

Скрипт Rx

Содержание.

1. Назначение.....	2
2. Запись сигналов и запуск скрипта.....	3
3. Результаты анализа.....	7
3.1 Вкладка Report.....	7
3.2 Вкладка "Количество".....	8
3.3 Вкладка "Фазы газораспределения".....	13
3.4 Вкладка "Опережение".....	19
3.5 Вкладка "Впуск".....	22
3.6 Вкладка "Выпуск".....	25

1. Назначение.

Скрипт Rx предназначен для автоматического анализа графика давления в цилиндре без воспламенения. Генерирует несколько вкладок отчёта с рядом дополнительных параметров и характеристик двигателя и системы управления. Рассчитываются пневматические и геометрические характеристики цилиндра, перечень обнаруженных отклонений выводится в форме текстовых сообщений. Для улучшения удобства и наглядности исследования фаз газораспределения, график преобразуется скриптом в диаграмму количества газа в цилиндре и выводится в двух формах представления. Кроме того, строится подробная диаграмма циклового наполнения цилиндра на такте впуска, характеризующая работу всего впускного тракта двигателя. Выводится диаграмма затрат энергии на очистку цилиндра от отработавших газов. При наличии дополнительного сигнала синхронизации с искрой зажигания, строится диаграмма угла опережения зажигания (УОЗ).

2. Запись сигналов и запуск скрипта.

Для получения графика давления в цилиндре применяется датчик, преобразующий давление в напряжение. Записывать график давления следует таким образом, чтобы полученные сигналы содержали максимальное количество исходной информации. Тогда отчёт скрипта будет наиболее полным.

Порядок записи сигналов для скрипта Rx.

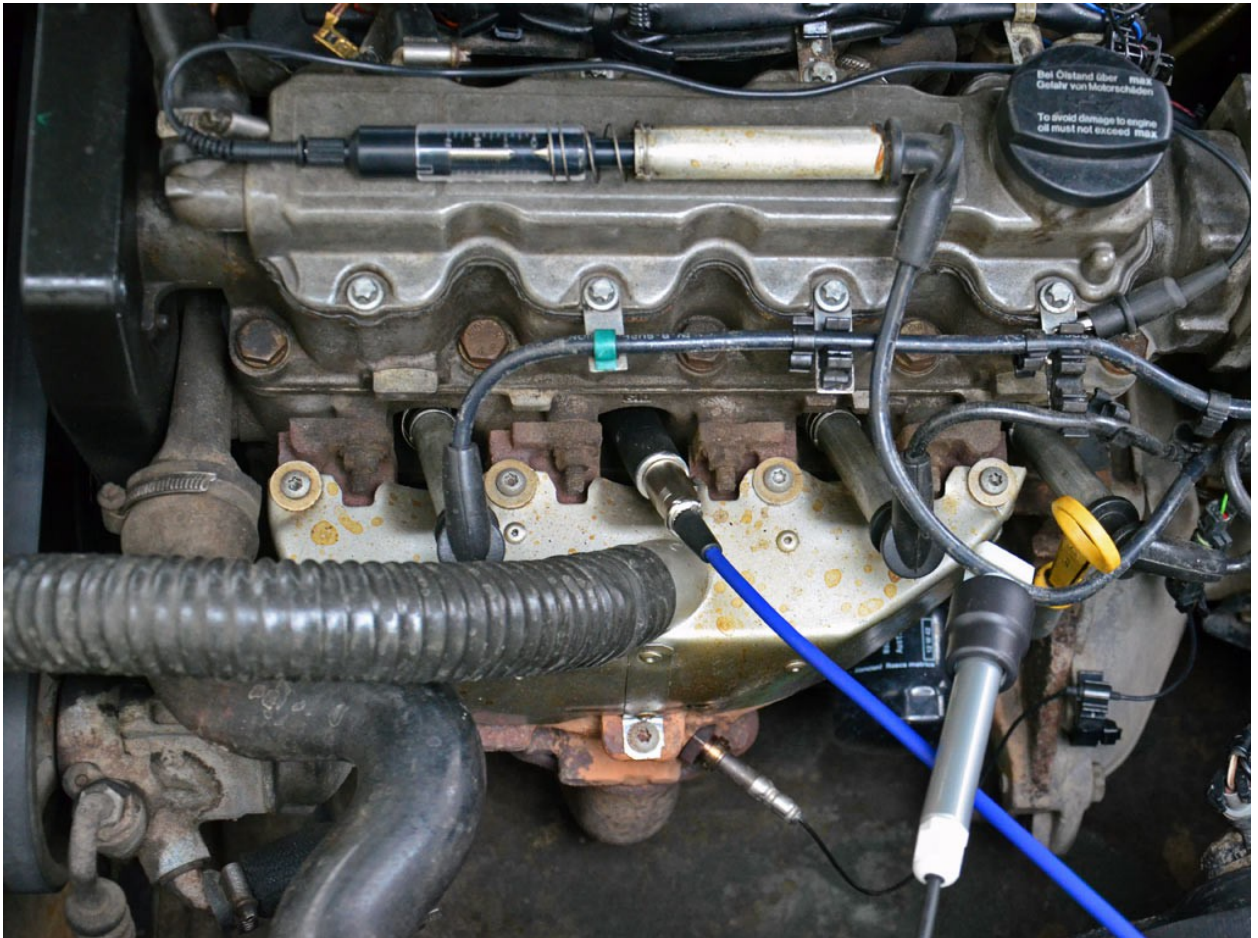
- Если диагностируемый двигатель оснащён системой распределённого впрыска топлива, рекомендуется отключить разъём от бензиновой форсунки исследуемого цилиндра и подключить к нему резистор номиналом 100 Ω . За счёт этого, во время измерений топливо в исследуемый цилиндр поступать не будет, а подключение резистора предотвратит занесение в память неисправностей блока управления двигателем кода ошибки типа "Обрыв электрической цепи форсунки №...".

Если данная рекомендация не будет выполнена, то в исследуемом цилиндре может возникать калильное зажигание топливовоздушной смеси, что может стать причиной повреждения датчика давления. Кроме того, в этом случае из цилиндра в выпускную систему будет выбрасываться не сгоревшее топливо, из-за чего возможен перегрев и повреждение каталитического нейтрализатора отработавших газов.

Если предотвратить подачу топлива в диагностируемый цилиндр невозможно, то для снижения вероятности возникновения калильного зажигания следует предварительно охладить камеру сгорания исследуемого цилиндра следующим образом: выкрутить свечу зажигания, подождать ~5 минут, и только после этого устанавливать датчик давления в цилиндр. Во избежание повреждения каталитического нейтрализатора из-за выброса из цилиндра не сгоревшего топлива, рекомендуется сократить продолжительность измерений до минимума.

В любом случае, желательно, чтобы продолжительность измерений не превышала 3-х минут.

- Установить датчик давления Px на место свечи зажигания исследуемого цилиндра и подключить его к входу №3 USB Autoscope. Высоковольтный провод исследуемого цилиндра обязательно подключить к искровому разряднику с искровым промежутком ~ 5 mm.



На место свечи зажигания установлен датчик давления в цилиндре Px.

При необходимости, задействовать пневматический удлинитель для датчика давления и / или высоковольтный удлинитель для катушки зажигания.



Применение пневматического удлинителя для датчика давления и высоковольтного удлинителя для катушки зажигания.

- На высоковольтный провод исследуемого цилиндра установить датчик синхронизации Sync и подключить его к входу In Synchron.
- Запустить двигатель диагностируемого автомобиля.
- В окне программы USB Oscilloscope вызвать режим "Px => Px" или "Px => Px+Longer" (в зависимости от того, был ли задействован пневматический удлинитель для датчика давления).
- Вызвать меню "Запись".
- Через 3...5 секунд следует плавно поднять обороты двигателя до 3000...5000 RPM с минимальным открытием дроссельной заслонки и сбросить.
- После стабилизации холостого хода, выполнить резкую перегазовку путём максимально резкого открытия дроссельной заслонки. После резкой перегазовки следует сразу закрыть дроссель. В качестве альтернативы, вместо закрытия дросселя можно выключить зажигание, а дроссель при этом удерживать открытым до полной остановки двигателя (за счёт этого будет записана дополнительная информация для таких вкладок отчёта скрипта как "Впуск" и "Выпуск").
- Для прекращения записи сигналов вызвать меню "Остановить".

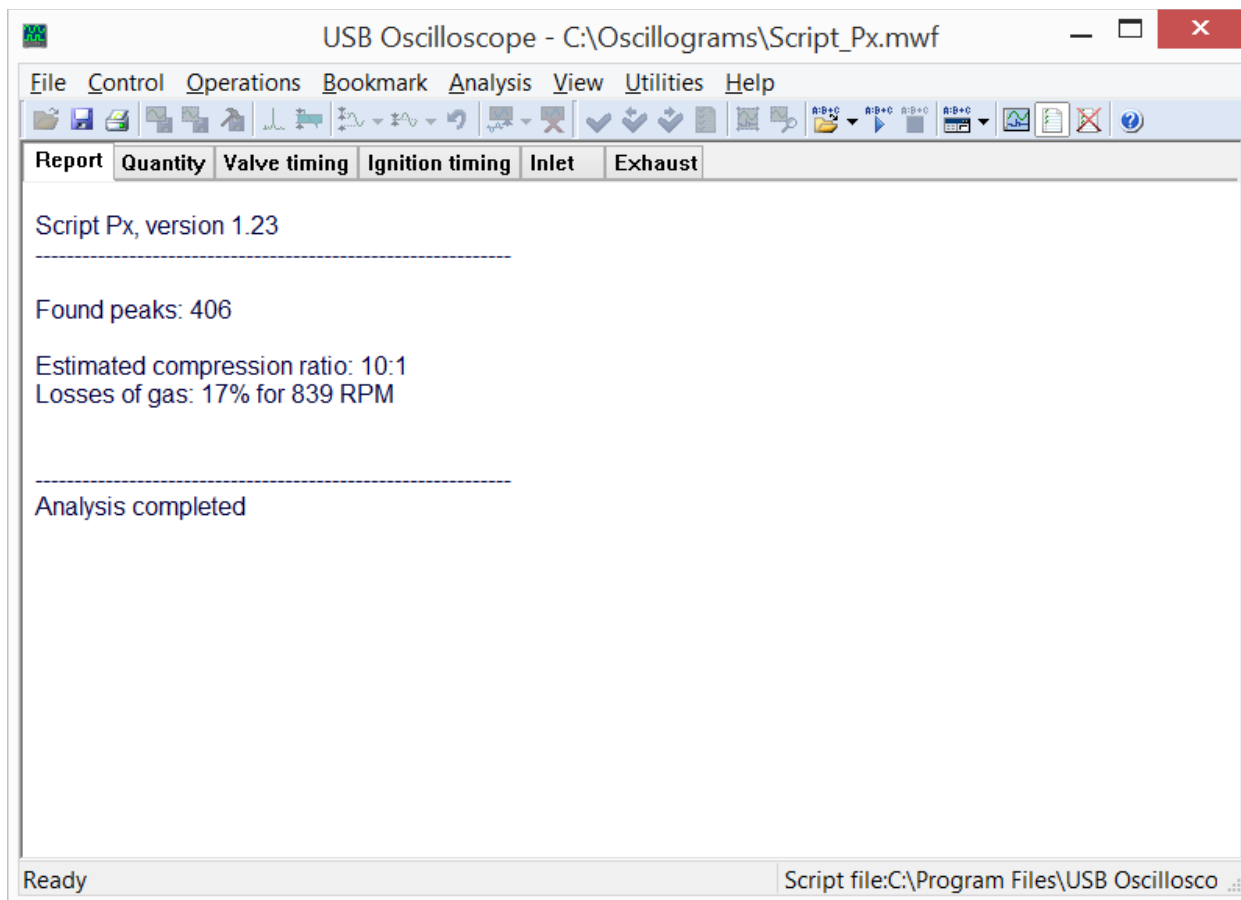
- Сохранить записанные сигналы можно при помощи меню "Файл => Сохранить Файл".
- Анализ записанных сигналов скриптом Rx запускается через меню "Анализ => Выполнить скрипт".

Обратите внимание на то, что скрипт анализирует весь записанный файл осциллограмм. Но в случае если выделен его фрагмент, тогда скрипт анализирует только этот выделенный участок сигналов.

3. Результаты анализа.

3.1 Вкладка Report.

Классическим инструментом для оценки состояния цилиндро-поршневой группы является компрессометр, предназначенный для измерения пикового давления в цилиндре при прокрутке двигателя стартером, ещё называемого «компрессией». Это величина комплексная, и, соответственно, зависит от потерь газа через неплотности в цилиндре, от степени сжатия и др. Но ухудшение показаний компрессометра по одному из цилиндров зачастую трактуется именно как ухудшение его герметичности. Скрипт Px позволяет отличить неплотность цилиндра от низкой степени сжатия, так как рассчитывает отдельно величину потерь газа, и отдельно величину степени сжатия.



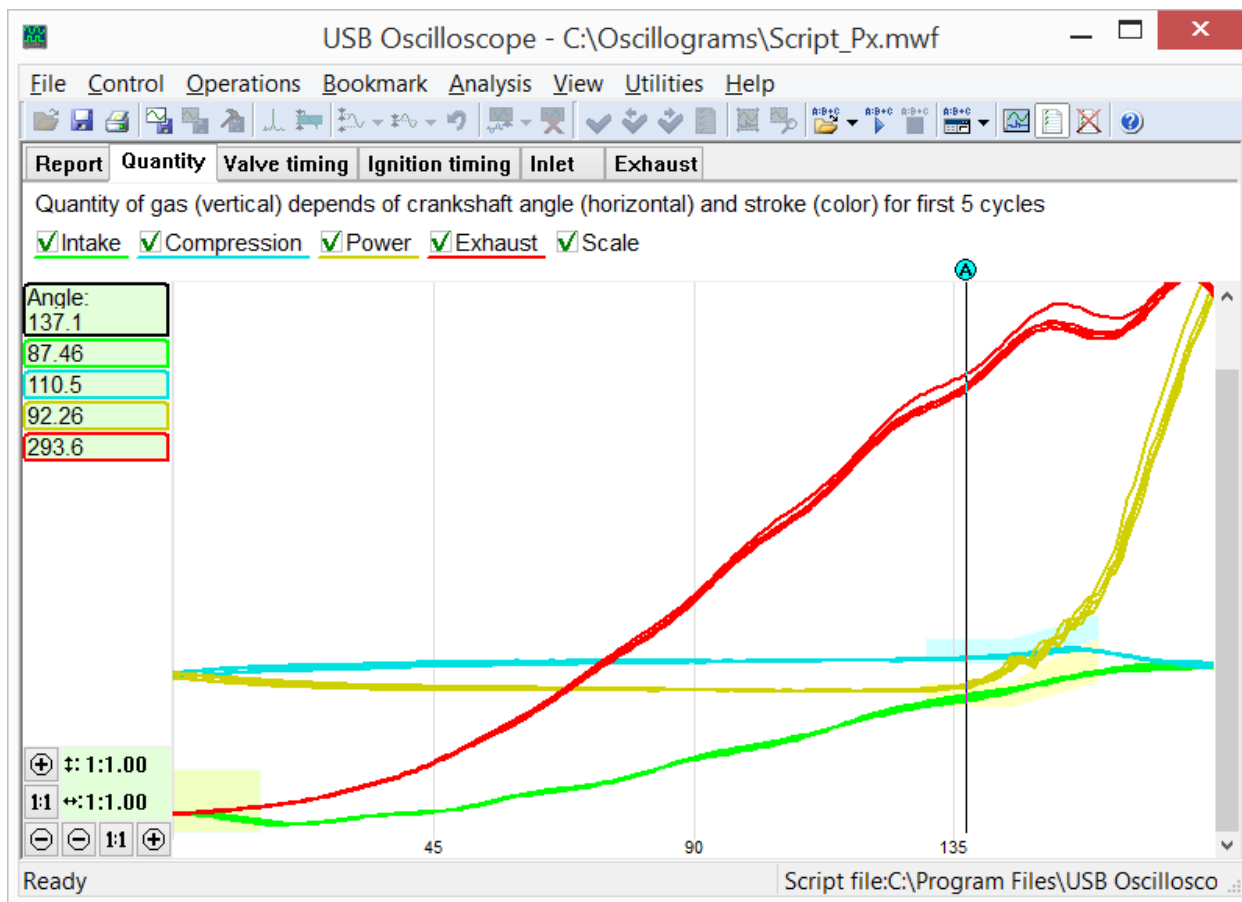
Вкладка Report из отчёта скрипта Px.

Номинальное значение степени сжатия, величина которой определяется конструкцией двигателя, можно найти в документации с техническими характеристиками двигателя.

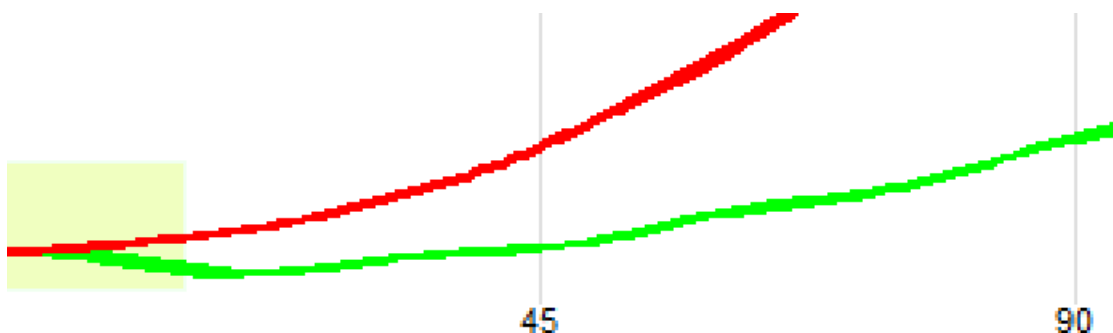
Потери газа для исправного двигателя лежат в диапазоне 10...18 %. Потери более 20 % могут свидетельствовать об ухудшении пневматической плотности цилиндра. Здесь следует отметить особенности алгоритма расчёта потерь. Это величина комплексная, и отражает не только потери газа через неплотности цилиндра, но и тепловые потери газа. Тепловые потери возникают из-за того, что температура газа в цилиндре при сжатии даже без воспламенения поднимается выше температуры стенок цилиндра. Вследствие этого часть тепловой энергии газа передаётся поршню, цилиндру и головке блока цилиндров. Тепловые потери, наряду с количественными потерями газа, негативно влияют на коэффициент полезного действия (КПД) двигателя. На практике, комплексные потери газа исправного двигателя составляют не менее 10 %.

3.2 Вкладка "Количество".

Отображает диаграмму количества газа в цилиндре в зависимости от положения поршня и от такта работы цилиндра.



Вкладка "Количество" из отчёта скрипта Px, двигатель исправен. Отображает количество газа в цилиндре в зависимости от положения поршня исследуемого цилиндра и от такта его работы. Маркер А установлен в позицию поршня, совпадающую с концом закрытия впускного клапана и с началом открытия выпускного.



Форма левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы количества газа в цилиндре, характерная для исправного двигателя.

При построении диаграммы количества газа в цилиндре задействуются 4 цвета, отражающие такты его работы. Положение поршня отражено по горизонтали: верхней мёртвой точке (ВМТ) соответствует левый край диаграммы, нижней мёртвой точке (НМТ) – правый. Количество газа в цилиндре отражается по вертикали: чем в цилиндре больше газа, тем выше расположен фрагмент диаграммы.

По мере отдаления поршня от ВМТ на такте впуска (зеленый фрагмент диаграммы; читать слева-направо), объём в цилиндре увеличивается, и из впускного коллектора в цилиндр «засасывается» газ – график поднимается.

В НМТ поршень меняет направление своего движения на противоположное, и объём в цилиндре начинает уменьшаться, но количество газа в цилиндре продолжает расти (синий фрагмент диаграммы, правая часть; читать справа-налево). Это происходит из-за того, что газ продолжает двигаться из впускного коллектора в цилиндр по инерции. Когда инерционный поток газа в цилиндр останавливается – газ начинает выталкиваться поршнем из цилиндра обратно во впускной коллектор до тех пор, пока впускной клапан полностью не закроется. В данном случае, наполнение цилиндра было максимальным за 155° до ВМТ, а впускной клапан закрылся за ~140° до ВМТ. С этого момента, количество газа в цилиндре почти перестаёт меняться, и график принимает вид близкий к прямой линии (синий фрагмент диаграммы, левая часть; читать справа-налево).

После прохождения поршнем ВМТ, предварительно сжатый в цилиндре газ начинает «разжиматься», но так как клапана закрыты, его количество в цилиндре по-прежнему почти не меняется; поэтому график имеет вид почти прямой линии (жёлтый фрагмент диаграммы, левая часть; читать слева-направо). Тем не менее, отчётливо заметно постепенное отдаление прямолинейного жёлтого фрагмента диаграммы от синего, отражающее процесс количественных и тепловых потерь газа; наибольшая интенсивность потерь наблюдается вблизи ВМТ, когда давление и температура газа максимальны.

Выпускной клапан начинает открываться раньше, чем поршень достигает НМТ, в данном случае – через 140° после ВМТ. Так как измерения проводятся без воспламенения, то к этому моменту газ в цилиндре «разжимается» практически до исходного давления, близкого к абсолютному давлению во впускном коллекторе, что существенно ниже атмосферного. Давление в выпускном коллекторе близко к атмосферному, и в этот момент превышает давление в цилиндре. Поэтому, как только выпускной клапан начинает открываться, газы из выпускного коллектора начинают поступать в цилиндр и уравнивают давление в цилиндре с атмосферным. Этот процесс отражается на диаграмме в виде резкого излома вверх жёлтого фрагмента.

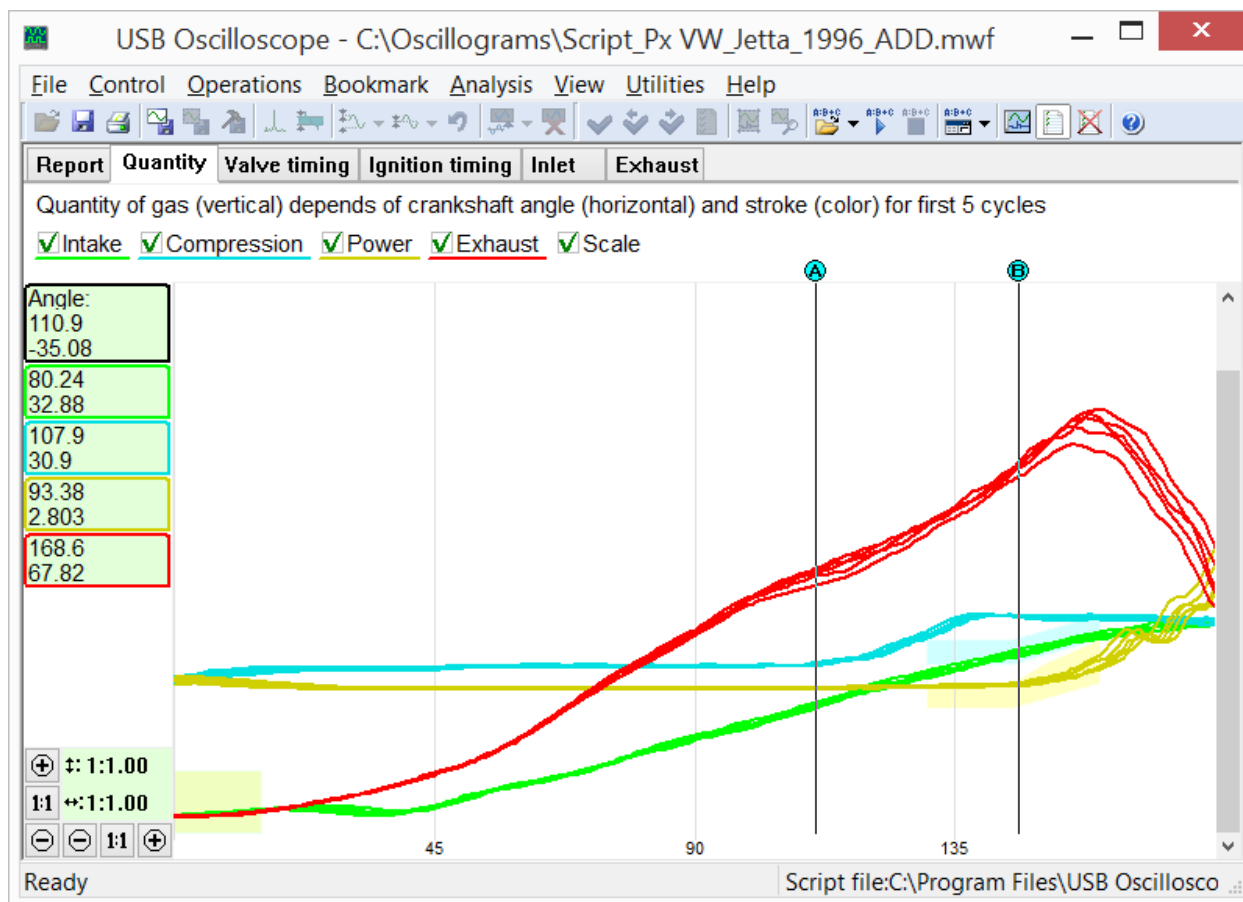
После прохождения НМТ поршень начинает выталкивать газы из цилиндра в выпускной коллектор (красный фрагмент диаграммы; читать справа-налево). При подходе к ВМТ выпускной клапан начинает закрываться, а впускной – открываться. В этот момент давление в цилиндре ещё близко к атмосферному, так как цилиндр всё ещё соединён с выпускным коллектором. После прохождения ВМТ, когда выпускной клапан уже полностью закрывается а впускной открывается, часть оставшихся в цилиндре газов перетекает во впускной коллектор, так как там давление ниже атмосферного. Таким образом, количество газа в цилиндре оказывается минимальным не в ВМТ, а несколько позже ВМТ, в данном случае – через 20° после ВМТ, что отражено на диаграмме в виде «провала» зелёного фрагмента. Далее, за счёт увеличения объёма, в цилиндр снова начинается «засасываться» газ из впускного коллектора.

Таким образом, по диаграмме количества газа в цилиндре можно обнаружить и измерить моменты конца закрытия впускного клапана и начала открытия выпускного. Но их номинальные значения в документации с техническими характеристиками двигателей не указываются. Поэтому, для выявления отклонений в фазах газораспределения, измеренные углы приходится сравнивать со среднестатистическими значениями.

Несмотря на то, что различные серийные газораспределительные валы обеспечивают свои, уникальные фазы газораспределения, всех их объединяет одна характерная особенность. Ширина фазы впуска практически всегда совпадает с шириной фазы выпуска; и, кроме того, фазы практически всегда симметричны относительно ВМТ. На практике это означает, что если впускной клапан закрывается за 140° до ВМТ, то выпускной должен

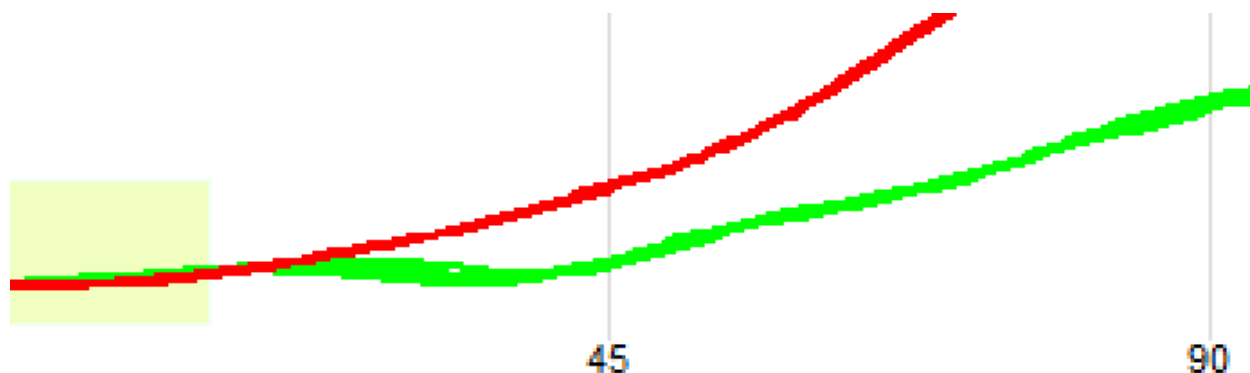
открываться после ВМТ через те же 140° , то есть, в той же позиции поршня. За счёт этого, на диаграмме количества газа в цилиндре характерные точки, отражающие эти моменты, расположены одна над другой. Это справедливо как для двигателей с узкими фазами газораспределения, так и с широкими – несимметричность фаз обычно не выходит за пределы $\pm 10^\circ$. Но это правило относится только к двигателям, которые не оснащены системой изменения фаз газораспределения типа VVT от TOYOTA. На таких двигателях при работе на холостом ходу, фаза впуска обычно опаздывает на $\sim 10^\circ$.

Для оснащённых ременным приводом распредвала двигателей где и впускные и выпускные клапана цилиндра обслуживаются одним распредвалом, ошибка установки приводного ремня на 1 зуб в сторону "позже" приводит к запаздыванию моментов открытия и закрытия клапанов на $\sim 15^\circ$. На диаграмме количества газа в цилиндре это отражается как смещение момента закрытия впускного клапана на $\sim 15^\circ$ влево, а открытия выпускного – на $\sim 15^\circ$ вправо. При этом получается, что характерные точки отдаляются друг от друга на $\sim 30^\circ$.



Фазы газораспределения установлены неправильно – клапана открываются и закрываются поздно. Маркер A установлен в позицию поршня, совпадающую с концом закрытия впускного клапана, а маркер B – с началом открытия выпускного.

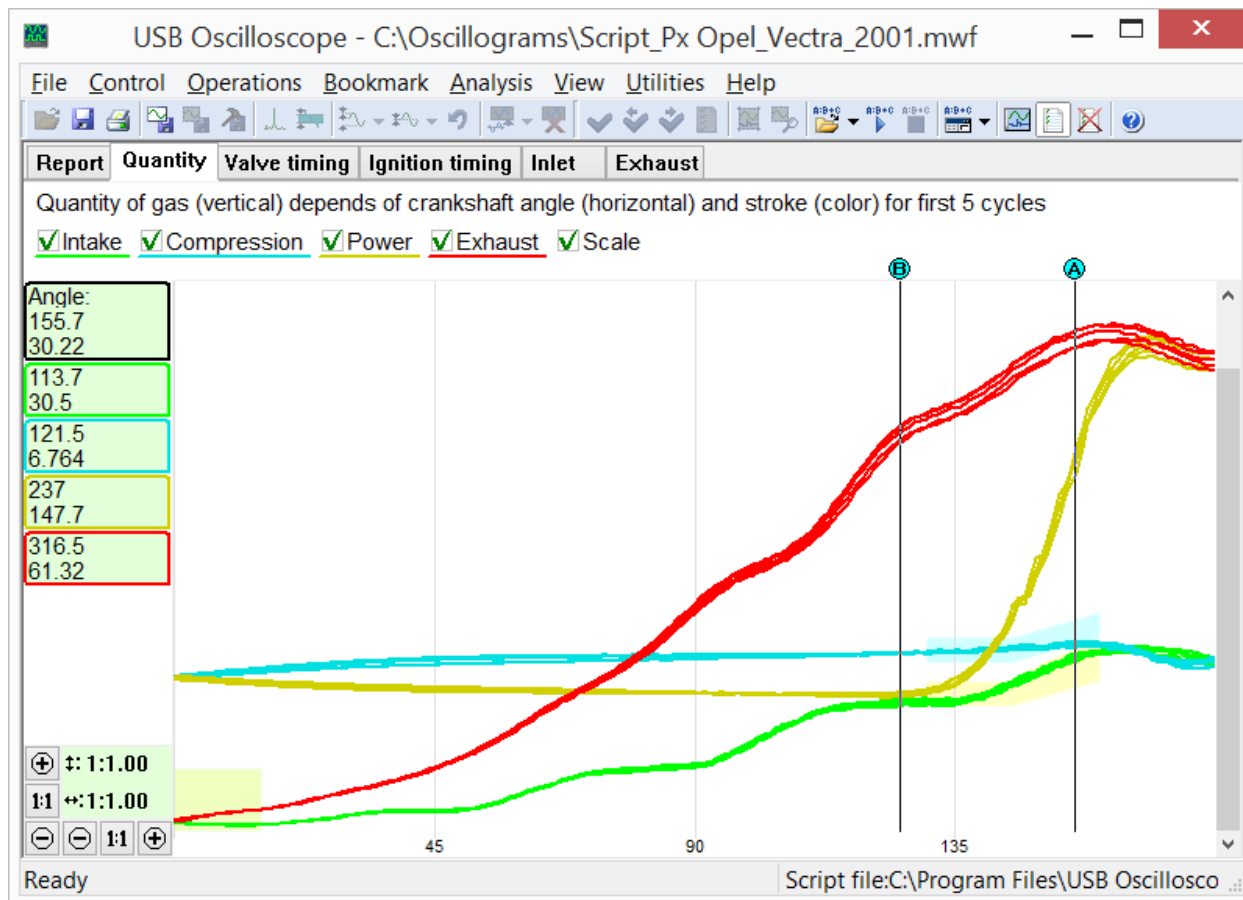
Дополнительным признаком поздней установки фаз газораспределения может служить характерное искажение формы левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы в районе фазы перекрытия клапанов.



Характерное искажение формы левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы количества газа в цилиндре, возникающее вследствие поздней установки фаз газораспределения.

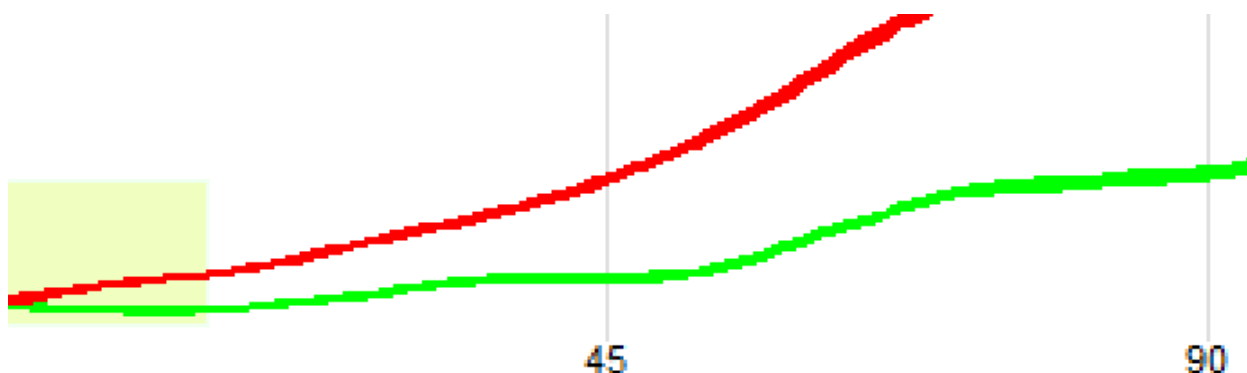
В таком случае, зеленый фрагмент диаграммы вначале поднимается, практически точно накладываясь на красный, и лишь потом отклоняется от неё вниз.

Если же распредвал установлен на 1 зуб приводного ремня в сторону "раньше", то это приводит к опережению моментов открытия и закрытия клапанов. На диаграмме это отражается как смещение момента закрытия впускного клапана вправо, а открытия выпускного – влево. Характерные точки при этом отдаляются друг от друга на те же $\sim 30^\circ$.



Фазы газораспределения установлены неправильно – клапана открываются и закрываются рано. Маркер А установлен в позицию поршня, совпадающую с концом закрытия впускного клапана, а маркер В – с началом открытия выпускного.

Характерные искажения диаграммы в районе фазы перекрытия клапанов здесь свои.

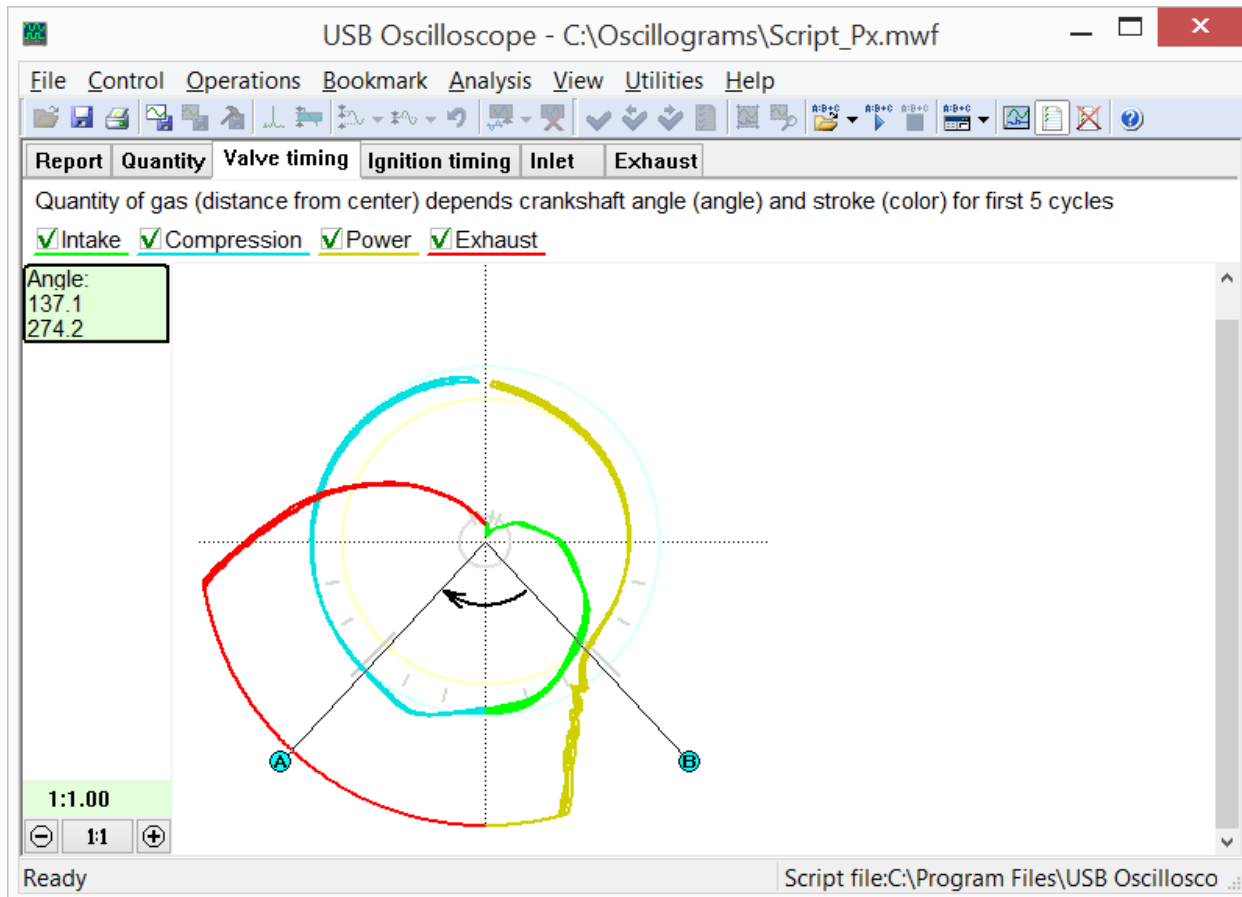


Характерное искажение формы левой части красного и зелёного фрагментов диаграммы количества газа в цилиндре, возникающее вследствие ранней установки фаз газораспределения.

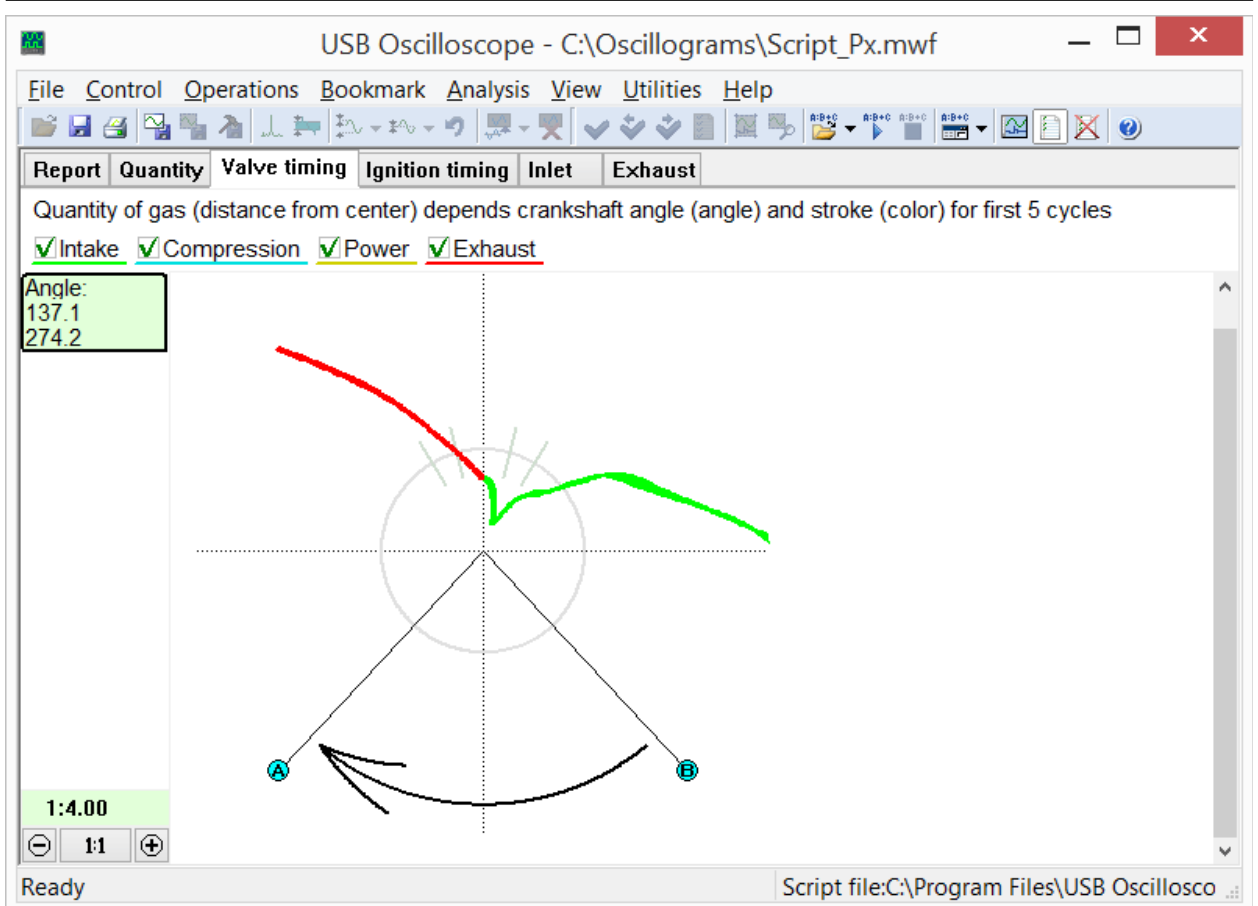
При ранней установке фаз газораспределения, красный и зелёный фрагменты диаграммы в районе фазы перекрытия клапанов друг на друга не накладываются вовсе, и располагаются под заметным углом.

3.3 Вкладка "Фазы газораспределения".

Здесь отображается та же диаграмму количества газа в цилиндре что и во вкладке "Количество", но уже в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Количество газа в цилиндре выражается как расстояние от центра диаграммы: чем больше в цилиндре газа, тем дальше от центра расположен фрагмент диаграммы.

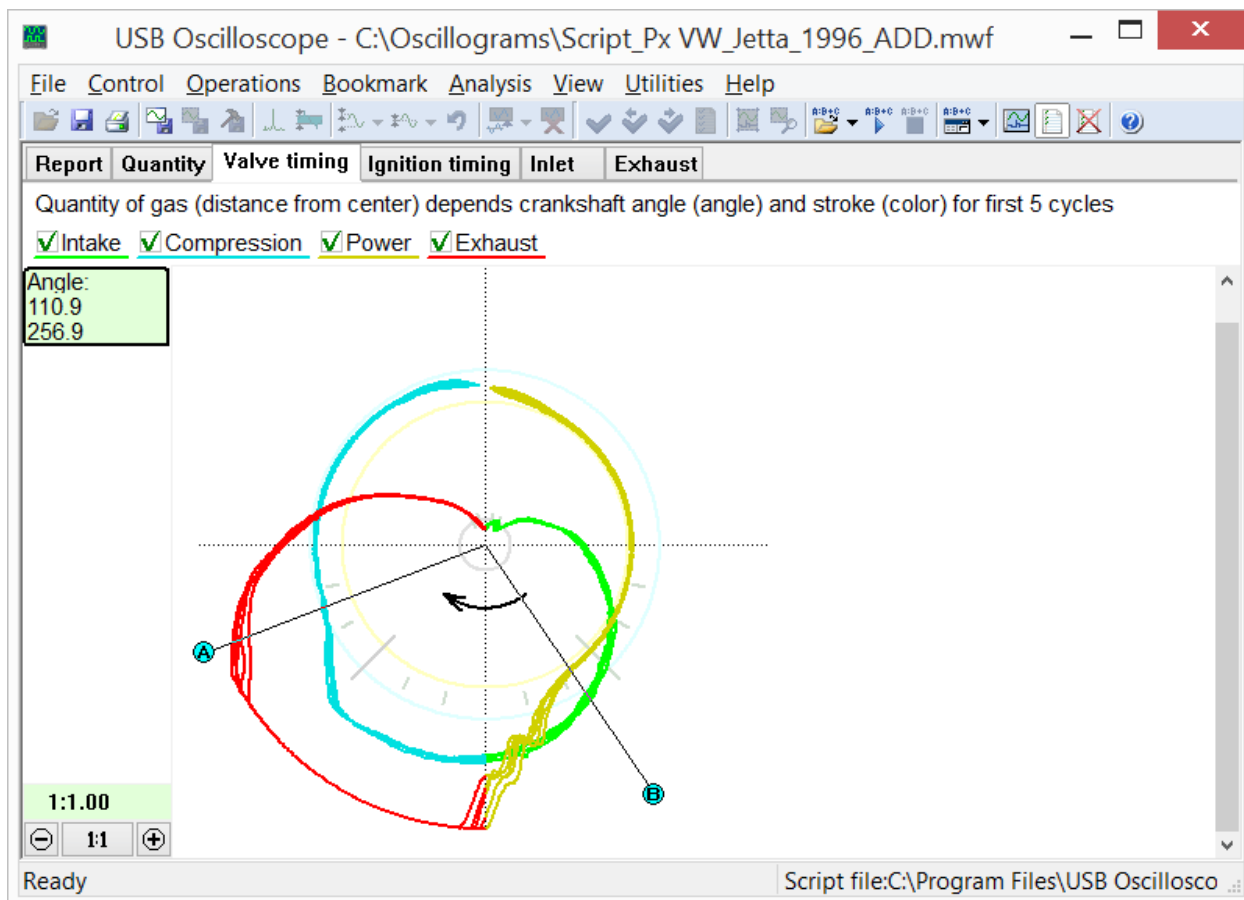


Вкладка "Фазы газораспределения" из отчёта скрипта Px, двигатель исправен. Отображает количество газа в цилиндре в зависимости от угла поворота коленвала и от такта работы исследуемого цилиндра. Маркер A отмечает угол, когда впускной клапан уже закрылся, а маркер B – когда выпускной клапан начал открываться. Расположение маркеров симметрично относительно вертикальной линии.



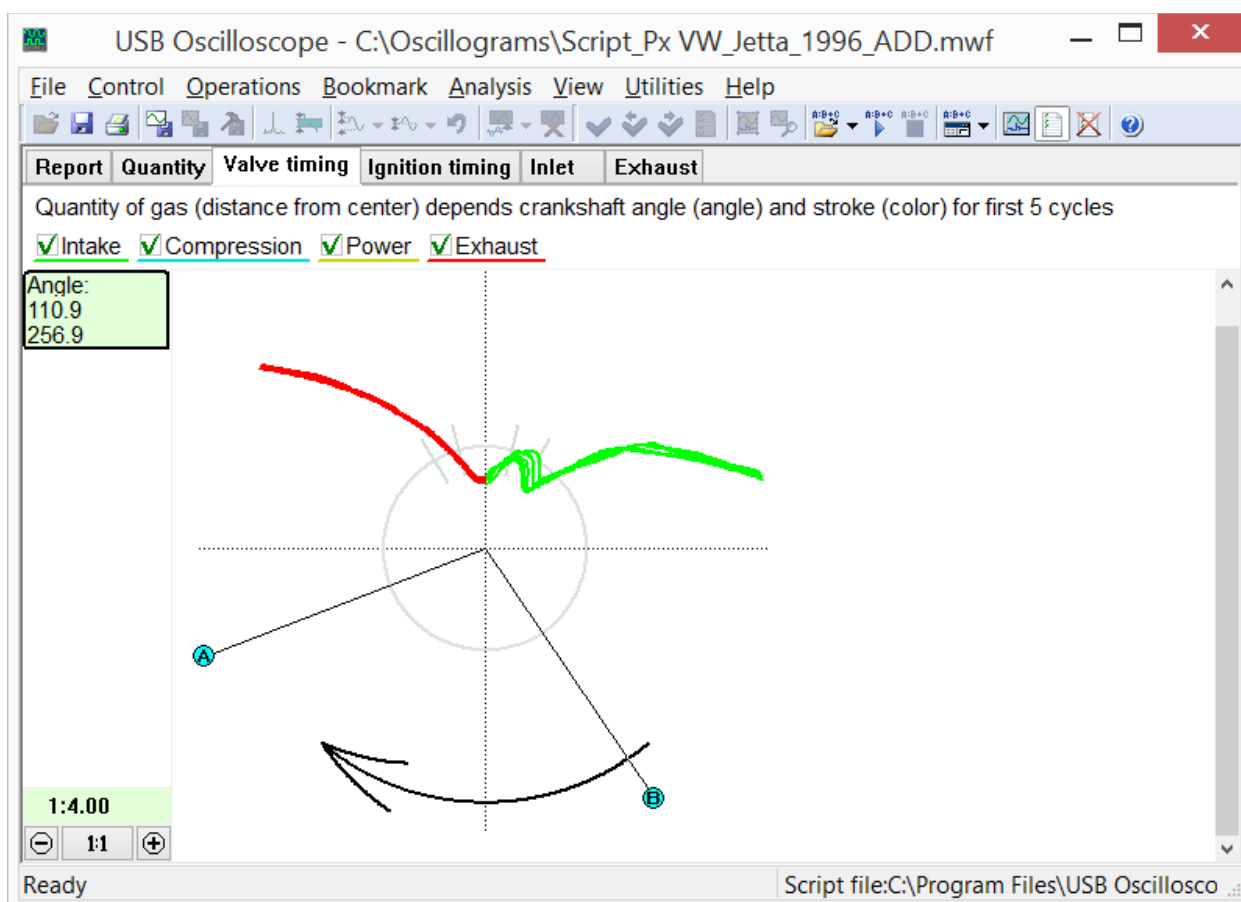
Форма красного и зелёного фрагментов (в увеличенном масштабе) в центре диаграммы фаз газораспределения, характерная для исправного двигателя.

Для оснащённых ременным приводом распредвала двигателей, где и впускные и выпускные клапана цилиндра обслуживаются одним распредвалом, ошибка установки приводного ремня на 1 зуб в сторону "позже" приводит к «повороту» диаграммы фаз по часовой стрелке на $\sim 15^\circ$. При этом фазы уже получаются несимметричными относительно ВМТ.



Фазы несимметричны – клапана открываются и закрываются поздно. Маркер А отмечает угол, когда впускной клапан уже закрылся, а маркер В – когда выпускной клапан начал открываться.

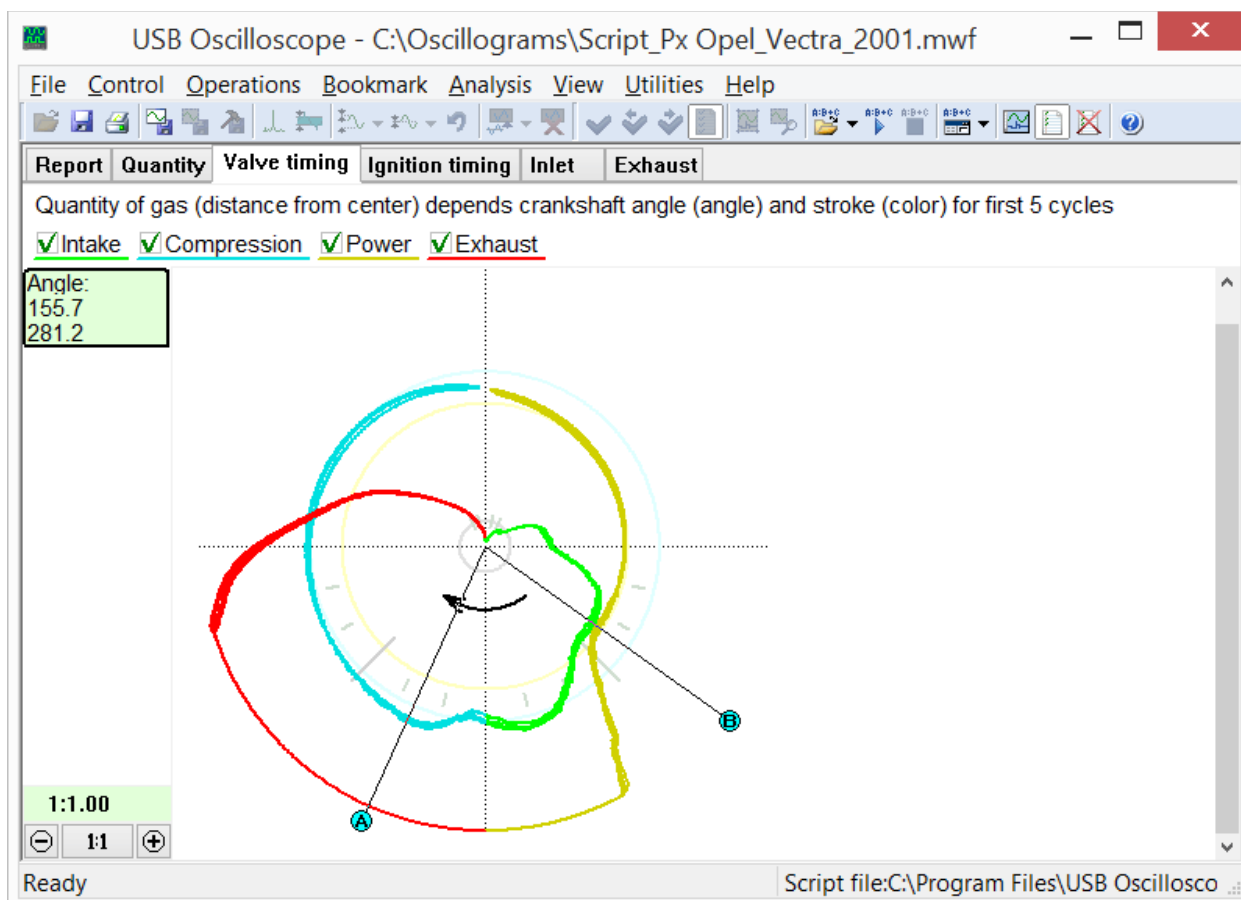
Дополнительным признаком поздней установки фаз газораспределения может служить характерное искажение формы диаграммы в центре.



Характерное искажение формы диаграммы фаз газораспределения в центре (показано в увеличенном масштабе), возникающее вследствие поздней установки фаз.

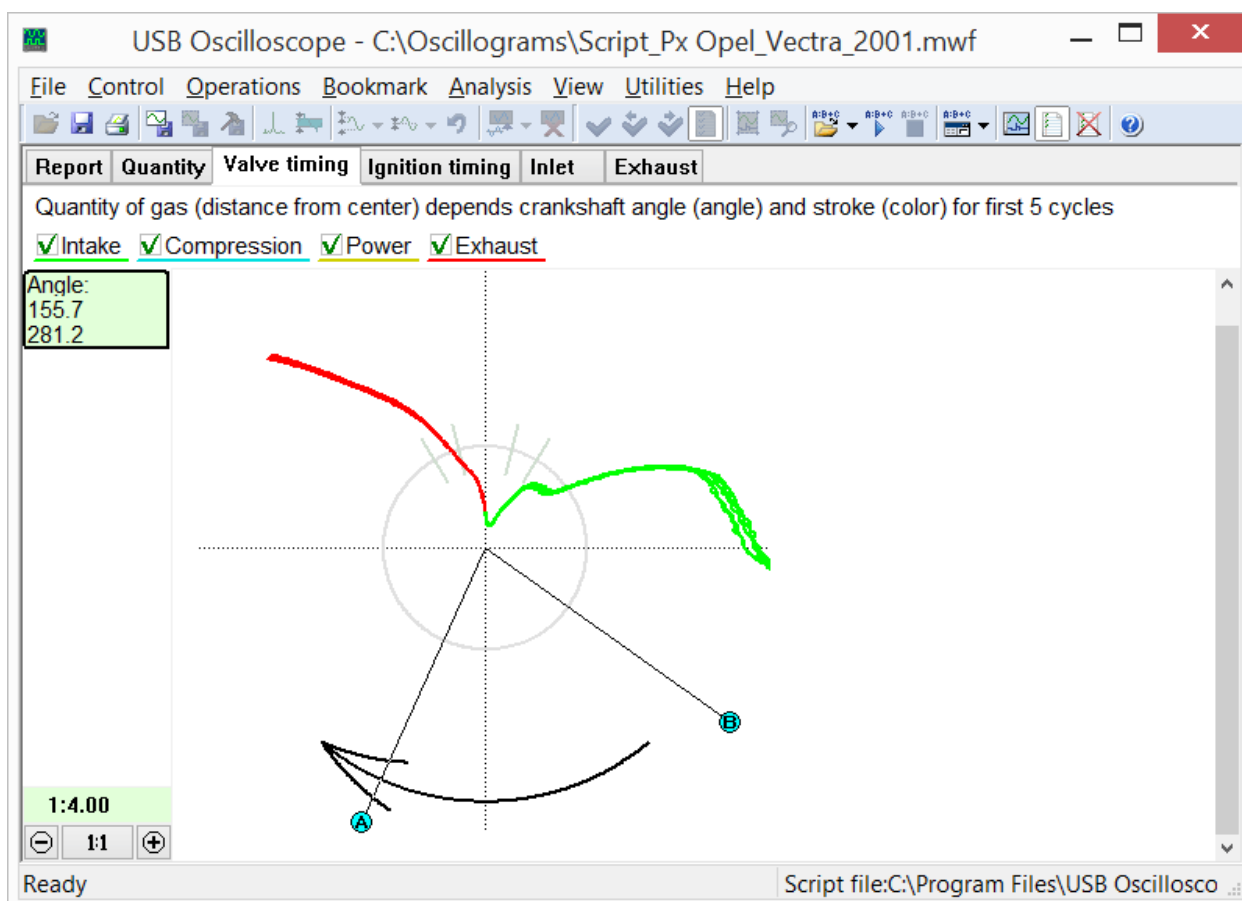
Первый этап этого искажения возникает из-за того, что после прохождения ВМТ в цилиндр начинают обратно засасываться газы из выпускного коллектора через всё ещё открытый из-за неисправности выпускной клапан. Второй этап искажения возникает из-за заметно запоздавшего перетекания газов из цилиндра во впускной коллектор вследствие слишком позднего открытия впускного клапана.

В случае ранней установки фаз газораспределения, диаграмма «проворачивается» против часовой стрелки. При этом фазы также получаются несимметричными относительно ВМТ.



Фазы несимметричны – клапана открываются и закрываются рано. Маркер A отмечает угол, когда впускной клапан уже закрылся, а маркер B – когда выпускной клапан начал открываться.

Характерное искажение формы диаграммы в центре здесь выглядят иначе.

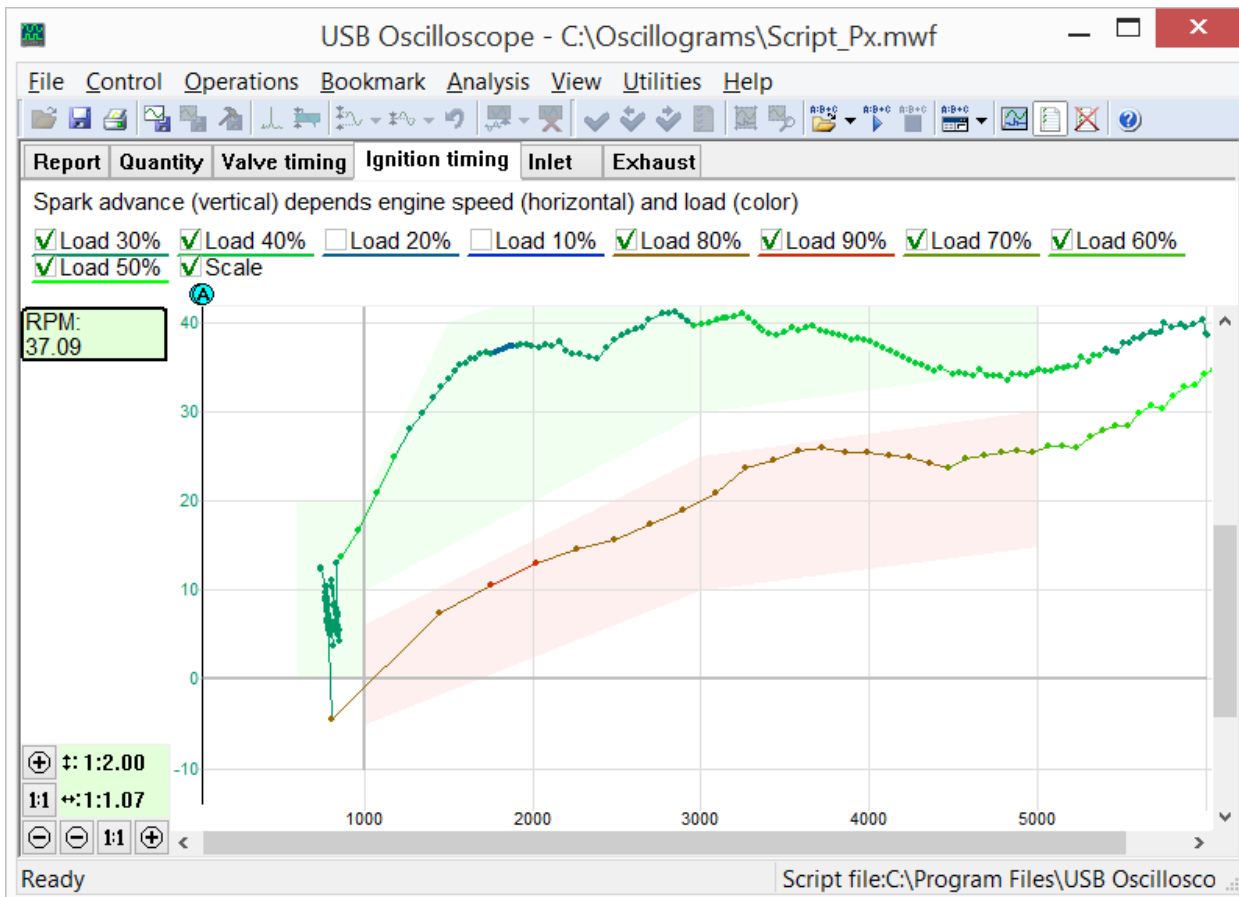


Характерное искажение формы диаграммы фаз газораспределения в центре (показано в увеличенном масштабе), возникающее вследствие ранней установки фаз.

Искажение формы красного фрагмента диаграммы отражает слишком раннее начало перетекания газов из цилиндра во впускной коллектор вследствие слишком раннего начала открытия впускного клапана.

3.4 Вкладка "Опережение".

Если дополнительно к графику давления в цилиндре был записан ещё и сигнал синхронизации с искрой зажигания, то скрипт Px строит диаграмму угла опережения зажигания в зависимости от оборотов и нагрузки на двигатель.

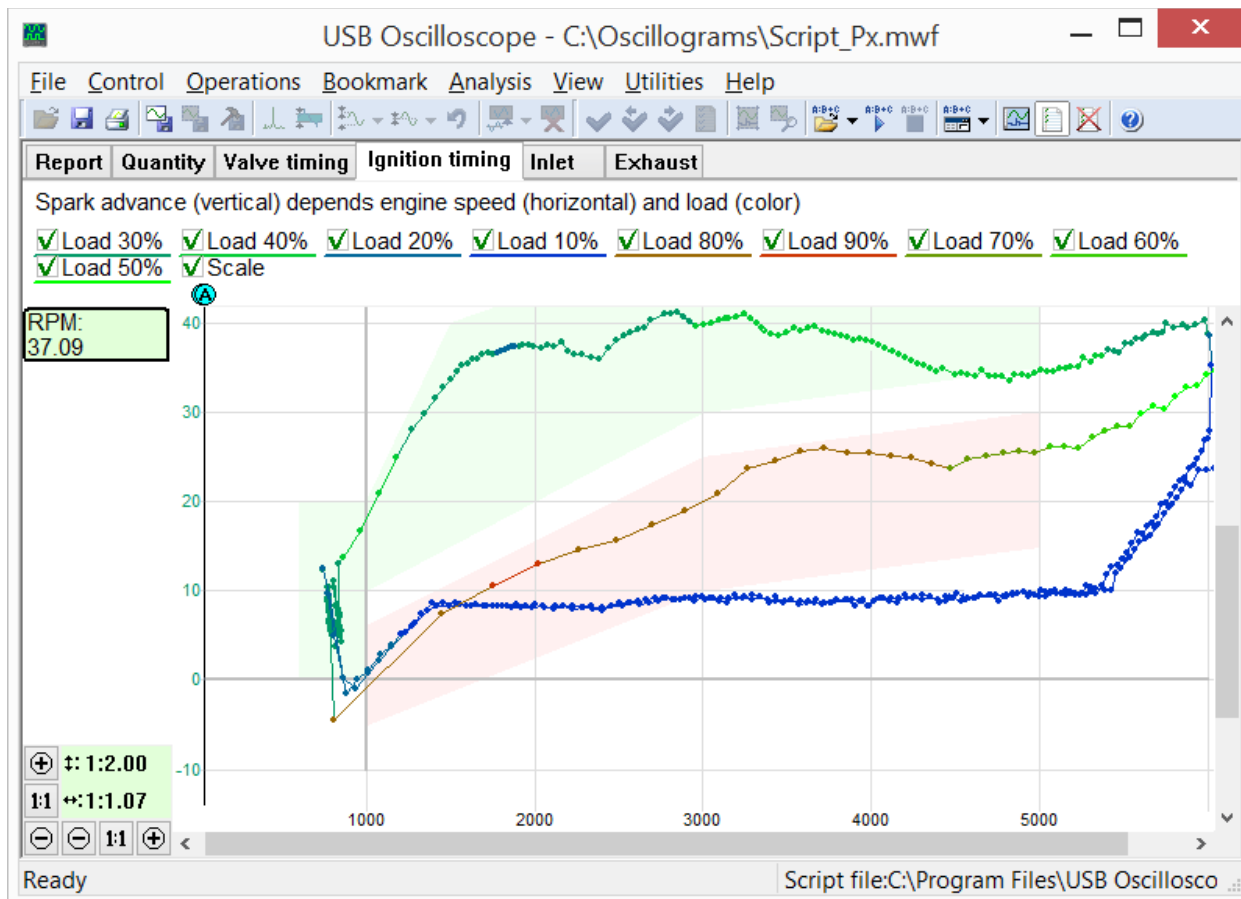


Вкладка "Опережение" из отчёта скрипта Px, двигатель исправен. Записана при двух перегазовках – плавной и резкой.

Здесь нагрузка на двигатель отражена цветом от красного до синего, что соответствует нагрузке от максимальной до минимальной. То есть, чем больше нагрузка на двигатель, тем теплее цвет соответствующего участка диаграммы.

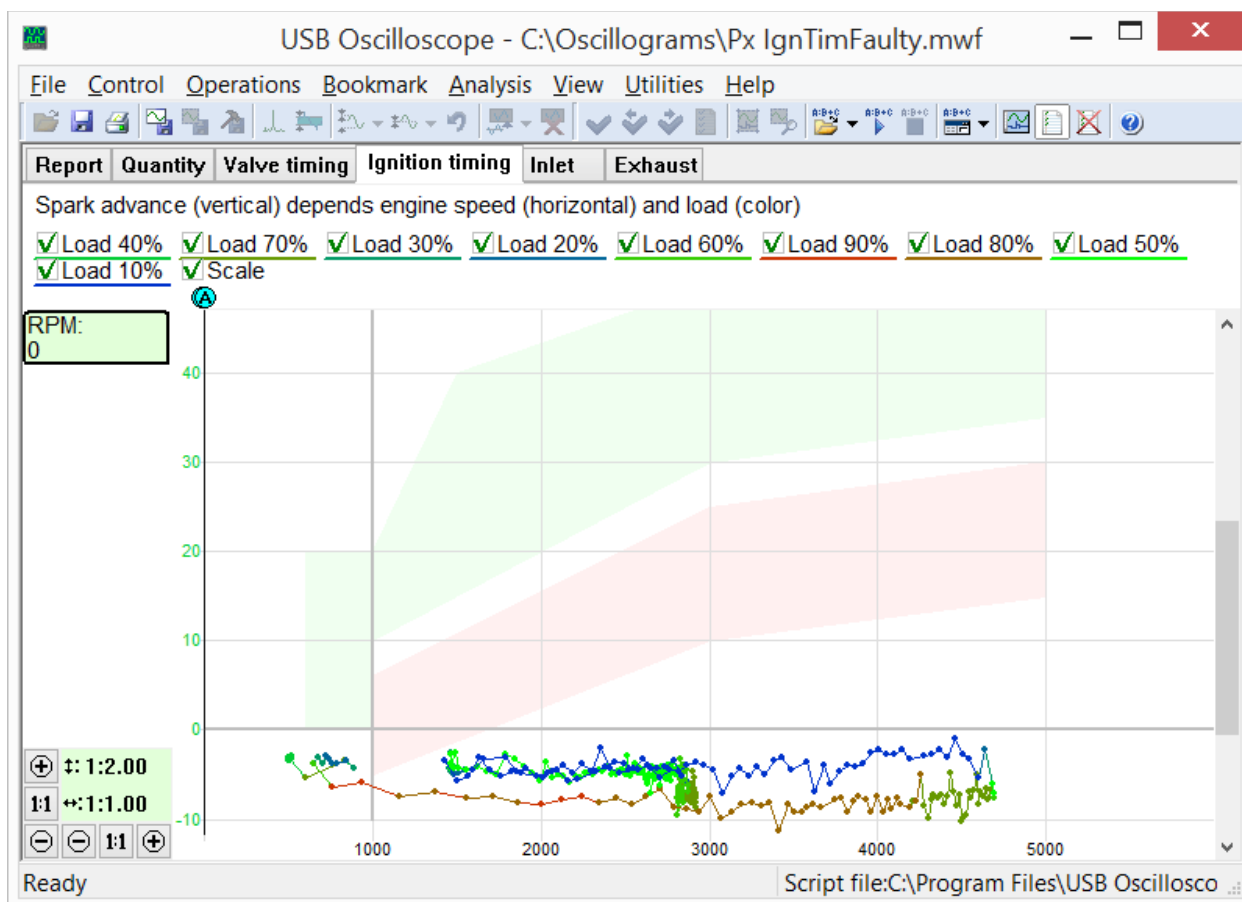
Рассмотрим диаграмму подробнее на примере классического механизма регулировки УОЗ. Здесь, с ростом оборотов двигателя центробежный механизм коррекции увеличивает УОЗ. Это отражается как наклон диаграммы по диагонали вправо вверх. Вакуумным механизмом корректирует УОЗ в зависимости от нагрузки на двигатель. С уменьшением нагрузки, что вызывает увеличение разрежения во впускном коллекторе, УОЗ увеличивается; с увеличением нагрузки (разрежение уменьшается) – УОЗ уменьшается. Работа механизма корректировки УОЗ по нагрузке отражается на диаграмме в том, что красный фрагмент диаграммы располагается ниже, чем зелёный.

В режиме принудительного холостого хода – при сбросе оборотов в результате резкого отпускании водителем педали газа, а также при спуске автомобиля с уклона, когда педаль газа отпущена и двигатель раскручивается от колёс автомобиля – подача топлива прекращается. В результате, величина УОЗ в этом режиме на работу двигателя не влияет, поэтому соответствующие фрагменты диаграммы в данной вкладке по умолчанию не отображаются. Если их включить вручную, то на диаграмме будут дополнительно отображены синие фрагменты.



Вкладка "Опережение" из отчёта скрипта Px, двигатель исправен. Принудительно активировано отображение фрагментов диаграммы синего цвета, соответствующих минимальной нагрузке на двигатель, которые формируются при работе двигателя в режиме принудительного холостого хода.

В качестве подсказки для диагноста, вкладка снабжена маской, которая отражает оптимальные зоны расположения фрагментов диаграммы соответствующих цветов.

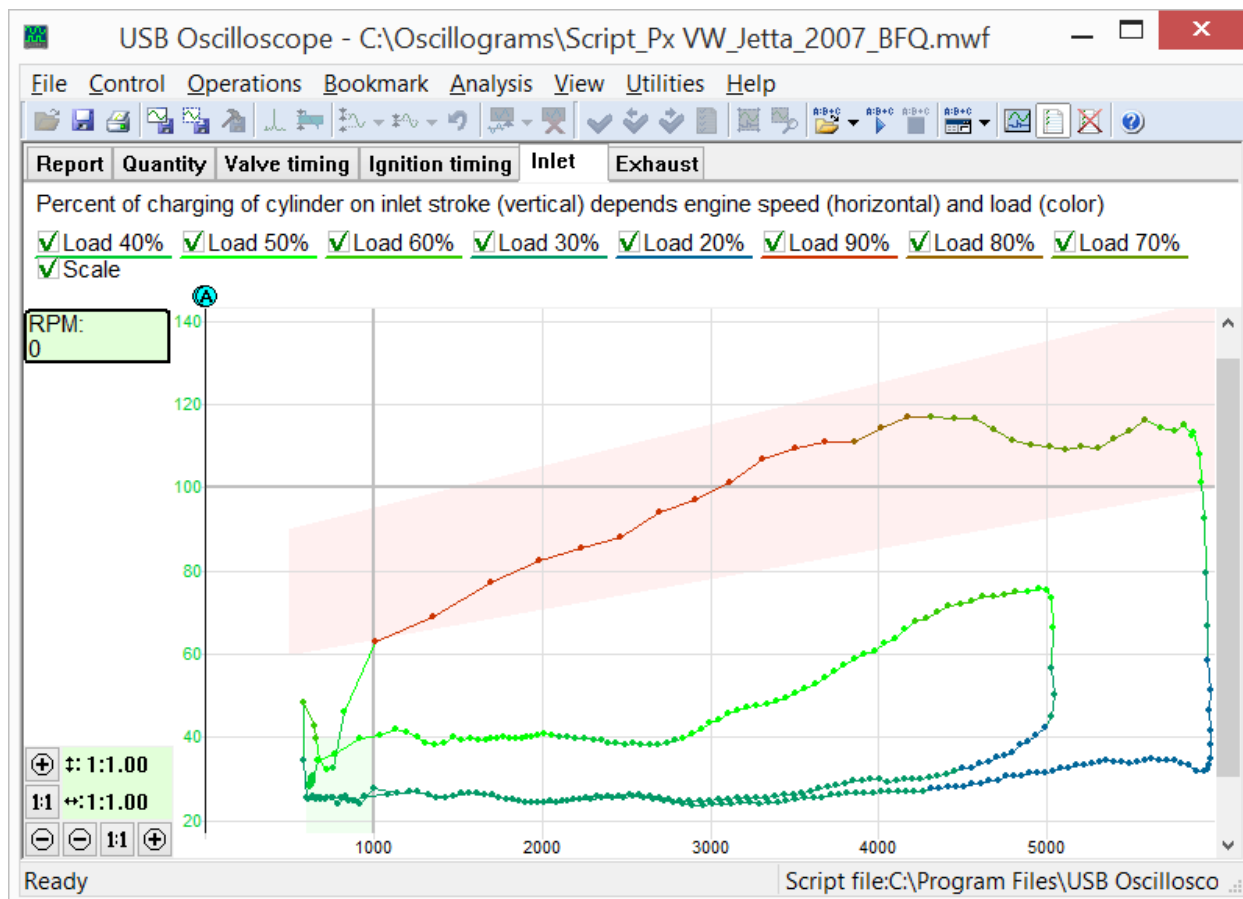


Вкладка "Опережение" из отчёта скрипта Px. УОЗ регулируется неправильно.

Приведённый выше отчёт скрипта Px показывает пример, когда красный и зелёный фрагменты диаграммы расположились вне пределов маски. Причиной этому стал неправильная работа блока управления двигателем, который не регулировал УОЗ ни по оборотам, ни по нагрузке.

3.5 Вкладка "Впуск".

Здесь отображается диаграмма циклового наполнения цилиндра воздухом в зависимости от оборотов и от нагрузки. Высота графика отражает количество газа, оставшегося в цилиндре после закрытия впускного клапана. Цвета фрагментов диаграммы отражают нагрузку на двигатель, рассчитываемую по величине разрежения в цилиндре на такте впуска.



Вкладка "Впуск" из отчёта скрипта Px. Записана при двух перегазовках – плавной и резкой.

Красный фрагмент диаграммы позволяет оценить влияние компонентов всего впускного тракта на наполняемость цилиндра. Чем выше расположен фрагмент, тем больше максимальное наполнение цилиндра, и тем выше отдача цилиндра. Кроме прочего, на наполняемость цилиндра влияют система изменения фаз газораспределения, система изменения геометрии впускного коллектора, максимальное сечение дроссельной заслонки и пропускная способности воздушного фильтра. Также, можно оценить влияние нагнетателя воздуха, если он установлен.

По расположению фрагмента диаграммы, соответствующего работе двигателя на холостом ходу, можно оценить цикловое наполнение цилиндра в этом режиме. Чем оно меньше, тем эффективнее и экономичнее работа двигателя в этом режиме. На высоту расположения данного фрагмента влияет состав топливно-воздушной смеси, УОЗ на холостом ходу, рециркуляция отработавших газов, сопротивление выхлопной системы и отбор мощности от коленвала. Чем меньше отклонение топливно-воздушной смеси от стехиометрии, тем ниже будет расположение соответствующего фрагмента диаграммы. Чем позже УОЗ, тем ниже КПД двигателя; при этом потребуется большее цикловое наполнение и этот фрагмент диаграммы будет расположен выше. Чем больше рециркуляция отработавших газов и, соответственно, цикловое наполнение, тем выше располагается фрагмент;

величина внешней рециркуляции регулируется клапаном EGR, а внутренней – шириной фазы перекрытия клапанов. Чем больше энергии затрачивается на очистку газа от отработавших газов, тем выше располагается фрагмент диаграммы. И, наконец, чем больше отбор мощности от двигателя, тем большее потребуется цикловое наполнение.

Сравним диаграммы "Впуск" двух двигателей, устройство впускного тракта которых существенно различается. Первым рассмотрим двигатель с простым впускным трактом, не оснащённый турбокомпрессором или нагнетателем воздуха.

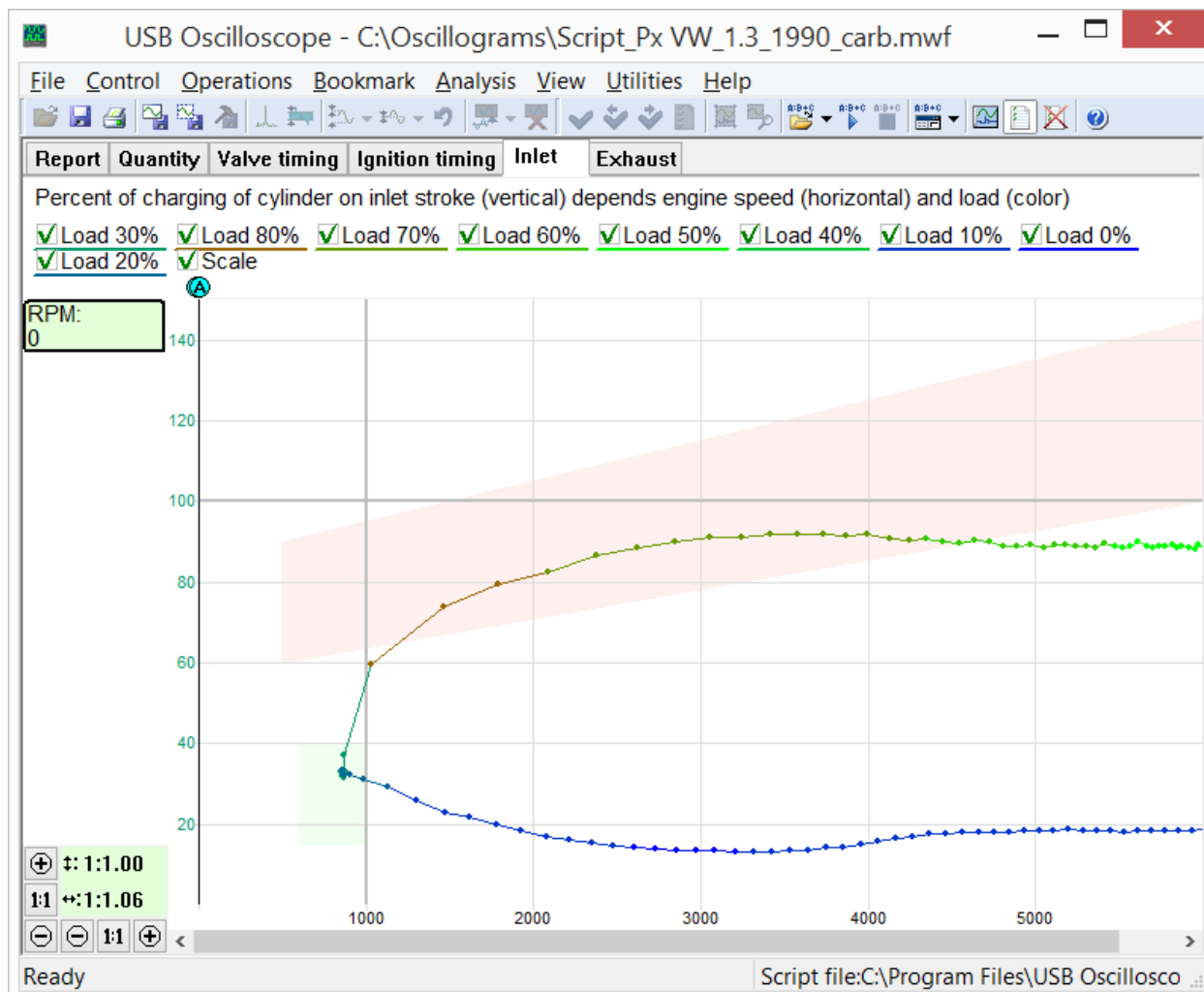


Диаграмма наполняемости цилиндра двигателя с 2-мя клапанами на цилиндр, оснащённого простым карбюратором с одной дроссельной заслонкой.

Отчётливо видно, что у данного двигателя с увеличением оборотов коленвала максимальная наполняемость цилиндра не растёт. Красный фрагмент диаграммы попадает в пределы своей маски только в диапазоне 1200...4600 RPM, в остальных диапазонах оборотов он расположился ниже. Отсюда следует, что характер двигателя – низко оборотистый.

Следует отметить, что с ростом оборотов цвет диаграммы постепенно сменяется с тёплого на холодный, что особенно ярко выражено после 4500 RPM. Это отражает тот факт, что с ростом оборотов этого двигателя воздух в цилиндре на такте впуска становится всё более разрежённым. Из-за этого наполняемость цилиндра на высоких оборотах падает, и двигатель «задыхается».

Теперь рассмотрим диаграмму наполняемости цилиндра с куда более сложным впускным трактом, также не оснащённого турбокомпрессором или нагнетателем воздуха.

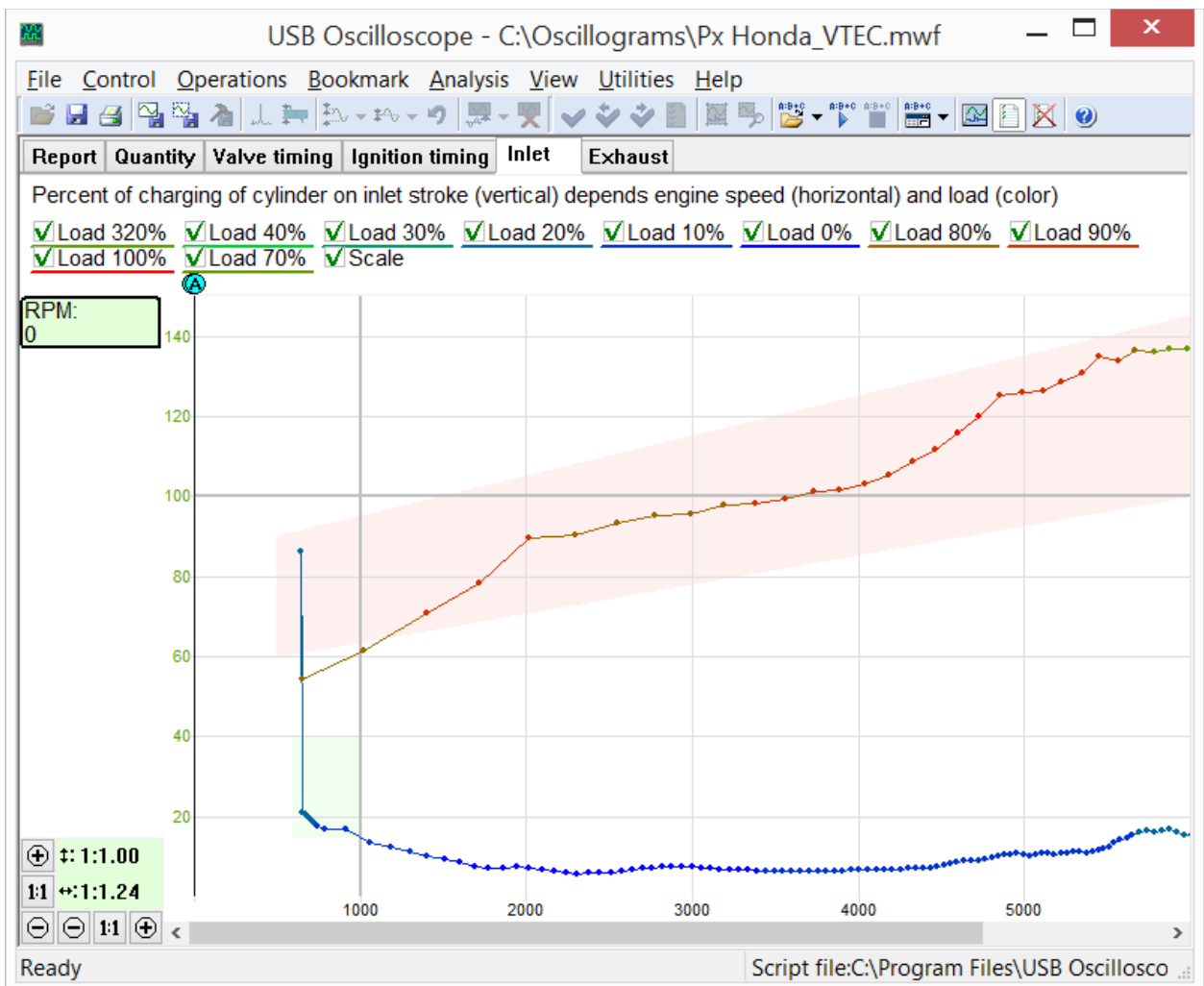


Диаграмма наполняемости цилиндра двигателя со сложным впускным трактом с 4-мя клапанами на цилиндр.

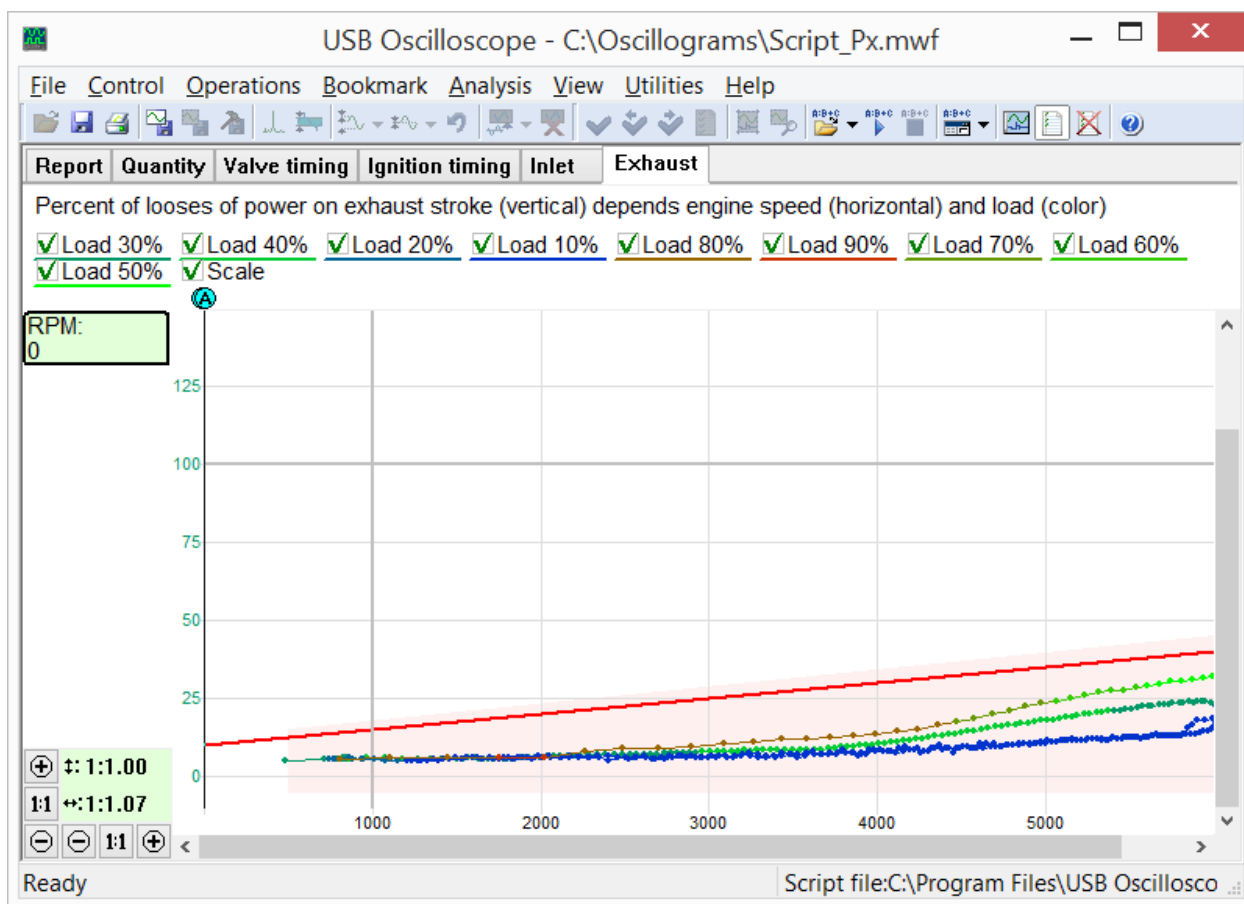
Здесь красный фрагмент диаграммы практически на всём диапазоне оборотов расположился в пределах своей маски довольно высоко. Отсюда можно сделать вывод, что характер двигателя – высокооборотистый. Но при этом также видно, что и на низких оборотах наполняемость цилиндра данного двигателя не хуже, чем у двигателя, рассмотренного ранее.

Цвет диаграммы здесь более горячий, чем в предыдущем примере, и начинает сменяться на тёплый только после 5500 RPM. Это значит, что ни один из компонентов впускного тракта практически не создаёт сопротивления потоку воздуха в цилиндр.

Здесь заметно, что наполняемость цилиндра у этого двигателя после 4000 RPM заметно превышает отметку 100 %, несмотря на то, что он не оснащён системой принудительного нагнетания воздуха. Такой эффект здесь достигается, кроме прочего, за счёт механизма увеличения величины хода впускных клапанов газораспределения. Благодаря этому, на высоких оборотах после прохождения поршнем НМТ возникает значительный инерционный поток газа из впускного коллектора в цилиндр, благодаря чему получается существенный «до заряд» цилиндра газом.

3.6 Вкладка "Выпуск".

Отображает диаграмму затрат мощности двигателя на очистку цилиндра от отработавших газов.



Вкладка "Выпуск" из отчёта скрипта Px. Сопротивление выпускной системы в норме.

Чем меньше затраты на выпуск, тем диаграмма располагается ниже.

Наклонная красная линия определяет максимально допустимый предел высоты расположения диаграммы. Положение этой линии было определено экспериментально, путём анализа множества диаграмм с исправных и неисправных автомобилей.

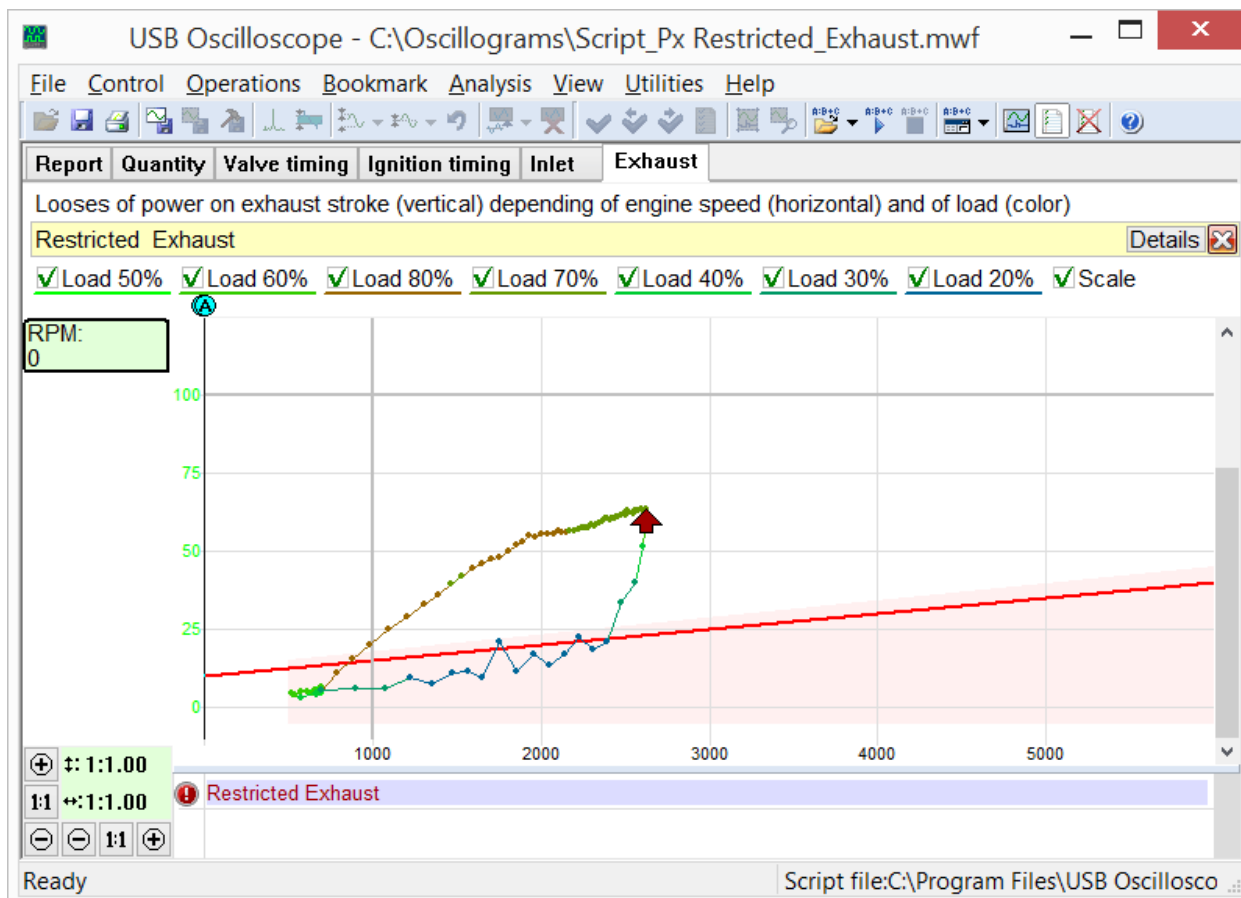


Диаграмма затрат на выпуск двигателя с выпускной системой, забитой вследствие разрушения каталитического нейтрализатора.

Следует заметить, что затраты на выпуск зависят от величины противодействия в выпускном тракте не напрямую. Дело в том, что сама по себе величина пика давления в цилиндре на такте выпуска не является прямой характеристикой динамического сопротивления выпускной системы. Здесь важно учитывать ещё и угол поворота коленвала, на который приходится этот пик. Если на такте выпуска в цилиндре возникает существенное повышение давления и его пик приходится на момент подхода поршня к ВМТ, то это практически не создает сопротивления движению коленвала, поскольку поршень уже почти остановился. Если же этот пик приходится на середину такта выпуска, то возникает значительное сопротивление вращению коленвала, поскольку поршень в этот момент движется с максимальной скоростью.

Андрей Шульгин