

ИСТОРИЯ О ТОМ, КАК Я ГАЗОВЫЕ ФОРСУНКИ КАЛИБРОВАЛ ИЛИ ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК БАЛАНСИРОВКИ ГАЗОВЫХ ФОРСУНОК

После установки и тщательной настройки газового оборудования четвертого поколения на своем автомобиле, наблюдал небольшую, но заметную (если сравнивать с работой на бензине) неравномерность работы двигателя на холостом ходу. Ощущалось это даже в салоне по характерной вибрации рулевого колеса. Никаких явных отклонений в работе газовых "мозгов" обнаружено не было, по бензину аналогично. Проверка системы зажигания с помощью мотор-тестера также не дала результата. Единственная аномалия, которая обращала на себя внимание, - при переключении двигателя на газ сигнал датчика кислорода вместо гладкой линии принимал форму зубастой пилы (рис. 1).

К тому времени мною уже было перечитано большое количество доступной информации по ГБО четвертого поколения, и по газовым форсункам в частности. Анализ ситуации показал, что виновниками проблемы являются газовые форсунки, точнее их дисбаланс. Дело в том, что следствием невысокой точности изготовления комплектующих становится существенная разница в параметрах форсунок даже из одного комплекта. И при подаче одинаковой длительности открывающего импульса, количество топлива, впрыскиваемого в разные цилиндры, сильно отличается. На холостом ходу это отражается в неравномерной работе двигателя, на мощностных режимах - в увеличенном расходе топлива. Теперь мне предстояло это предположение доказать, то есть с помощью некоего прибора

получить конкретные цифры. И началось сооружение стэнда для проверки и калибровки газовых форсунок, который включал в себя газовый редуктор от системы четвертого поколения и регулируемый генератор импульсов для управления форсунками. Для замера расхода газа на выходе форсунок использовался ротаметр (рис. 3).

Другой вариант, альтернативный ротаметру, использовал датчик давления, установленный между редуктором и форсункой, подключенный к осциллографу. С его помощью оценивался расход газа по моментальному падению давления при открытии форсунки. Сама же регулировка производилась изменением высоты подъема штока форсунки с помощью регулировочного винта. Оба метода оценки расхода доказали предполагаемый, но неутешительный результат - форсунки имеют нелинейную характеристику во всем рабочем диапазоне. Если настроить все форсунки по одинаковому проходу газа на одной длительности впрыска, то при изменении длительности управляющих импульсов дисбаланс возвращается. Также пропускная характеристика форсунок зависит от давления газа. Стало ясно, что балансировку форсунок нужно проводить в условиях, максимально приближенных к рабочим. Или, что еще лучше, непосредственно на двигателе, в режиме частичной нагрузки. Форсунки были отрегулированы с помощью индикатора часового типа на одинаковую высоту подъема штока и возвращены на свое место под капотом, а я погрузился в

раздумья... Каким образом можно измерить такую незначительную, на первый взгляд, неравномерность

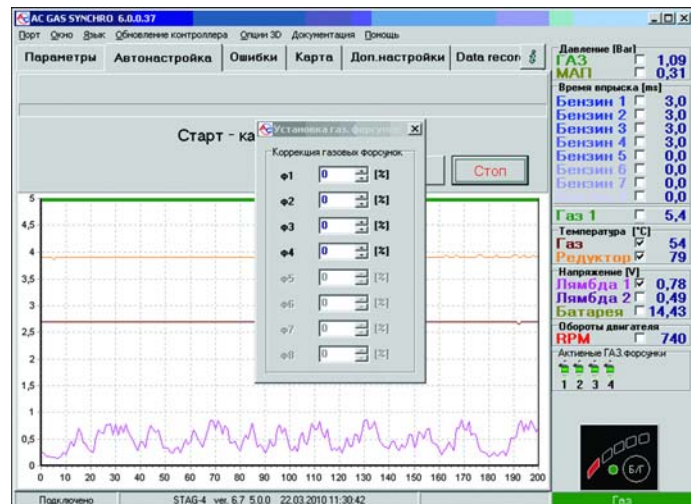


Рис. 1. График сигнала датчика кислорода при работе двигателя в режиме XX на газу без коррекции форсунок

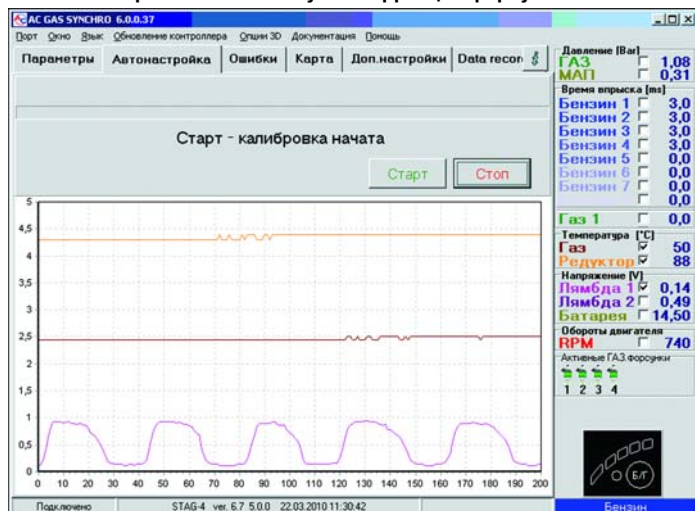


Рис. 2. График сигнала датчика кислорода при работе двигателя в режиме XX на бензине

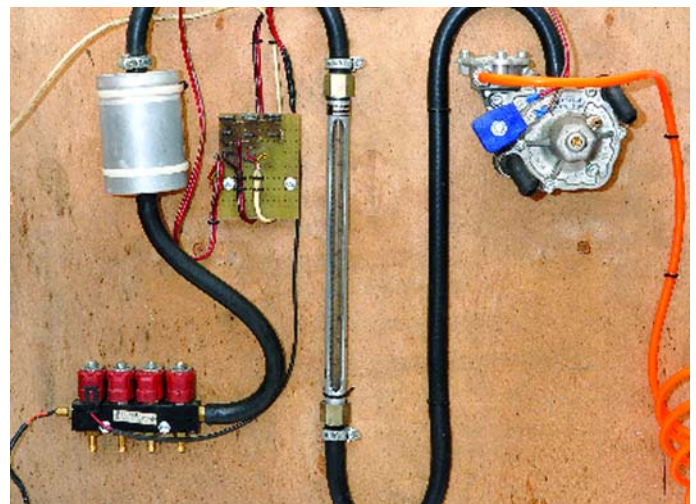


Рис. 3. Самодельный стэнд для настройки газовых форсунок

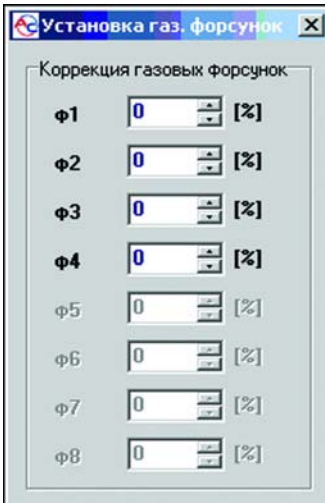


Рис. 4. Окно коррекции газовых форсунок в программе настройки газового контроллера STAG



Рис. 5. Первый цилиндр двигателя работает на газу, остальные на бензине

работы цилиндров двигателя? Инструмента, способного настолько точно измерить разницу эффективности работы цилиндров, в моем распоряжении тогда еще не было (сейчас уже имеется, но об этом позже). Благо, существует программный инструмент для тонкой настройки газовых форсунок. В программе для настройки газового контроллера есть функция "Установка газовых форсунок" (рис. 4).

С ее помощью разработчики предоставили нам

возможность корректировать производительность каждой форсунки в пределах $\pm 25\%$.

Единственным моментом (кроме моих субъективных ощущений), который отражал неравномерную работу цилиндров двигателя, была форма сигнала датчика кислорода. Тогда появилась идея произвести настройку поцилиндрового баланса по сигналу ДК. Так родилась несложная методика ("методика Пыльгуна"), которую я хочу предложить читателям. С ее помощью можно довольно быстро, без применения каких-либо дополнительных инструментов, оценить и подкорректировать поцилиндровый баланс газовых форсунок в режиме холостого хода. Единственным условием реализации данной методики является подключенный датчик кислорода к соответствующему входу газового контроллера.

Суть методики заключается в следующем. Двигатель прогрет до рабочей температуры и работает на газу. В программе настройки газового контроллера (в моем случае STAG, но аналогичная функция существует практически во всех системах), на вкладке "Параметры" открываем окно "Установка газовых форсунок". Переходим на вкладку "Автонастройка"

(рис. 1). Удалением галочек отключаем лишние графики, кроме графика "Лямбда 1". В окошке "Активные ГАЗ. Форсунок" нужно переключить на бензин второй, третий и четвертый цилиндры работающего двигателя, для чего кликаем мышкой по изображению соответствующих форсунок (рис. 5).

Из-за того, что один цилиндр двигателя работает на газу, остальные - на бензине, форма сигнала датчика кислорода частично выравнилась. Теперь нужно увеличить или уменьшить производительность первой форсунки до получения, насколько это возможно, гладкого сигнала датчика кислорода. Процедуру необходимо повторить последовательно для каждого цилиндра, возможно, не один раз. В итоге, нужно вычестить из значений коррекции всех цилиндров минимальное значение. В результате, в одном из цилиндров коррекция должна равняться нулю.

Результат проведенной работы, с одной стороны, не мог не порадовать - пропала "зубастость" сигнала датчика кислорода при работе двигателя на газу, его форма уже напоминала правильный сигнал, но небольшая рваность все еще присутствовала (рис. 6).

Ну и, собственно, работа

двигателя в режиме ХХ на газу теперь ничем не отличалась от работы двигателя на бензине. Только щелчок клапана на редукторе выдавал момент переключения на альтернативное топливо.

Но, с другой стороны, смотря на такие значительные цифры поцилиндровой коррекции форсунок, чувство радости сменялось другим, менее приятным чувством. Самые популярные на рынке Украины форсунки, устанавливаемые на большинстве переоборудованных автомобилей, имеют такой значительный разброс параметров. И далеко не многие установщики задаются вопросом их калибровки. В лучшем случае, используется индикатор часового типа... Вот потому-то эти форсунки самые популярные, что самые дешевые... Успокаивая себя такой мыслью, стал посматривать в сторону дорогих форсуночных планок, с надеждой, что там ситуация лучше.

За ежедневными заботами как-то незаметно пришла осень, пора очередного Слета дизелистов. На Слете встретились с диагностом Андреем Шульгиным, которому рассказал свою историю настройки форсунок. Андрей предложил оценить поцилиндровый баланс двигателя с по-

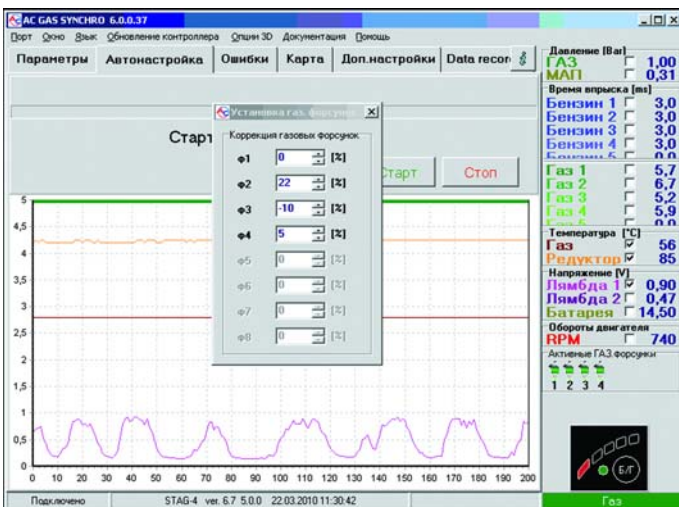


Рис. 6. После коррекции газовых форсунок по сигналу датчика кислорода, его форма уже напоминала правильный сигнал, но небольшая рваность все еще присутствовала

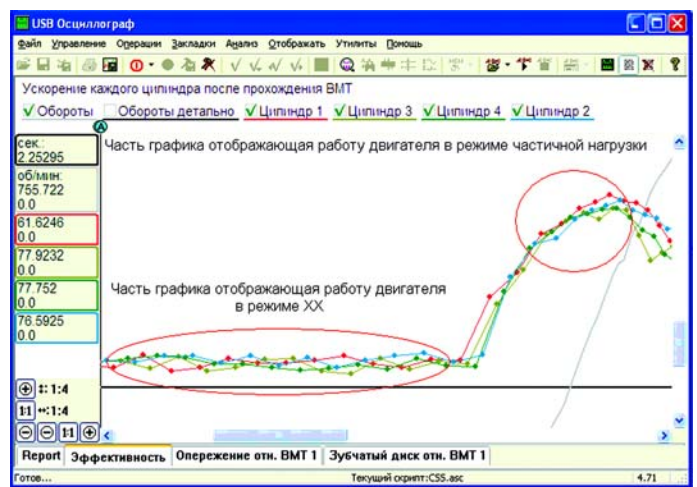


Рис. 7. График поцилиндрового баланса, рассчитанный скриптом CSS после настройки форсунок по форме сигнала датчика кислорода. Выделенные участки отображают работу двигателя в режиме ХХ и режиме частичной нагрузки соответственно. Масштаб графика увеличен

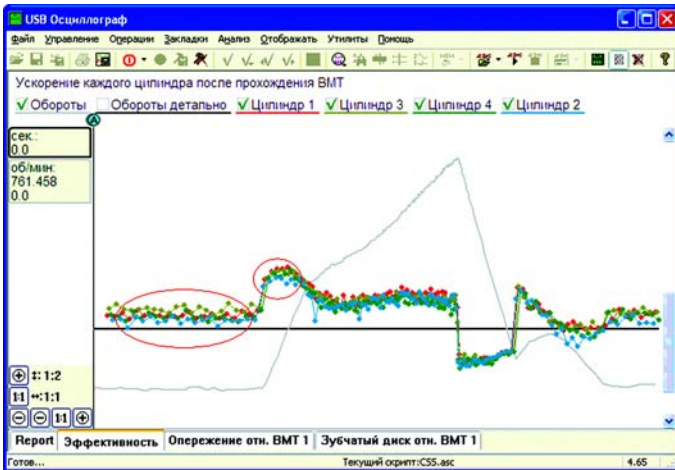



Рис. 8. Результат анализа скриптом сигнала датчика положения коленвала до увеличения масштаба. Серая линия на графике отображает обороты двигателя. Для проведения дальнейшего анализа нас интересуют два выделенных участка

мощью им разработанного скрипта CSS. Скрипт рассчитывает вклад каждого цилиндра в работу двигателя на основании сигнала датчика частоты вращения коленвала, записанного USB-осциллографом. Результат отображается на экране в виде графика. В перерыве между докладами подключили "Постолоскоп" к моей машине, записали сигнал, проанализировали скриптом (рис. 7).

Андрей с удивлением отметил, что нечасто приходится видеть такую сбалансированную работу двигателя - как правило, "газированные" машины, оборудованные ГБО четвертого поколения, показывают значительную разницу в работе цилиндров. А я для себя сделал открытие - это и есть тот инструмент, с помощью которого можно с необходимой точностью оценить поцилиндровый баланс! На следующий день была опробована методика настройки газовых форсунок с помощью USB-Autoscore и скрипта CSS.

Для реализации методики необходимо подсоединить 5-ый канал USB-Autoscore параллельно сигнальному выводу датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя. В случае если на двигателе используется либо класси-

ческая, либо DIS система зажигания с отдельно установленной катушкой (катушками), устанавливаем емкостный датчик первого цилиндра на соответствующий высоковольтный провод. Если используются индивидуальные катушки или общий модуль зажигания, для синхронизации по первому цилиндру используем накладной емкостный или же индуктивный датчик. Включаем программу USB-осциллограф, на кнопке "Запустить/Остановить"  нажимаем стрелочку, из всплывающего окна пользовательских настроек выбираем настройку "CSS_Sync". Запускаем двигатель и оставляем работать на холостом ходу. Для начала записи сигналов нажать кнопку "Запись"  или клавишу F12.

Чтобы оценить поцилиндровый дисбаланс, в принципе, достаточно записать нескольких секунд работы на холостом ходу и одной легкой перегазовки. Но это при условии, что мы уверены в полной исправности механической части двигателя и всех систем, обеспечивающих его работу. Полная методика, предельноная Андреем Шульгиным, предусматривает, кроме этого, еще одну перегазовку "газ в пол", пос-

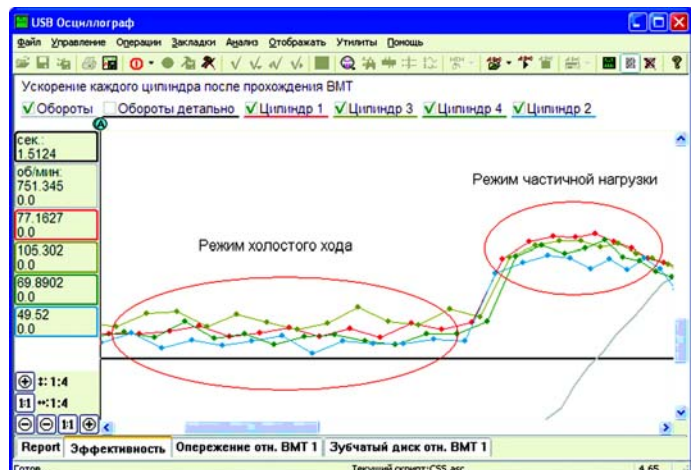




Рис. 9. Так выглядит график после увеличения. Отчетливо видно неравномерность работы цилиндров двигателя (линии, отображающие вклад каждого цилиндра, находятся на разной высоте). В данном случае коррекция газовых форсунок нулевая

ле чего необходимо выключить зажигание и дождаться остановки двигателя, не отпуская при этом педаль газа. В таком случае мы получим возможность оценить большее количество информации о работе двигателя. Не буду сейчас вдаваться в подробности полной методики, поскольку она описана раньше Андреем на страницах журнала "Авто-Мастер" (№ 9, 2010 г.) и в файле помощи к скрипту, но я бы рекомендовал до начала процедуры балансировки газовых форсунок убедиться в исправности механической части двигателя с помощью методики Шульгина. Далее я буду описывать несколько упрощенный вариант методики - необходимый минимум для оценки поцилиндрового баланса с целью калибровки газовых форсунок.

Дайте двигателю поработать несколько секунд на холостом ходу, после чего плавно увеличьте обороты до 3000. Закройте дроссельную заслонку, дождитесь снижения частоты вращения двигателя до оборотов XX, остановите запись.

Хочу обратить внимание, что скорость увеличения оборотов двигателя (нажатия на педаль газа) влияет на качество отображения информации на участке

графика, отображающего режим частичной нагрузки. При слишком быстром увеличении оборотов увеличивается и нагрузка на двигатель до уровня больше необходимой; линии на этом участке становятся почти вертикальными. И, наоборот, при очень медленном увеличении оборотов нагрузка на двигатель недостаточна, участок графика вытягивается по горизонтали. Желательно поэкспериментировать, чтобы получить на этом участке характерный горбик (рис. 9).

После остановки записи необходимо нажатием соответствующей кнопки  выполнить скрипт (в случае, если эта кнопка неактивна, нажать кнопку "Загрузить файл скрипта",  в открывшемся окне указать имя скриптового файла анализатора и место его расположения `"*:\Program Files\USB Осциллограф\AnalyserScriptFiles\CSS\CSS.asc"`, нажать "Открыть"). В появившемся окне "Введите значения" при необходимости изменить количество цилиндров двигателя, порядок работы и нажать "OK".

После выполнения анализа, его результаты представляются в нескольких вкладках. На вкладке "Эффективность" видим

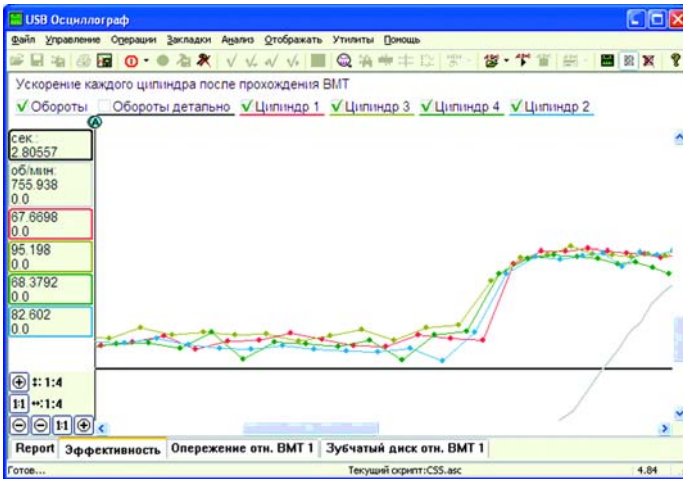


Рис. 10. График поцилиндрового баланса двигателя после внесения коррекции во втором цилиндре +10%. Заметно улучшение поцилиндрового баланса, но неравномерность еще присутствует

построенный скриптом график эффективности, где каждому цилиндру соответствует свой цвет. Серая линия на графике показывает обороты двигателя. Выделенные на рисунке участки отображают работу двигателя на холостом ходу (слева) и начало ускорения при частичной нагрузке (справа). Они нам и нужны для проведения дальнейшего анализа (рис. 8).

С помощью соответствующих кнопок график необходимо увеличить и поместить интересующие нас участки в центр окна. Оптимальный масштаб 1:4 по вертикали и 1:4 по горизонтали (рис. 9).

На начальном этапе настройки удобнее ориентироваться по режиму XX, на заключительном - только по режиму частичной нагрузки. Сбалансированная работа газовых форсунок в режиме частичной нагрузки позволит достичь максимальной экономичности регулируемого автомобиля.

На графике отчетливо видна неравномерность работы цилиндров двигателя (линии, отражающие вклад каждого цилиндра, находятся на разной высоте). В данном случае, в режиме XX самым "слабым" оказался синий цилиндр №2, самым "сильным" - желтый цилиндр №3. В

программе для настройки газового контроллера устанавливаем коррекцию для цилиндра №2 +10%. Величину коррекции подбираем опытным путем. После нескольких этапов одного взгляда на график будет достаточно, чтоб приблизительно определить это значение. Повторяем запись сигналов и анализ. Теперь мы видим улучшение поцилиндрового баланса двигателя, но неравномерность еще присутствует (рис. 10).

Процедуру рекомендуется повторить необходимое количество раз до получения максимально возможного совмещения линий на графике в режиме частичной нагрузки.

На заключительном этапе регулировки внесенные значения коррекции газовых форсунок равнялись 0 14 -8 5. Линии, отражающие поцилиндровую эффективность двигателя в режиме частичной нагрузки, практически совместились (рис. 11).

Форма сигнала датчика кислорода работающего на газу двигателя (рис. 12) после проведения калибровки форсунок с помощью скрипта CSS не отличается от формы сигнала датчика кислорода работающего на бензине двигателя (рис. 2).

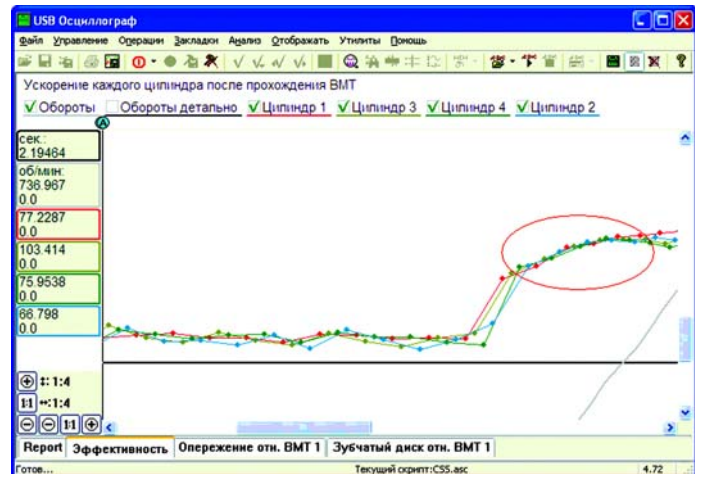


Рис. 11. График поцилиндрового баланса работающего на газу двигателя после регулировки с помощью скрипта CSS. Значения поцилиндровой коррекции газовых форсунок 0 14 -8 5. Линии, отражающие поцилиндровую эффективность двигателя в режиме частичной нагрузки, практически совместились (выделенный участок)

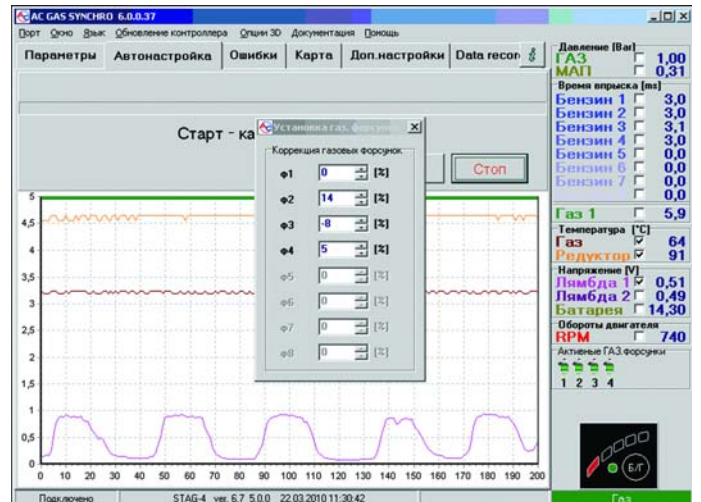


Рис. 12. Форма сигнала датчика кислорода работающего на газу двигателя после регулировки с помощью скрипта CSS. Его форма уже не отличается от формы сигнала ДК работающего на бензине двигателя (рис. 2)

На практике процедура настройки газовых форсунок с использованием USB-осциллографа и скрипта CSS занимает не больше двадцати минут. Методика может быть полезна как при настройке газового оборудования четвертого поколения, так и при диагностике неисправностей, связанных с неравномерной работой двигателя на газу. Кроме того, используя эту методику, мы получаем возможность достаточно легко оценить и компенсировать неравномерность работы двигателя на газу, вызванную другими причинами, не связанными с пропускной способностью

форсунок. Особенно это актуально при установке ГБО четвертого поколения на многоцилиндровых двигателях, где не всегда имеется возможность правильно расположить форсунки, штуцеры-распылители и соединяющие их шланги. В таких случаях ничем, кроме программной коррекции форсунок, невозможно добиться сбалансированной работы двигателя. Тогда скрипт CSS может стать незаменимым инструментом для оценки поцилиндрового баланса настраиваемого двигателя.

Владимир ПЫЛЬГУН
 Член ОСАТ