дело отдельного «фахивца» или частного программера. «Гнатовщина» недопустима во всех своих проявлениях и независимо от самооценок ее носителей!

Но по счастью реальная практика все время подбрасывает «контраргументы» и доказывает необходимость профессионального подхода к своей работе, а как общеизвестно, практика – критерий истины. Конечно «частный опыт» не следует делать общим законом, но если быть в рамках темы «диагностика современных автомобилей», то доводы об обязательности использования диагностического сканера – неоспоримы. И этот пример результативной диагностики Toyota Hiace 2002 года выпуска с дизельным двигателем 2KD-FTV Common Rail – тому подтверждение.



Ситуация с автомобилем была достаточно банальной: негаснущий индикатор неисправности и двигатель не раскручивающийся более 2,500-3,000 об/мин. Естественно после опроса с пристраем клиента, был подключен один из сканеров, который неожиданно выдал такой результат (рис.1). И причиной недоумения было не то, что «код не определен», а то, что такого кода неисправности для этого автомобиля вообще не может быть. Код P1272<sup>1</sup> актуален, например, для систем управления двигателя 1KD-FTV Hiace 2006-2009 года выпуска и означает «Fuel Pressure Regulator Malfunction». На самом деле, в памяти нашего Hiace был записан 2-значный код 78(6), который идентифицируется как «неисправность системы регулирования давления топлива» («Fuel Pressure Regulator System Malfunction»). Кстати о кодах неисправности. В этой модели проведены их изменения. Например, удалены коды 34 и 35, добавлены коды 31, 33, 39 и 96. Кроме этого, увеличено до 1 минуты время отключения аккумулятора необходимое для стирания кодов (the Time for Clear Codes).

При всей схожести<sup>ii</sup> с реальным кодом, записанным в памяти ECM этого «пациента», такой «диагностический нигилизм» изготовителей сканера недопустим.

Считывание кода неисправности, которого не может быть – это совершенно неприемлемая ситуация, которая дезориентирует пользователей и может быть причиной недоразумений. Такое легкомысленное

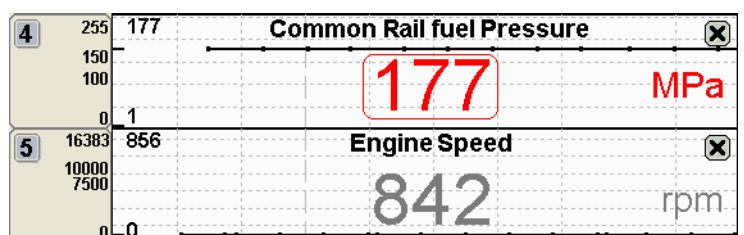


Рис. 2

отношение изготовителей сканера, претендующего на звание «информационно-диагностическая система» ставит вопрос об их квалификации, ответственности или мотивах. Примечание. Указанные ошибки не могут квалифицироваться как «немотивированная атака» («наезд»), так как их наличие подтверждается соответствующими скриншотами.

Потенциальных покупателей это должно заставить задуматься, - а стоит ли тратить немалые деньги на покупку прибора сомнительного качества. И тем более, это надо сделать, так как даже после якобы устранения ошибки в пересчете давления в топливной системе, тот «сканер» по-прежнему недопустимо врёт. Хотя повторение сценария корейцев с бесплатным временным доступом (с прикидом на якобы филантропию) для увеличения числа добровольных рекрутов, собирающих инфу для устранения ошибок - наверняка позволит собрать данные, которые не хватает у разработчиков. И хоть частично устранить несистемные ошибки производителя. А пока, если руководствоваться его неправильными данными о давлении в топливной системе (Рис.2), то можно «чисто конкретно попасть на бабки» (на многие сотни евро) из-за совершенно напрасной замены насоса и/или регулятора давления. Таких и системных ошибок в нем много и мы вернемся к их анализу в отдельной публикации.

Freeze Frame Data  
78(6) Fuel Pressure Regulator System Malfunction

Parameter	Value	Unit
Injection Volume	7.05	mm <sup>3</sup>
Injection Timing	1.8	CA
Engine SPD	719	RPM
MAP	97	kPa(abs)
Coolant Temp	46	°C
Intake Air	30	°C
Fuel Temp.	43	°C
Accel Position	13	%
Vehicle SPD	0	km/h
Stop Light SW	OFF	
A/C SIG	OFF	
Starter SIG	OFF	
Accel Open SW	OFF	
Common Rail Pressure	28	MPa
Throttle Step POS	183	step
Ambient Temperature	37	°C
Revised Injection Volume#1	0.631	mm <sup>3</sup>
Revised Injection Volume#2	0.162	mm <sup>3</sup>
Revised Injection Volume#3	-1.088	mm <sup>3</sup>
Revised Injection Volume#4	0.319	mm <sup>3</sup>
Target Pump Current	1024	mA
M-INJ/PILOT ON	0	us
M-INJ/PILOT OFF	557	us
Pilot-Injection	826	us

Рис. 3

Кстати, значительное сходство графического интерфейса этого сканера с «графикой» известного сканматика наводит на некоторые грустные размышления. Но вопросы «кто, что и у кого?» выходят за рамки этой статьи.

А мы вернемся к конкретной неисправности системы регулирования давления топлива этого автомобиля. К сожалению, в перечне «замороженных» данных - Freeze Frame (Рис.3) не предусмотрен параметр «Actual drop Rate», как и не указано значение «Target drop Rate» в Data List. Поясним, что считанный код неисправности записывается в память, если после выключения зажигания БУ обнаруживает недостаточное<sup>iii</sup> (недопустимо медленное) снижение давления в топливной рампе. Другими словами - «давление в топливной системе не опускается ниже указанного предела после выключения зажигания» и реальное снижение давления («Actual drop Rate») не соответствует ожидаемому уровню («Target drop Rate»).

В руководстве по ремонту (RM907E) этого Hiace этот код идентифицируется как «Fuel Pressure Regulation System Malfunction». Причиной чего заявляется «неисправность закрывания редукционного клапана» («Fuel relief Valve remain closed»).

При этом рекомендуется проверить давление в топливной системе, осциллограммы сигналов управления этим клапаном, исправность электрических цепей и разъемов, провести соответствующие активные тесты. И при их правильности и исправности - заменить топливную «рампу» («рейку»). Спорить с «заводскими мануалами» бесполезно, а с другой стороны, начать «с конца», уповая на авось, и просто заменить топливную рейку - было бы неправильно. В том числе и потому, что цена ошибки - слишком высока и «цена вопроса» начинается примерно с 1 000 EU.

С помощью диагностического сканера проверка давления в топливной системе с диапазоном изменения вплоть до 1000 кг/см.кв. была

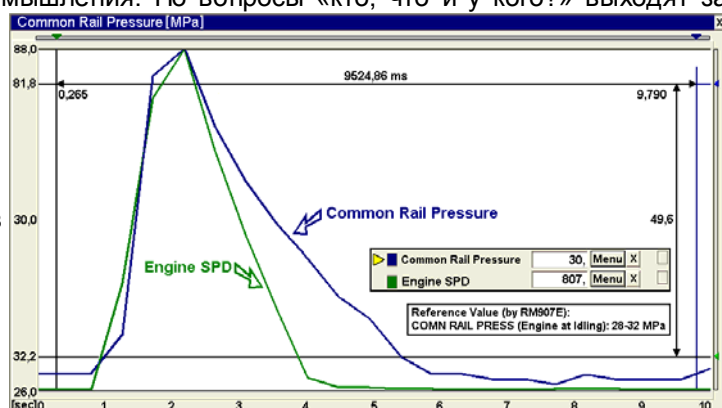


Рис. 4

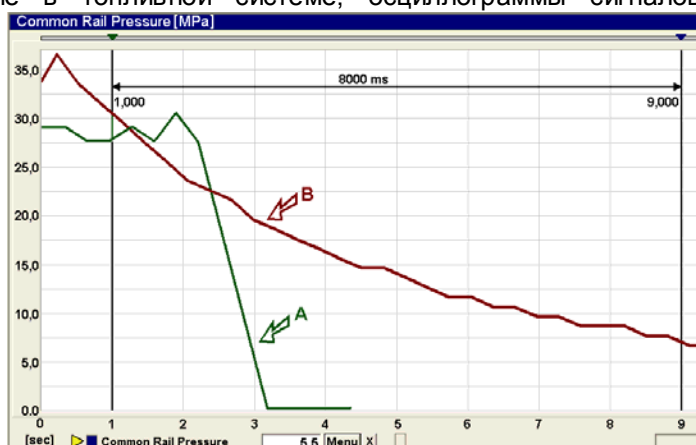


Рис. 5

достаточно простой и быстрой. На [рис.4](#) показаны её результаты. Давление в системе соответствует допустимому диапазону и адекватно реагирует на изменения скорости вращения двигателя. В тоже время проверка давления в системе после выключения зажигания выявила весьма медленное его уменьшение (линия «В» на [рис.5](#)).

А сейчас самое время кратко рассмотреть назначение основных элементов, характеристики и устройство системы управления двигателем.

В этом автомобиле установлен 16-клапанный турбо-дизельный двигатель объемом 2.5 литра 2KD-FTV использующий систему D-4D (Direct injection 4-stroke Common-Rail) сертифицированную на соответствие требованиям EUROIII. Мощность двигателя 75 kW и крутящий момент 192 Nm при 1200-3000 об/мин.

Работой двигателя управляет компьютер на базе 32-битного процессора. Основными преимуществами этой системы является снижение уровня шумов двигателя, повышение экономичности и снижения уровня загрязнения окружающей среды.

Структурная схема ([рис.6](#)) Common Rail относительно проста. Управление количеством топлива подаваемого в цилиндры реализуется по следующему алгоритму.

Давление в топливной системе создает

Фото 1



2-плунжерный насос высокого давления (Outer Cam) HP3 (в отличие от двигателя 1KD-FTV, в котором использован стандартный 4-плунжерный HP2 с Inner Cam). Рабочее давление в системе может достигать 135 МПа и регулируется в зависимости от режима работы двигателя клапаном сброса давления топлива (Fuel Relief Valve<sup>iv</sup>), установленным в рейке и частично клапаном дозирования топлива, расположенным в насосе (SCV, Suction Control Valve). Для этого БУ управляет напряжением на этих клапанах для того, чтобы давление, проверяемое датчиком в топливной рейке, соответствовало заданному («целевому») значению.

Клапан SCV управляется импульсами переменной скважности, а клапан сброса - комбинацией изменений длительности стробирующих импульсов и импульсов открывания. Частота управляющих импульсов определяется и скоростью вращения двигателя. На [рис.7](#) показана форма управляющих сигналов этих двух клапанов при изменении режима двигателя.

В корпусе насоса расположен датчик температуры топлива, данные которого, используются для коррекции объема топлива, подаваемого в цилиндры.

В топливную рейку встроены форсунки, клапан сброса давления и датчик давления. Аварийный клапан сброса (Pressure Limiter) открывается, если давление в топливной рейке превышает 150 МПа,

Датчик давления<sup>v</sup> ([фото.1](#)) разработанный Denso выполнен в виде герметичного модуля, в котором размещены металлическая диафрагма, передающая давление топлива пьезорезистивному чувствительному элементу и схема преобразования сигнала.

Такой датчик способен измерять давление до 160 МПа с точностью  $\pm 1\%$  в температурном диапазоне от -30 до +120°C, что значительно превышает показатели других, использующих поликристаллические пьезорезистивные элементы. В свое время он был подробно рассмотрен на SAE 2002 World Congress<sup>vi</sup>. На [рис.8](#) показано его выходное напряжение при различных режимах двигателя.

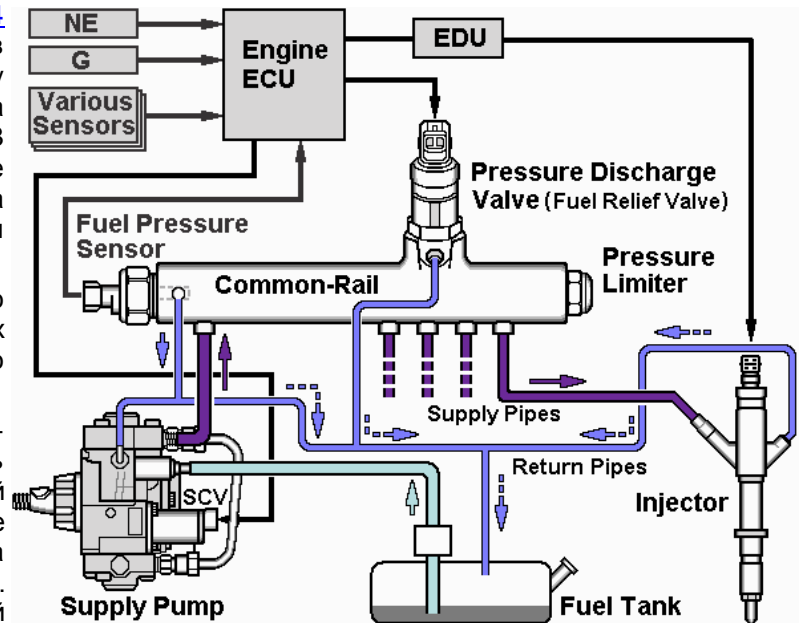


Рис. 6

1P	5V	IN 1	1 V: 873.6 mV Δ: -14.54 V
2N	5V	IN 2	2 V: 291.2 mV Δ: 167.4 mV
3N	5V	IN 3	3 V: 135.2 V Δ: 14.20 V
4P	50 mV	IN 4	4 V: 43.68 mV Δ: 7.28 mV
5K	20V	OFF	5 V: 74.23 mV Δ: 0.0 V
6P	1V	OFF	6 V: 15.01 mV Δ: 0.0 V
7N	1V	OFF	7 V: 35.40 mV Δ: 0.0 V
8P	1V	OFF	8 V: 43.68 mV Δ: 7.28 mV
1:1			EΔ: 3.2 ms P: 312.5 Hz

Image by al tech page

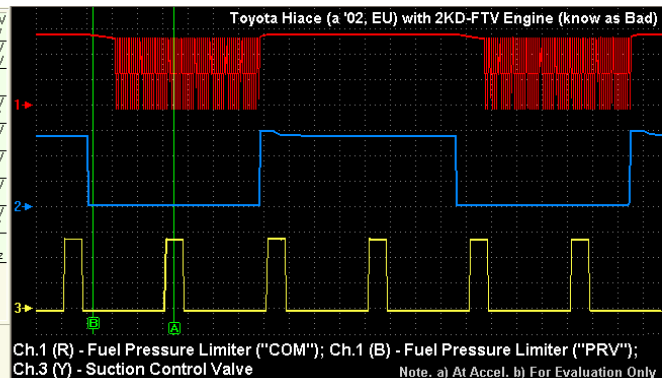


Рис. 7



Учитывая известный интерес к теме Common Rail Toyota D4-D, уделим немного времени описанию конструкции топливных форсунок второго поколения и алгоритму управления ими.

Топливная система нашего Hiace не учитывает в явном виде заводской разброс параметров форсунок (фото2), поэтому нет необходимости прописывать в ECM значений Injector Compensation Value и QR код. Хотя строго говоря, ECM все же определяет их «индивидуальность» и проводит коррекцию подачи топлива по каждой форсунке.

Статическая проверка достаточно проста. Сопротивление электромагнитной обмотки примерно  $2.5 \div 3.1 \text{ Ohm}$  при  $20^\circ\text{C}$ . Номинал корректирующего сопротивления может быть в диапазоне от десятков до нескольких тысяч Ohm.

### Конструкция топливной форсунки.

Форсунка выполнена в виде разборного металлического корпуса (рис.9), в котором имеются несколько полостей:

- приемная камера (Receiving chamber), в которой размещены - электромагнитная катушка (Solenoid Coil) и якорь (Valve Element) электромагнитного клапана управления давлением
- верхняя управляющая (накопительная) камера (Upper Reservoir Control Chamber)
- нижняя накопительная камера (Lower Reservoir Chamber)

Поскольку в некоторых режимах рабочее давление в топливной рейке превышает  $1000 \text{ кг/см.кв.}$ , то в процессах перемещения запорной иглы остроумно используется непосредственно давление топлива, подводимого к форсунке.

В исходном состоянии э/м катушка обесточена, и под воздействием пружины якорь клапана управления перекрывает отверстие между приемной и управляющей камерами. Поскольку площадь поверхностей управляющего поршня (Command Piston), на которые воздействует давление топлива с разных сторон, различна, - то игла распылителя (nozzle needle) оказывается прижатой к седлу. И тем самым перекрывает подачу топлива.

Если в катушке протекает достаточный ток, то якорь электромагнита перемещается вверх и открывает выпускной гидравлический дроссель<sup>vi</sup>. В результате этого снижается давление в управляющей камере и уменьшается усилие закрытия. Под воздействием давления в нижней накопительной камере игла перемещается вверх, и топливо поступает в цилиндр.

После окончания подачи напряжения на катушку якорь под воздействием пружины закрывает отверстие, соединяющее приемную и управляющую камеры, что приводит к повышению давления в последней. Как следствие восстанавливается равновесие давлений с разных сторон поршня и игла снова перекрывает подачу топлива.

Примечание. Использование в конструкции такой форсунки модифицированного управляющего поршня позволило уменьшить время её отклика (Hydraulic Response) до  $0.4 \text{ мсек}^{\text{viii}}$ , снизить так называемый неэффективный период инжекции (Ineffective Injection Period) и обеспечить возможность FCCB-коррекции, учитывающей естественный разброс параметров впрыска топлива в цилиндрах.

### Алгоритм управления открыванием форсунки.

В топливной системе D4-D топливо может подаваться в два этапа, то есть при управлении форсункой используется алгоритм 2-этапной подачи топлива («Pilot Injection») и потратим немного времени на его описание.

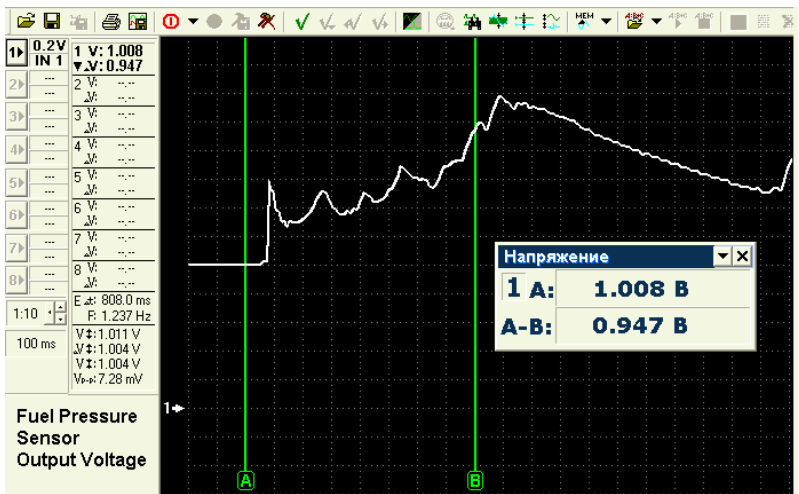


Рис. 8

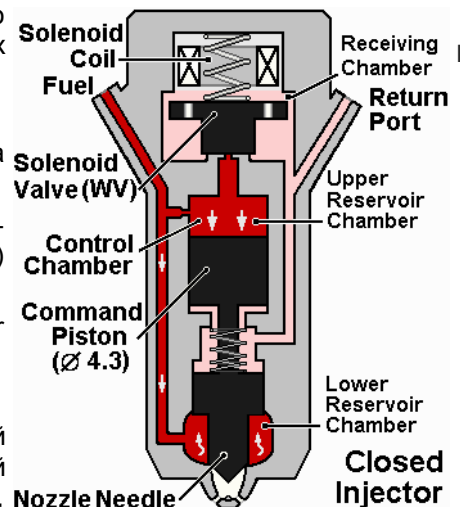


Рис.9



Photo by al tech page

Вопросы улучшения качества и параметров сгорания топлива дизельных двигателей рассматриваются достаточно давно и в начале 80-х годов прошлого века многие конструкторы озаботились улучшением характеристик дизельных двигателей. Среди прочих мер были запатентованы<sup>ix</sup> методы предварительного впрыска небольших порций топлива (Preinjection).

Суть этих предложений заключалась в том, что перед основным впрыском (обычно 3÷14 градусов по углу поворота коленвала) в цилиндры впрыскивается небольшая порция топлива (5÷15% от основного количества).

Как следствие появилось много разработок конструкций форсунок, которые могли реализовать такой метод<sup>x</sup>[]. Некоторыми авторами предлагалось использование дополнительных специальных форсунок, что вполне объяснимо тогдашним уровнем развития технологий производства форсунок и сложностью создания адекватных систем электронного управления.

Естественно, что следом появились патенты на алгоритмы программ управления. В патенте США 4399786 с приоритетом 1977 года, похоже, впервые использован термин «Pilot Injection», который ныне используется для определения такого алгоритма подачи топлива. По мере развития уровня технологии стали появляться данные практических исследований эффективности использования такого способа управления. И в конце концов он был успешно внедрен в серийно выпускающиеся автомобили.

Его суть состоит в том, что в камеру сгорания цилиндра заранее подается небольшая порция топлива (рис.10), воспламенение которой повышает температуру и давление в камере сгорания.

Применение pilot injection<sup>xi</sup> позволяет добиться от дизельного двигателя:

- повышение экономичности автомобиля и мощности двигателя
- оптимизацию процессов воспламенения
- снижение выбросов вредных веществ (NOx)
- сокращение задержек воспламенения основной части топлива
- уменьшение нагрузки на поршневую группу<sup>1</sup>
- ограничение дымности выхлопа
- уменьшение уровня шумов двигателя (6÷8 дБ)

И напомним, что напряжение управления катушкой форсунки формируется специальным «драйвером» (EDU). В его состав обязательно входит высоковольтный преобразователь и электронные ключи для коммутации напряжения. ECM управляет длительностью импульсов, интервалом между ними и опережением предварительного («пилотного») впрыска относительно основного (Main Injection). Базовые значения начальной порции рассчитывается по положению педали газа, углу поворота коленвала и скорости вращения двигателя. Коррекция проводится на основе данных датчиков температуры двигателя и воздуха, а также с учетом данных датчика давления турбины. На рис.11 показан скриншот напряжения управления топливной форсункой нашего Hiace.

Ну а теперь после столь значительного экскурса в историю и теорию Common Rail «вернемся к нашим баранам». Напомним, что на автомобиле с упорным постоянством считывался код неисправности 78(6) - «Fuel Pressure Regulator System Malfunction». И его причиной был клапан сброса давления топлива (Fuel Relief Valve<sup>xii</sup>), установленный непосредственно в рейке.

И сейчас самое время обсудить назначение и устройство этого клапана. Как известно, ECM поддерживает давление в диапазоне 25÷135 МПа. Его необходимое значение рассчитывается на основе на различных параметрах работы двигателя, в частности на

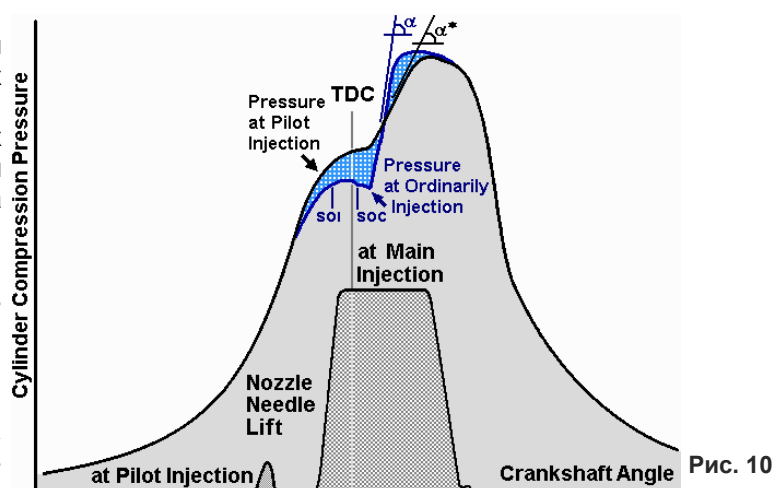


Рис. 10

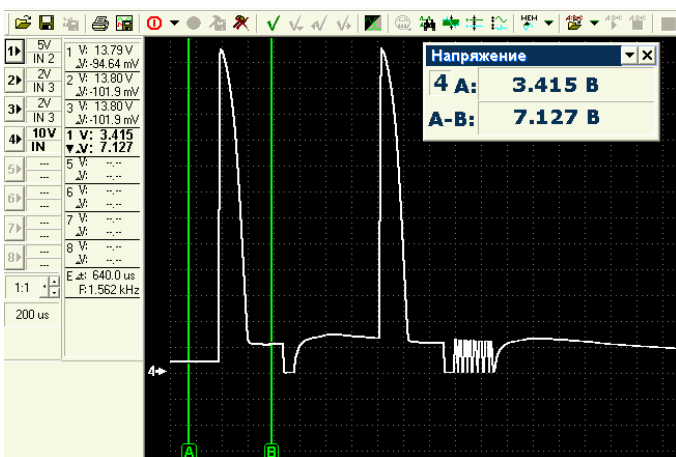


Рис. 11

### Pressure Discharge Valve Operation by Sudden Deceleration

#### Throttle Idle Position

OFF On

#### Pressure Discharge Valve

CLOSE OPEN

#### Fuel Pressure

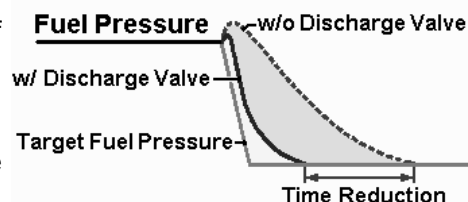


Рис. 12

<sup>1</sup> За счет уменьшения скорости нарастания давления в цилиндре ( $\alpha$ ) и снижения максимального давления сгорания (Combustion Pressure)

сигналах от датчика положения педали акселератора и датчика положения коленвала.

Для поддержания нужного давления в топливной системе (Target Injection Pressure) ECM посылает управляющие сигналы на клапан SCV, что позволяет регулировать объем подачи топлива насосом. Кроме этого, компьютер изменяет напряжение на Discharge Valve для непосредственного сброса давления в топливной магистрали. Использование этого клапана позволяет обеспечить достаточно необходимо быстрое регулирования давления в системе (рис.12), особенно при резком сбросе газа.

ECM проверяет «функциональные возможности» клапана. Если после выключения зажигания скорость уменьшения давления окажется недостаточной, то это считается неисправностью и в память записывается код 78(6). Руководство по ремонту в этой ситуации предлагает проверить и убедиться в том,



что при 20°C сопротивление клапана составляет примерно 2.6÷2.8 Ома. Если статическая проверка не выявит неисправность, то предлагается проверить осциллограммы управляющих сигналов (рис. 7).

Как может догадаться читатель, обе проверки (фото 4) не выявили неисправность. При внешнем осмотре внутренностей клапана (фото 3) нечего криминального не обнаружено.



Ремонтный мануал в этой ситуации предлагает не много не мало как заменить Common Rail Assembly.

Все бы ничего, но поскольку новый клапан купить отдельно невозможно, а топливная рейка в сборе стоит более 1 000€, то возникла естественная необходимость повышения достоверности диагноза.

Исключительно для перепроверки диагноза «неисправность регулятора давления» был изготовлен и подключен примитивный «девайс» (пара реле и щепотка радиодеталей), который имитировал нормальное время уменьшения давления после выключения зажигания (линия «А» на рис. 5 на стр.2). Вполне симпатичный и правдоподобный сигнал (рис.13). Последующие проверки Active Test (рис.14) подтвердили исправность другого навесного оборудования и датчиков.

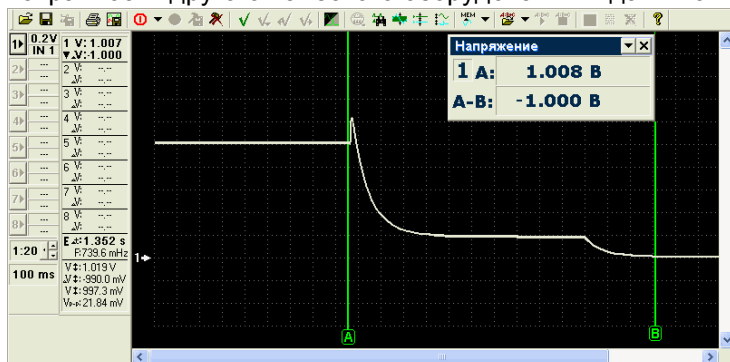


Рис. 13

Select desired Active Test from the List	Description:	Value	Unit
EGR System		8.46	mm3
A/C Cut Signal		1.8	CA
TE1 (TC)		735	RPM
EGR Valve Close VSV		7.06	gm/sec
Turbo Pressure Sensor VSV		95	kPa(abs)
Injector Cut #1		13	%
Injector Cut #2		ON	
Injector Cut #3		OFF	
Injector Cut #4		OFF	
Fuel Leak Test		181	step
		23	MPa
		0.319	mm3
		0.631	mm3
		-0.932	mm3
		0.162	mm3
		1024	mmA
		0	us
		560	us
		864	us
		63.11	%

Рис. 14

Блок управления отнесся к такой подмене весьма доброжелательно и как только не «тиранили» этот Hiase во время контрольных поездок, индикатор Check Engine «молчал как рыба об лёд», а параметры системы управления двигателем - оставались в пределах нормальных значений.

Но оптимистичным такой финал не назовешь. Клиент, видя такой результат проверки, категорически отказался покупать новую топливную рейку и быстренько se retirer вместе с проверочным «прибамбасом». Вообще-то понять его можно. Видимо из-за почти годовых мыканий по автосервисам соскучился по своему Хайсу или что еще хуже, отправился с ним «прямохонько на базар».

**А что касается «дискуссии» о необходимо обязательном оборудовании, то даже ставший обычным процесс регистрации форсунок невыполним без использования качественного диагностического сканера. И если автосервис (СТО) или специалист ориентируется на обслуживание и ремонт современных автомобилей, то наличие качественного сканера, как и должный уровень квалификации, - обязательное условие существования и успешного развития. И мы надеемся, что эта статья сможет повысить "иммунитет" практикующих техников против заблуждений некоторых разношерстных и воинствующих ламеров от диагностики.**

С уважением,  
A.V. Leshchenko, V. P. Leshchenko  
Photos and Images by Authors  
2009



## References<sup>xiii</sup>

2KD-FTV Engine Repair Manual (Pub. No. RM907E)

[Toyota Service Bulletin EG-4010](#)

[Effect of Pilot Injection Rate on Combustion and Trade-off in DI Diesel Engine](#), M. Ishida, H. Ueki, D. Sakaguchi  
[Development of second Generation Common Rail System](#), K. Takeuchi, T. Toyao, Denso Corporation

[US Patent 4399786](#) Method for pilot injection of fuel in diesel engines

[European Patent EP0772737](#) Common-Rail Fuel Injection Method for Diesel Engines

**Приложение 1.** В настоящее время требования к точности дозировки количества топлива подаваемого в цилиндры настолько высоки, что становится экономически невыгодно, а иногда и технически невозможно обеспечить необходимо высокую точность изготовления деталей топливных форсунок. Поэтому для реализации требований повышения экономичности и снижения уровня выбросов, а также для снижения себестоимости производства, каждая форсунка имеет свой уникальный код (Compensation Value), который учитывает её индивидуальные особенности (код модели, коррекция по производительности и быстродействию).



Ввод компенсационных кодов необходим после замены блока управления и/или топливных форсунок. Эти 16-ричные коды прописываются в память ECM с помощью соответствующего диагностического сканера. Сами коды размещены непосредственно на форсунке (фото 5). Считывание QR кодов возможно только с применением специализированного оборудования и не практикуется большинством специалистов даже уполномоченных автосервисов. Как пишет [wikipedia](#), «QR-код – матричный код (двухмерный штрих-код), разработанный и представленный японской компанией «Denso-Wave» в 1994 году. Аббревиатура QR производна от англ. Quick Response, что переводится как «быстрый отклик». Основное достоинство QR-кода — это легкое распознавание сканирующим оборудованием». QR-коды могут использовать числовую, текстовую, кандзи<sup>2</sup>, кана и двоичную кодировку (image by <http://en.m.wikipedia.org>). Причем как в горизонтальном, так и вертикальном направлении Максимально возможное количество числовых символов – не более 7 089.



**Приложение 2.** Внешний вид и внутренности топливной форсунки 1KD-FTV (фото 6)



**Приложение 3.** Блок управления обучается и запоминает показатели изменения уровня сброса давления, связанные с индивидуальными отличиями насосов высокого давления. Поэтому после замены насоса необходимо с помощью OEM-сканера Intelligent Tester II, TS или «вручную» выполнить процедуру «Reset the Learned Value»

<sup>2</sup> Иероглифы китайского происхождения, используемые в современной японской письменности