

## Вкладка "Фаза" скрипта CSS

Возможно настанет такое время, когда всемогущий компьютер будет думать вместо человека и безошибочно находить неисправности в электронике и механике автомобилей будущего. Уже сегодня компьютеры значительно облегчают процесс диагностики и поиска неисправностей. Например, блоки управления могут распознавать различные неисправности, сохранять в своей памяти коды ошибок, а диагностические сканеры помогают пошаговыми инструкциями для локализации этих неисправностей.

Современные автомобили с каждым днем становятся все более технологичными и сложными. На них устанавливается все больше электронных блоков, датчиков и исполнительных механизмов. Для управления бензиновыми или дизельными двигателями электронные блоки управления принимают огромное количество входных данных от датчиков и управляют исполнительными механизмами согласно сложнейшим алгоритмам. Но, управляющие блоки могут распознавать не все неисправности, так как заранее невозможно предусмотреть все возможные причины неисправностей которые могут произойти в процессе эксплуатации автомобиля. Одни и те же коды ошибок могут быть записаны в результате возникновения совершенно разных причин неисправностей. Для постановки правильного диагноза приходится анализировать множество осциллограмм и данных со сканера. Это позволяет лучше понять происходящие процессы и выявить неисправные элементы.

Особенно сложно обнаружить неисправность, которая проявляет себя кратковременно и не всегда в явном виде. Для поиска такого рода неисправностей часто помогает специально предназначенные осциллографы, или другое их название мотортестеры. Но, применяя эти мощные приборы, для определения действительной причины сбоя все равно приходится тратить много времени на выполнение записи и анализа различных сигналов, а также на поиск участков осциллограмм где происходит сбой в работе датчиков или механизмов. Для этого бывает недостаточно, просто записать 1-но канальным осциллографом осциллограмму и просмотреть ее. Часто необходимо рассматривать совокупность нескольких, одновременно снятых сигналов и обрабатывать их автоматическими алгоритмами. Это позволяет лучше контролировать происходящие процессы и не пропустить момент сбоя в большом количестве данных. Особенно трудно анализировать периодически повторяющийся сигнал, у которого возникает единичное отклонение формы сигнала, способное привести к сбою в работе двигателя. Для выявления такого, редко возникающего отклонения сигнала требуется очень много времени, так как приходится визуально проверять форму каждого из многочисленных импульсов. Намного быстрее решить такую задачу позволяет интеллектуальный анализатор сигналов, реализованный в USB Autoscope IV.

Для анализа работы двигателя внутреннего сгорания, кроме прочего программного обеспечения, USB Autoscope IV оснащен скриптом CSS (можно

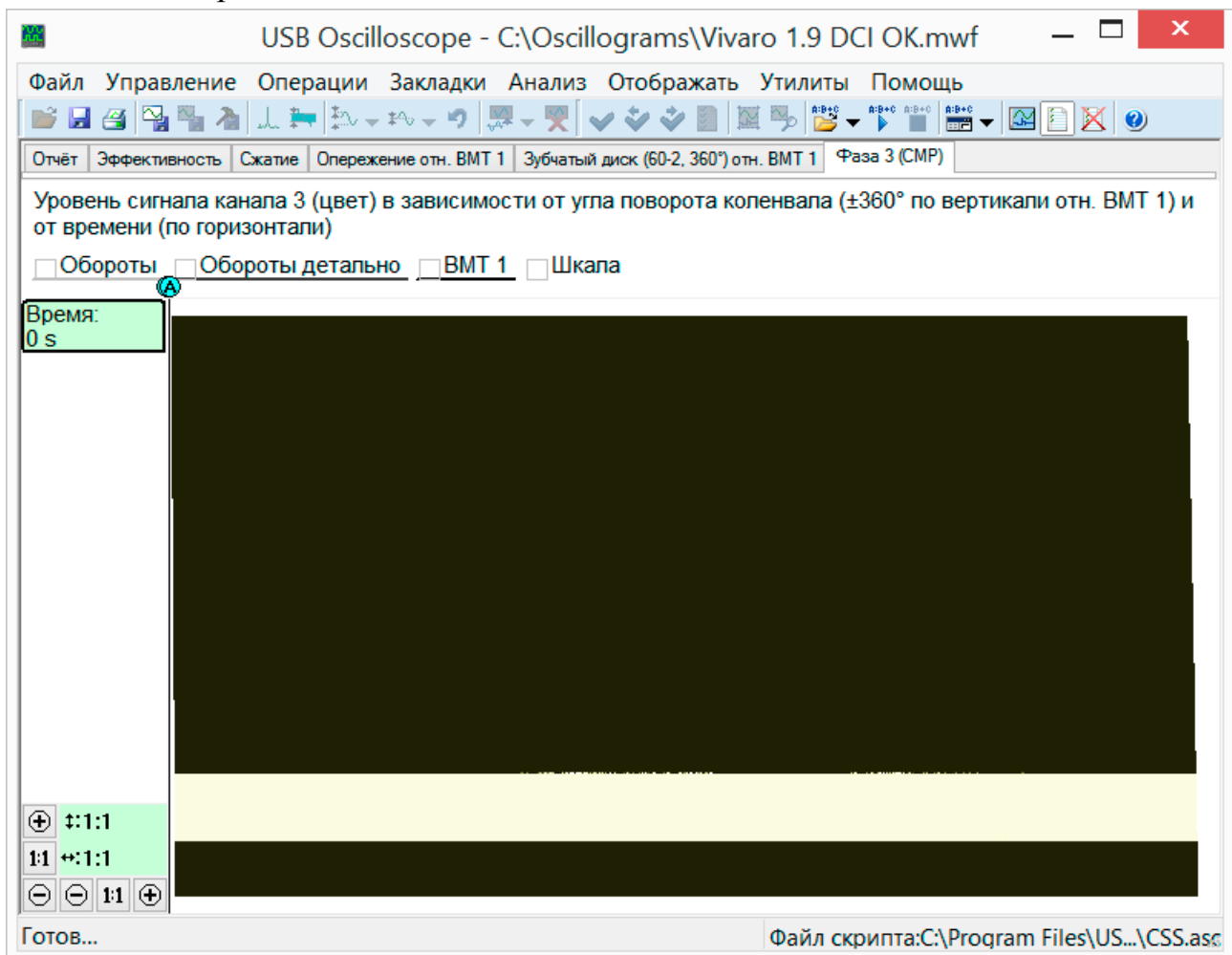
встретить его неофициальное название – скрипт Шульгина). Данный инструмент анализирует сигнал от датчика частоты вращения коленвала и предоставляет результаты, позволяющие выявить в каких цилиндрах двигателя возникают пропуски воспламенения, а также установить причину их возникновения – из-за неисправности механической части двигателя, или системы подачи топлива, или системы зажигания. Главное его отличие от анализаторов пропусков воспламенения, реализованных, к примеру, в программном обеспечении некоторых сканеров, заключается в том, что скрипт CSS анализирует неравномерность работы цилиндров на всех режимах работы двигателя. А сканер отображает неровную работу цилиндров только на холостых оборотах. Вот это отличие и позволяет определять к какой системе относится неисправность, так как на разных режимах работы двигателя разные неисправности проявляют себя по-разному. Но в рамках данной статьи, я бы хотел рассказать о новой вкладке отчета скрипта CSS – это вкладка "Фаза".

Для того, чтобы понять, что эта вкладка отображает, необходимо представить себе свернутый в трубочку лист бумаги, которую вращает распредвал двигателя. Над трубочкой установлен маркер делающий пометки на бумаге. Пока распредвал вращается, эта трубочка плавно сдвигается в сторону, за счет чего маркер рисует на листе спиральную полосу. Цвет наносимой на бумагу полосы меняется в зависимости от уровня сигнала исследуемой электрической цепи. В конечном итоге, развернув трубочку в лист, мы и получим результат вкладки "Фаза".

То есть, вкладка "Фаза" отображает исследуемую осциллограмму в виде поля, меняющего цвет от светлого до темного в зависимости от уровня сигнала. Светлыми тонами отображается низкий уровень сигнала, темными – высокий. По горизонтали слева на право располагается шкала времени. По вертикали сверху вниз отображается угол поворота коленвала. Таким образом, один полный цикл работы двигателя представлен одной вертикальной полосой (для четырехтактного двигателя – это два оборота коленвала, равнозначные углу поворота коленвала  $720^\circ$ ). Следующая полоса размещается чуть правее и соответствует следующему циклу работы двигателя, и так далее. Таким образом, вертикальными полосами заполняется вся вкладка, которые в совокупности формируют поля светлых и темных областей. Именно эти светлые и темные области отражают длительность и характер изменения сигнала в зависимости от угла поворота распредвала.

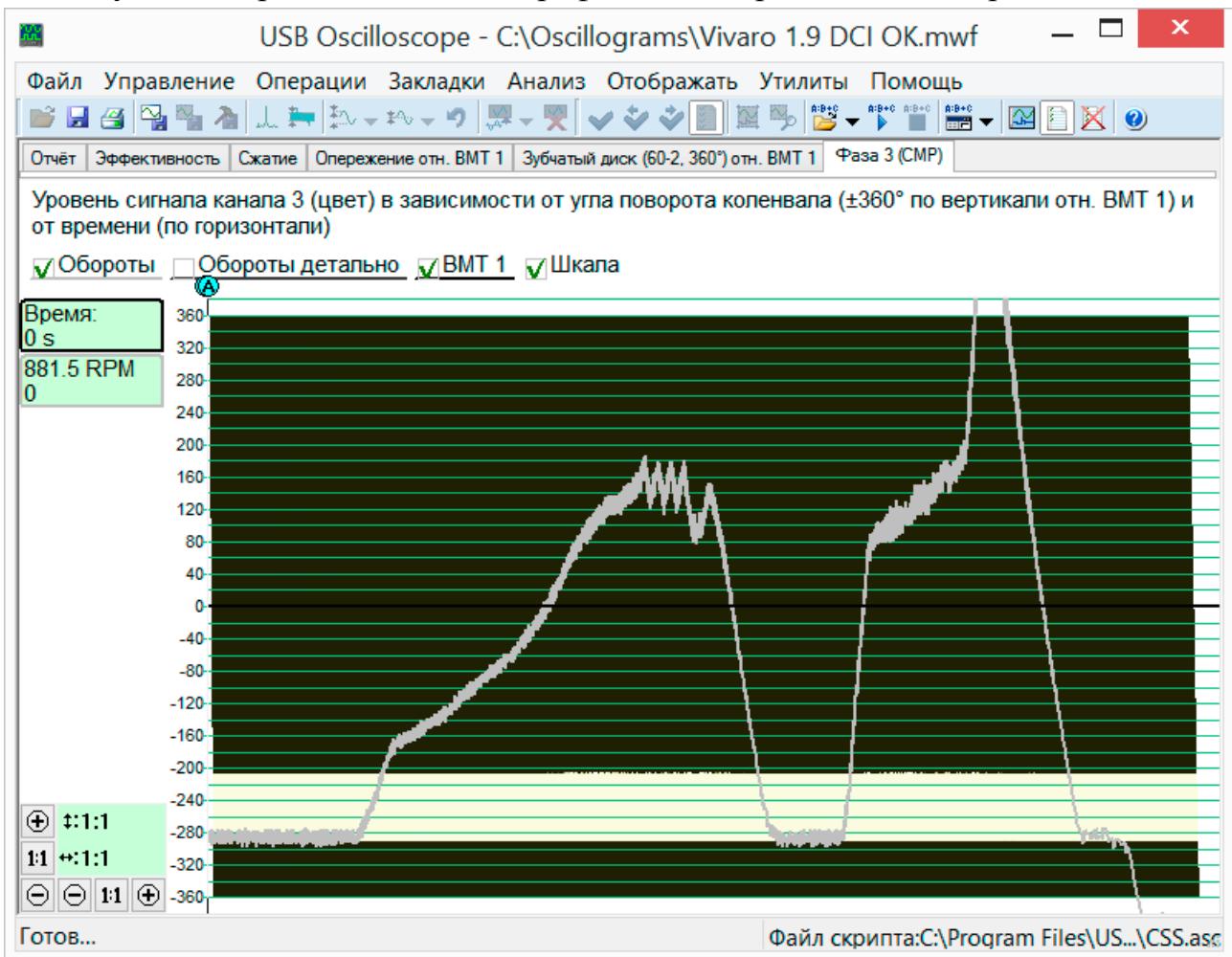
Вкладка "Фаза" может отображать сигнал любого датчика или исполнительного механизма двигателя. Если за один полный цикл работы двигателя на осциллограмме исследуемого сигнала возникает только один импульс, то и вкладка "Фаза" будет отображать только одну горизонтальную полосу. Если этот импульс начинается и заканчивается при одних и тех же углах поворота распредвала, тогда и позиция этой горизонтальной полосы не будет смещаться вверх или вниз – получится ровная горизонтальная полоса.

Рассмотрим пример, соответствующей данным условиям. Для этого, выведем на вкладку "Фаза" сигнал от датчика распредвала двигателя 1.9 DCI автомобиля Opel Vivaro.



*Вкладка "Фаза" скрипта CSS. Сигнал от исправного датчика распредвала двигателя автомобиля Opel Vivaro 1.9 DCI.*

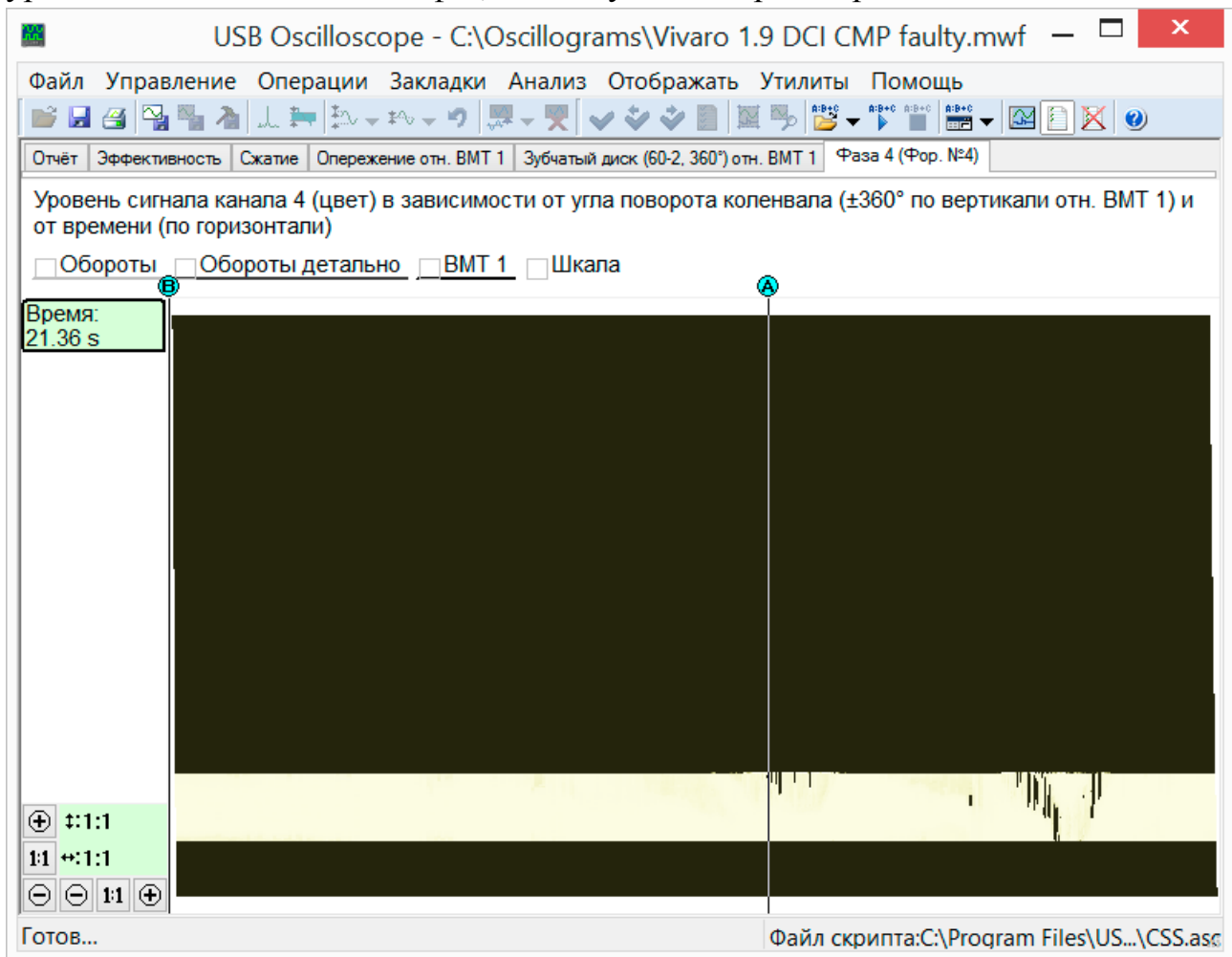
Но анализировать его будет намного удобнее и нагляднее с включенной сеткой угла поворота коленвала и графиком, отображающим обороты двигателя.



Вкладка "Фаза" скрипта CSS. Сигнал от исправного датчика распредвала двигателя автомобиля Opel Vivaro 1.9 DCI. Активированы отображение сетки углов поворота коленвала и графика оборотов двигателя.

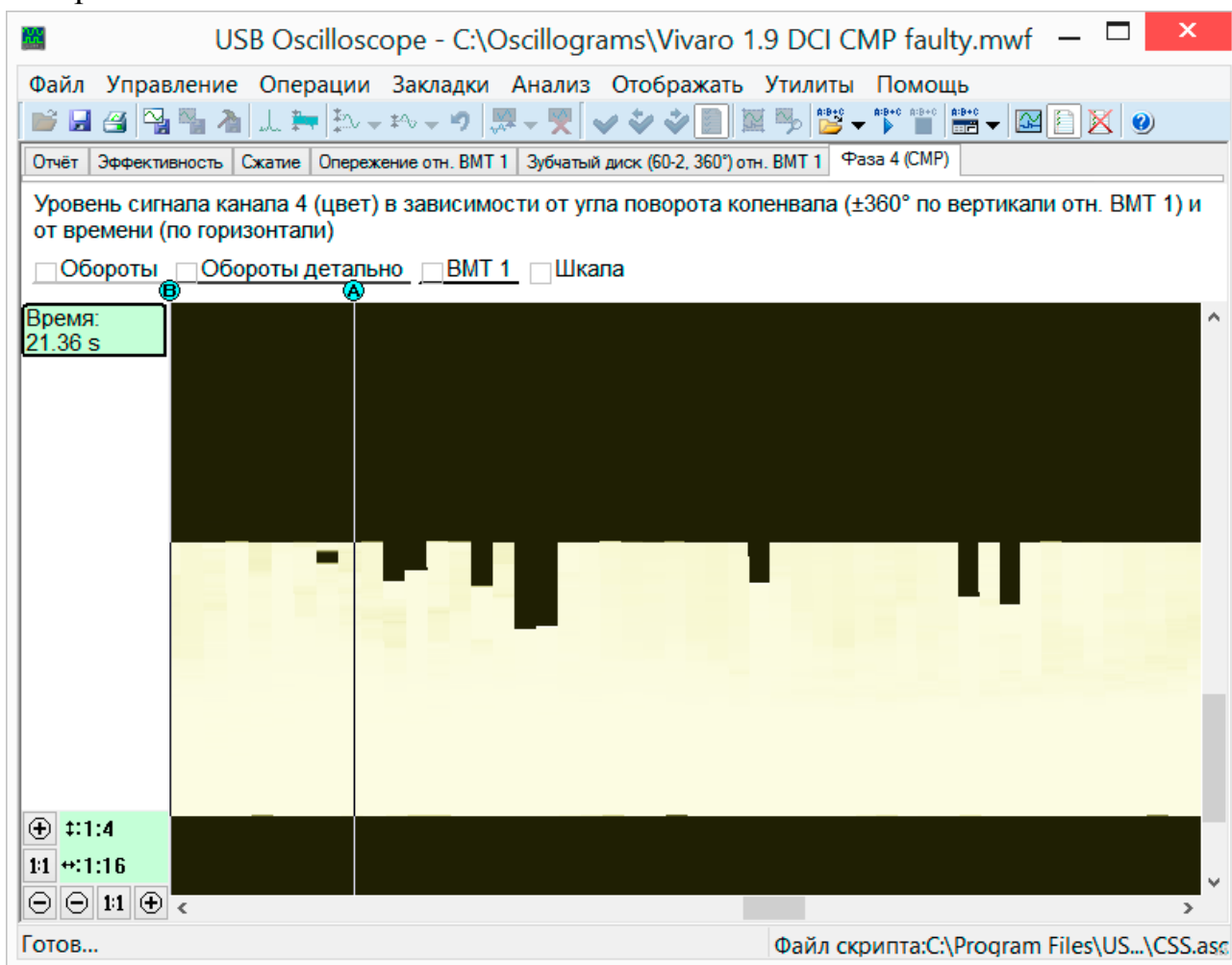
Здесь видно, что датчик распредвала стабильно генерирует сигнал низкого уровня на участке  $205^\circ \dots 290^\circ$  угла поворота коленвала, относительно точки отсчета ВМТ  $0^\circ$  первого цилиндра. Серый график отображает обороты двигателя: вначале двигатель работал на холостом ходу, после чего последовали два увеличения оборотов до 2700 RPM и 4200 RPM.

Следующий пример получен на аналогичном автомобиле, у которого периодически загоралась лампа неисправности двигателя из-за появления ошибки по датчику распредвала. На светлой полосе, соответствующей низкому уровню сигнала от датчика фаз, можно увидеть кратковременные искажения.



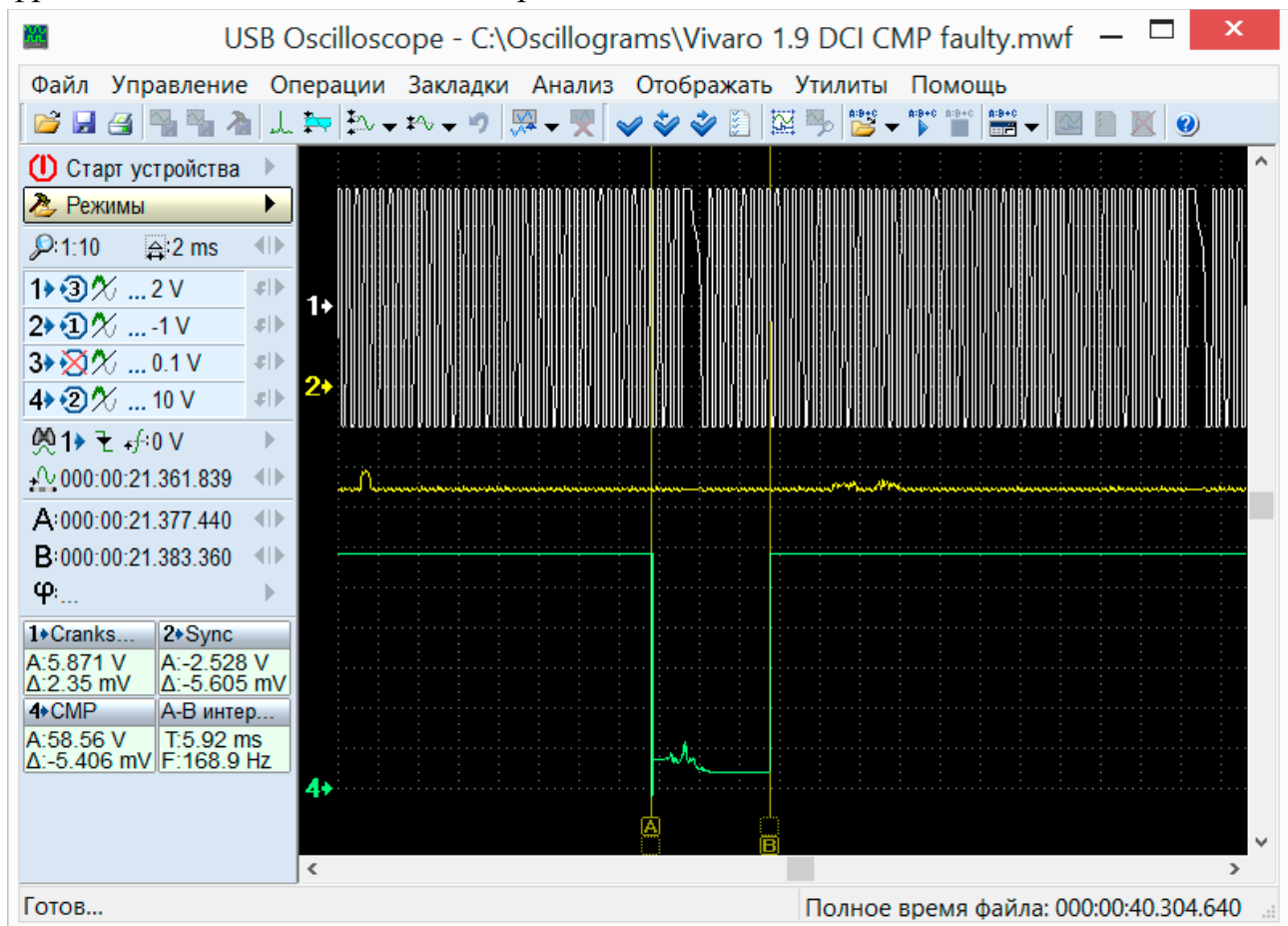
*Вкладка "Фаза" скрипта CSS. Сигнал от неисправного датчика распредвала двигателя автомобиля Opel Vivaro 1.9 DCI.*

Рассматривать эти искажения удобнее при увеличенном масштабе отображения.



Вкладка "Фаза" скрипта CSS, масштаб отображения увеличен. Сигнал от неисправного датчика распредвала двигателя автомобиля Opel Vivaro 1.9 DCI.

Передвигая маркера А можно измерить время от начала записи до момента, когда дефект начал проявляться; в данном примере – на 21.36 секунде. Зная это время, можно быстро найти и детально рассмотреть соответствующий фрагмент на исходной осциллограмме.

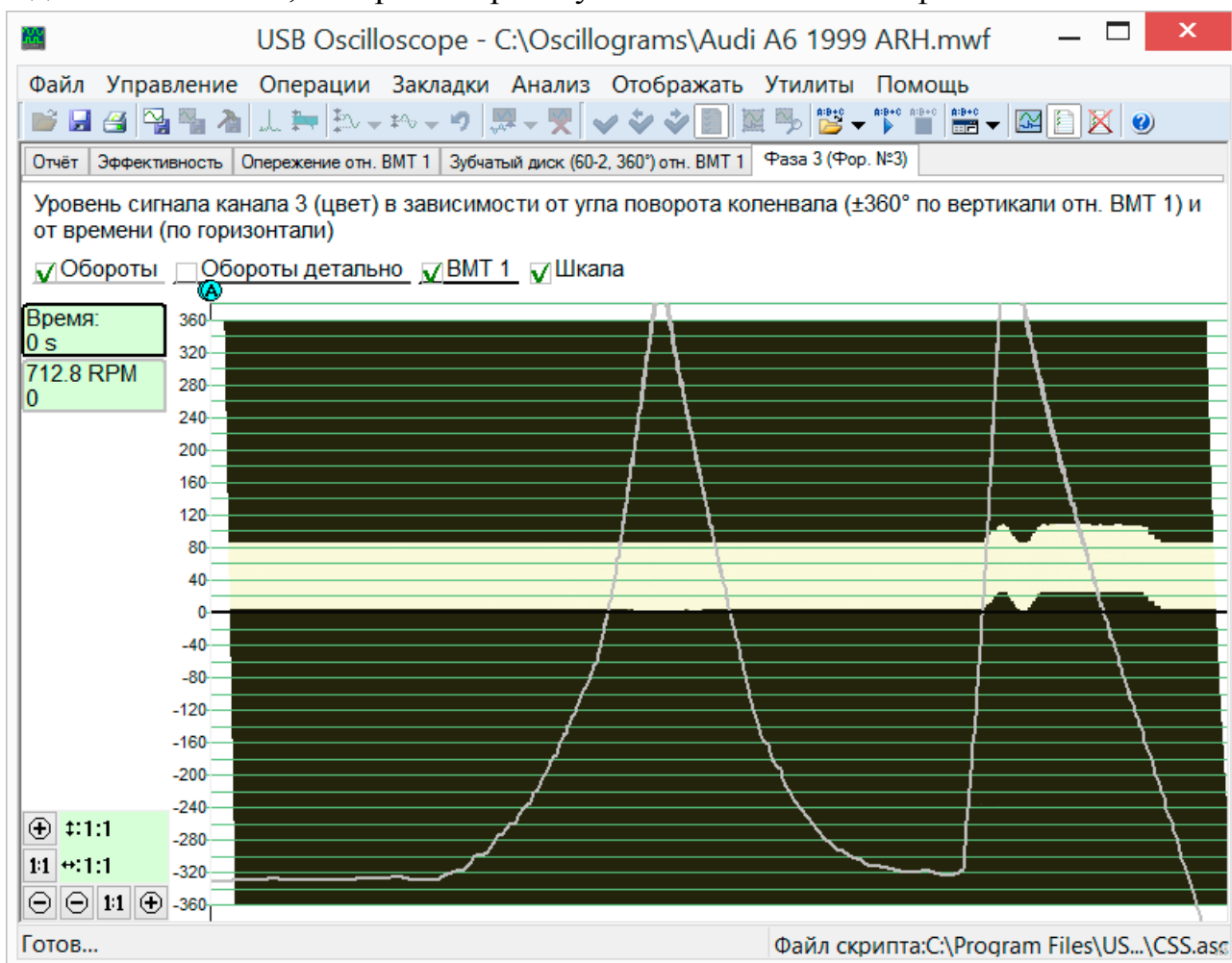


*Исходная осциллограмма (зеленого цвета) от неисправного датчика распредвала двигателя автомобиля Opel Vivaro 1.9 DCI.*

Заметьте, что найти данный сбой путем простого визуального просмотра осциллограммы от начала записи и до момента проявления дефекта очень сложно, поскольку показанный на осциллограмме дефектный импульс от датчика распредвала занимает всего  $\sim 0.006$  секунды. Теперь представьте, сколько может уйти времени на визуальный просмотр более 20 секунд записи, без применения специальных средств анализа сигнала.

При помощи данного инструмента не только удобно проверять работу датчика распредвала, но и контролировать работу всей системы изменения фаз газораспределения (ГРМ), что раньше было очень сложно сделать обычным просмотром записи.

Следующий пример, полученный на автомобиле Audi A6 с двигателем ARH, отображает работу системы изменения фаз ГРМ.



Вкладка "Фаза" скрипта CSS. Сигнал от исправного датчика распредвала двигателя автомобиля Audi A6 1.8 20v с исправной системой изменения фаз газораспределения.

Здесь сигнал от датчика распредвала стабильный. В процессе резкого набора оборотов сигнал смещался на  $20^\circ$  в сторону «Раньше» – так эта вкладка отображает работу системы изменения фаз ГРМ. Видно, что распредвал смещался в сторону «Раньше» только во время второй (резкой) перегазовки, а первая (плавная) перегазовка прошла без изменения углового положения впускного распредвала относительно коленвала двигателя.

При проведении диагностики системы изменения фаз ГРМ желательно записывать не только сигнал с датчика положения проверяемого распредвала, но также и ток управления клапаном регулировки фаз ГРМ. За счет этого можно сравнить сигнал управления, поступающий от блока управления на клапан, с фактическим изменением положения распредвала относительно коленвала. Это дополнительно позволяет оценить время реакции самой системы и выявить возможные механические заедания системы регулировки фаз ГРМ. Поскольку этот клапан электромагнитный, ток управления клапаном пропорционален создаваемому им магнитному полю и отражает силу воздействия на клапан со стороны блока управления. Следует заметить, что в некоторых случаях для



проведения детальной диагностики системы наряду с током управления клапаном регулировки фаз ГРМ необходимо записывать также и напряжения на выводах этого исполнительного механизма.

Следующий пример получен на автомобиле Nissan Almera 1.5. Здесь проводилась проверка работы системы изменения фаз ГРМ. В данном случае, одновременно с сигналом от датчика коленвала и сигналом синхронизации с искрой зажигания цилиндра 1, дополнительно были записаны также сигнал от датчика распредвала и ток управления клапаном системы изменения углового положения впускного распредвала.

Для анализа такого примера, в окне конфигурации скрипта анализатора следует указать "Канал для вкладки "фаза": Другой".

Параметр	Значение
Канал датчика коленвала:	3 (СКР)
Канал датчика синхронизации:	2 (Sync)
Канал для вкладки "Фаза":	Другой
Тип двигателя:	4-такт. бенз
Порядок работы цилиндров:	1342
Синхронизация по цилиндру:	1
Усреднённый начальный УОЗ:	6

*Основное окно конфигурации скрипта CSS.*

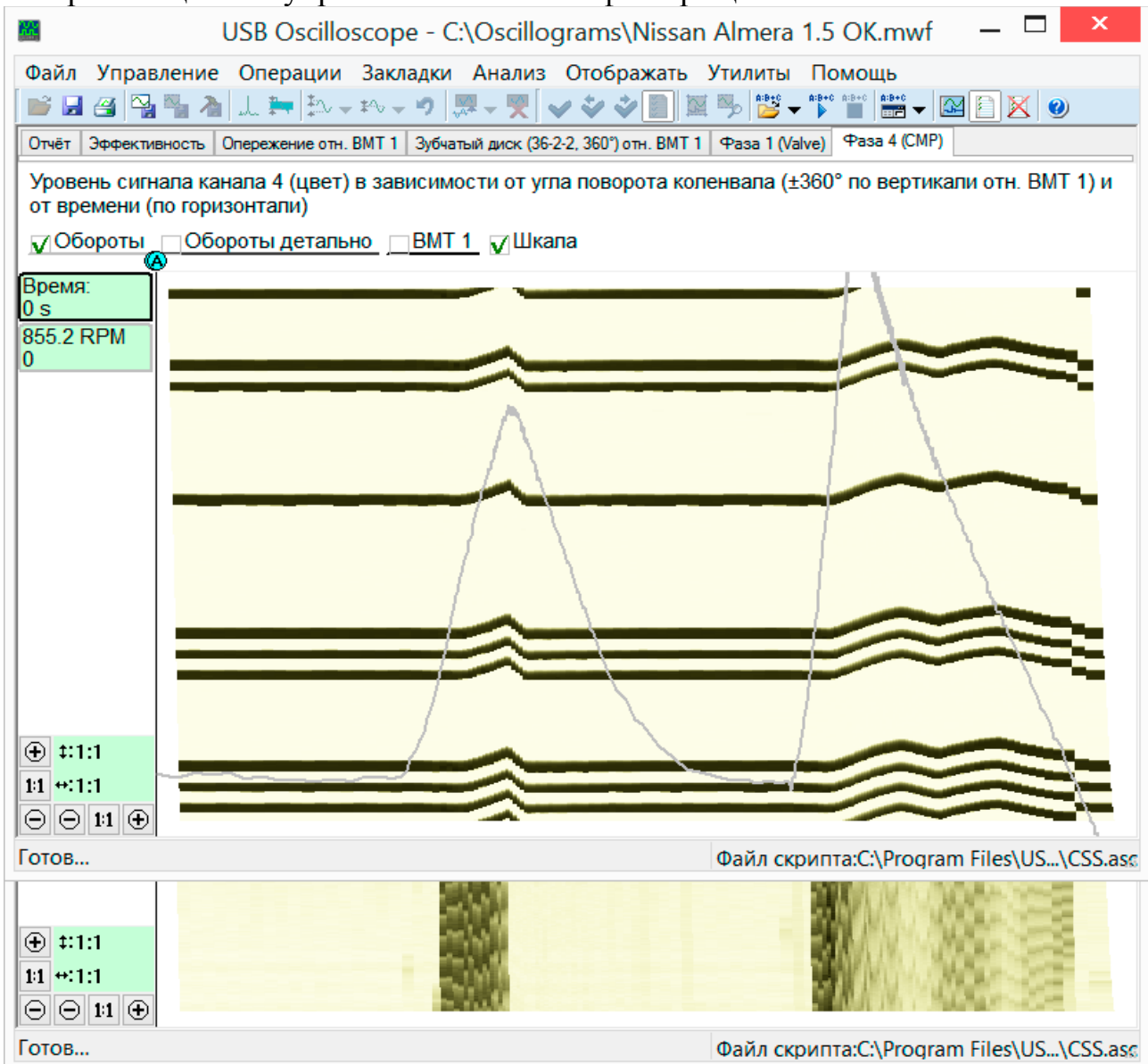
После нажатия кнопки ОК, в дополнительном окне ввода отметить те каналы, сигналы которых нужно вывести во вкладку фаза. В данном случае это канал датчика распредвала и канал тока клапана фазовращателя.

Параметр	Значение
Вкладка "Фаза" для канала 1:	Да (Valve)
Вкладка "Фаза" для канала 2:	Нет
Вкладка "Фаза" для канала 3:	Нет
Вкладка "Фаза" для канала 4:	Да (CMP)

*Дополнительное окно конфигурации скрипта CSS.*

Полученные две вкладки "Фаза" можно просматривать поочередно. Первая отображает сигнал от датчика распредвала, а вторая – ток управления клапаном системы изменения фаз ГРМ. Участки с увеличенным управляющим током отражаются во вкладке "Фаза" более темными тонами. Для наглядности, две эти

вкладки показаны ниже размещенными одна над другой; верхняя вкладка отображает сигнал от датчика распредвала, а под ней видна часть вкладки, отображающей ток управления клапаном фазовращателя.

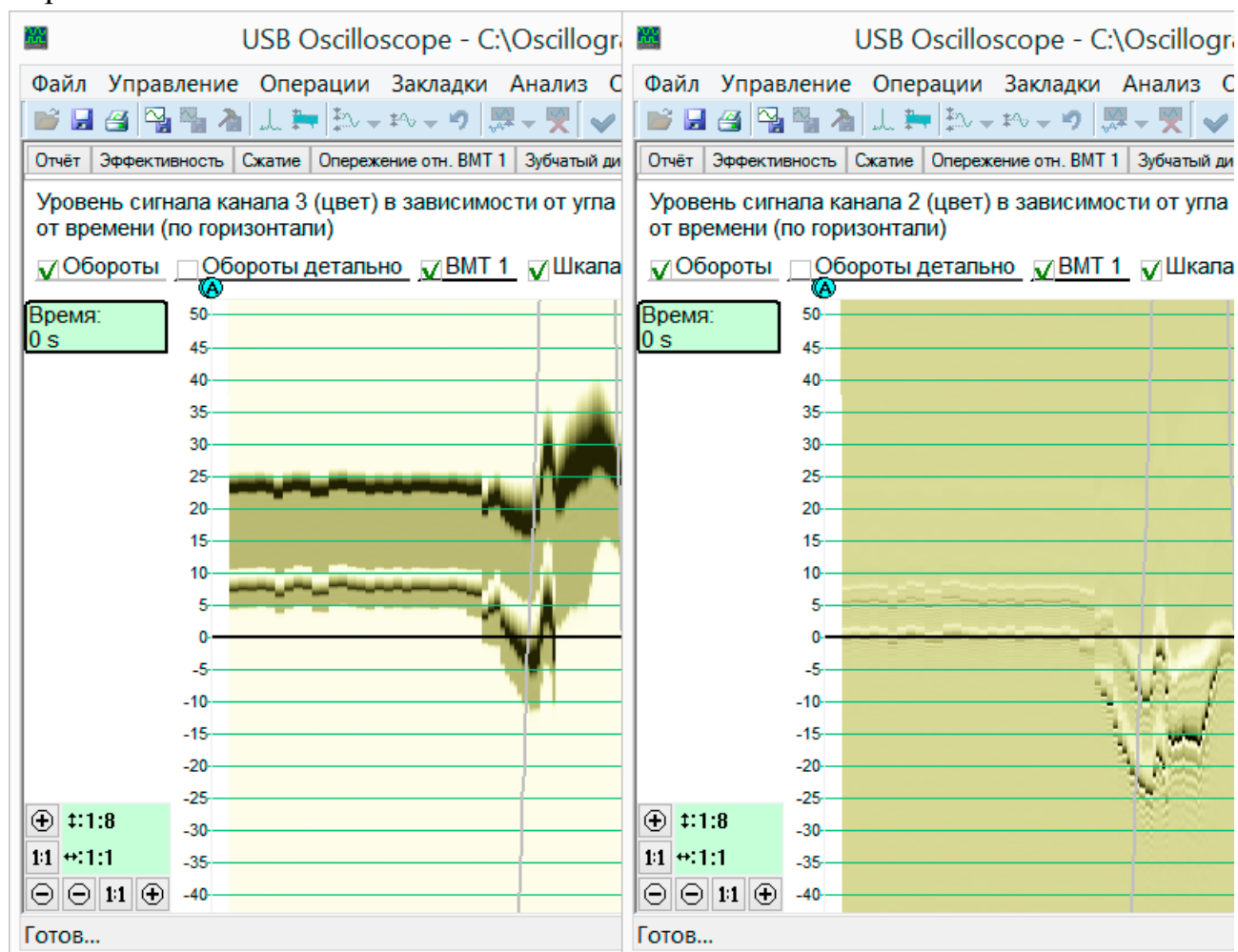


Вкладки "Фаза" скрипта CSS. Верхняя отображает сигнал от исправного датчика распредвала двигателя автомобиля Nissan Almera 1.5 с исправной системой изменения фаз газораспределения, нижняя – ток управления клапаном системы изменения фаз ГРМ.

При сравнении вкладок видно, что на изменение управляющего тока фазовращатель реагирует не сразу. Для сдвига угловой позиции распредвала в сторону «Раньше» затрачивается некоторое время, то есть наблюдается заметная задержка реакции. А в обратную сторону фазовращатель смещается практически, без задержки: как только ток управления клапаном падает – фазовращатель тут-же начинает сдвигать угловую позицию распредвала в сторону «Позже». Также можно увидеть, что во время второй перегазовки блок управления двигателем снижал ток управления клапаном, стараясь удерживать угловое положение впускного распредвала в районе задаваемой блоком управления позиции.

Следует заметить, что вкладка "Фаза" одинаково хорошо показывает и сигнал изменяющийся по напряжению (вертикальные полосы на графике тока клапана), и сигнал изменяющийся по длительности (горизонтальные полосы на графике сигнала датчика распредвала). Так же может оказаться полезным менять зависимость изменения цвета от напряжения на противоположную, выбрав в настройках канала «инверсия» перед запуском скрипта CSS. Это позволяет изменить фон вкладки "Фаза" с черного на белый или на оборот для удобства восприятия отображаемого графика.

Вкладка "Фаза" скрипта CSS удобна и для анализа сигнала управления катушками зажигания, или форсунками. Но особенно интересно на данной вкладке выглядит сигнал управления впрыском дизельного двигателя. Ниже приведён пример работы двигателя Audi A6 2.5 TDI с насосом VP44, в котором реализован предварительный впрыск топлива. Для анализа были записаны сигналы от датчика частоты вращения коленвала, датчика подъема иглы форсунки цилиндра 1 и график тока управления клапаном количества впрыскиваемого топлива.

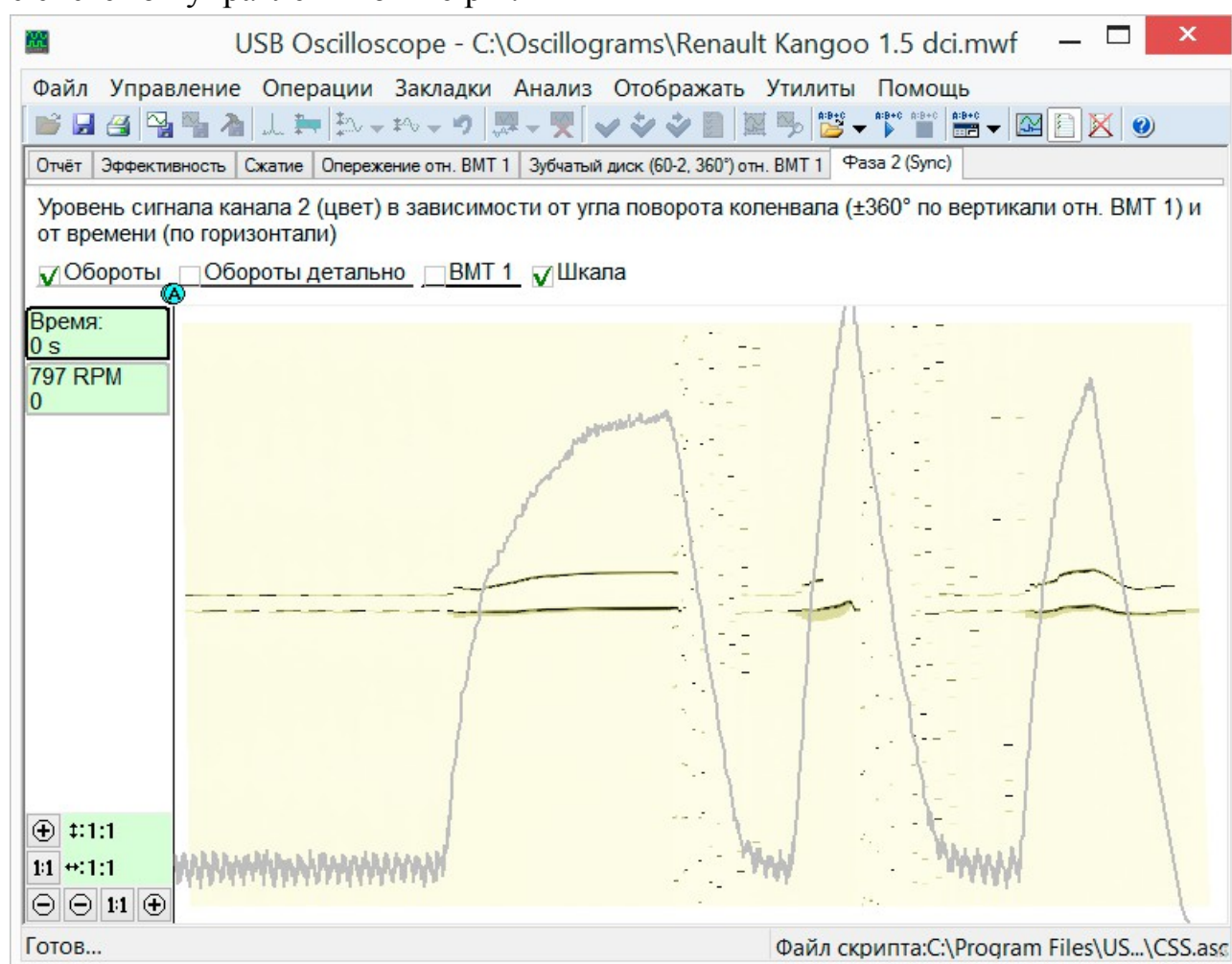


*Вкладки "Фаза" скрипта CSS. Левая отображает сигнал управления клапаном, задающим количество впрыскиваемого топлива дизельного насоса VP44 двигателя автомобиля Audi A6 2.5 TDI, правая – сигнал от датчика движения иглы топливной форсунки цилиндра 1.*

Первый импульс управления электрическим клапаном, задающим количество впрыскиваемого топлива, имеет заметно большую длительность чем следующая сразу за ним основная подача. При этом сигнал от датчика подъема иглы форсунки показывает, что амплитуда первого импульса, соответствующего предварительному впрыску топлива, наоборот несколько меньше чем у импульса, соответствующего основному впрыску топлива, а продолжительность обоих впрысков приблизительно одинаковая.

Также, видно, что на повышенных оборотах блок управления насосом переходит в режим работы без предварительного впрыска, и обеспечивает впрыск всей дозы топлива за один раз.

В следующем примере выведем на вкладку "Фаза" сигнал управления дизельной форсункой системы Common Rail автомобиля Renault Kangoo 1.5 dci с системой управления от Delphi.



*Вкладка "Фаза" скрипта CSS, сигнал управления дизельной форсункой системы Common Rail исправного автомобиля Renault Kangoo 1.5 dci с системой управления от Delphi.*

По приведенной диаграмме видно, что блок управления осуществляет двойной впрыск топлива, первый короткий предварительный впрыск и за ним впрыск основной дозы топлива. При этом график так же показал как реализовано управление форсункой на сбросе оборотов. Блок управления выдает на форсунку серию не синхронизированных с угловой позицией распредвала

коротких импульсов. Такой короткий импульс физически не успевает поднять иглу распылителя форсунки и впрыск топлива в цилиндр не происходит. Но, мультипликатор клапана, управляющий иглой распылителя форсунки, успевает открыться на короткое время. За счет этого часть топлива уходит в магистраль обратного слива. Таким способом блок управления снижает давление топлива в рейке. Следует отметить что в системе Delphi увеличение давления топлива в рампе происходит за счет увеличения подачи топлива на насос высокого давления (ТНВД). А сброс давления в рампе, разработчики решили реализовать за счет коротких открытий мультипликаторов форсунок.

Подводя итог, следует отметить, что за счет интеллектуальной обработки исходного сигнала вкладка фаза позволяет значительно облегчить и ускорить анализ осциллограмм снятых с разнообразных датчиков и исполнительных механизмов бензиновых или дизельных двигателей. Это позволяет быстро выявлять как постоянные, так и кратковременные отклонения периодических сигналов по фазе, амплитуде и длительности.

Андрей Шульгин