

ДИАГНОСТИКА МЕХАНИКИ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПОМОЩИ USB-AUTOSCOPE И СКРИПТА PХ

В условиях рыночной экономики и конкуренции, а особенно в период кризиса необходимо быстро и правильно определить диагноз неисправности. В этом плане важной функцией прибора USB-autoscope является возможность обработки и анализа полученных осциллограмм при помощи алгоритмов, реализованных на базе скриптов (далее - скрипт). Причём при определенном уровне подготовки конечный пользователь может самостоятельно реализовывать нужную ему функциональность. Скрипт не может заменить специалиста-диагноста и выполнить всесторонний анализ, но, тем не менее, зачастую позволяет значительно ускорить обработку информации и представить результаты этой обработки в удобном для восприятия виде, что может значительно снизить количество ошибочных диагнозов.

Скрипт Pх

Одним из примеров применения функции обработки сигнала является скрипт Pх. Данный скрипт создан на языке программирования Java Script и позволяет проводить анализ графика дав-

ления в цилиндре (без воспламенения смеси в диагностируемом цилиндре) работающего четырехтактного двигателя внутреннего сгорания совместно с сигналом о моменте искрообразования для данного цилиндра.

В результате такого "экспресс-анализа" графиков скриптом, в окне программы USB-осциллограф в текстовой и графической форме выводится информация о таких характеристиках двигателя:

- степень сжатия (для данного цилиндра);
- процент потерь рабочей смеси (за 1 цикл работы);
- характеристика подсистемы опережения зажигания в графическом представлении (зависимость угла опережения зажигания от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель);
- пневматическое сопротивление выпускной системы на такте выпуска, так же в графическом представлении.

Рассмотрим каждую из вкладок отчёта скрипта Pх детальнее.

Вкладка "Report"

Классическим методом

измерения механического состояния цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма есть замер компрессии в цилиндре при прокрутке двигателя стартером. Компрессия зависит не только от потерь рабочей смеси, но и от степени сжатия. При диагностике желательно различать низкую степень сжатия и потери рабочей смеси. Снижение компрессии обычно связывают с негерметичностью цилиндра/клапанов, хотя это может быть и следствием снижения степени сжатия. К примеру, согнутый шатун может привести к снижению степени сжатия, и, даже если при этом герметичность цилиндра останется прежней, компрессия всё равно будет снижена из-за уменьшения степени сжатия. Также и при форсировании двигателя постает необходимость измерения степени сжатия.

Скрипт Pх по графику давления в цилиндре рассчитывает величину потерь смеси отдельно, значение степени сжатия отдельно.

Потери рабочей смеси для исправного двигателя

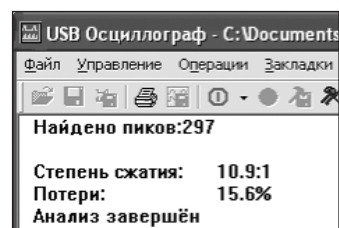


Рис. 2. Текстовый отчёт скрипта Pх (вкладка "Report" отчёта) о величине степени сжатия и потерь рабочей смеси в диагностируемом цилиндре

находятся в пределах 10-15%. Здесь следует отметить особенности алгоритма расчета величины потерь. Величину рассчитанных потерь составляют не только потери газа через неплотности между цилиндром и поршнем или головкой и клапанами, но и тепловые потери. При сжатии газ нагревается, и часть тепловой энергии газа передается поршню, цилиндру и головке. Поэтому даже на полностью исправном двигателе рассчитанные потери составляют около 10%. Потери более 20% являются повышенными и могут свидетельствовать о неисправности цилиндра. Так же как и величина потерь газа, величина тепловых потерь существенно влияет на КПД (коэффициент полез-

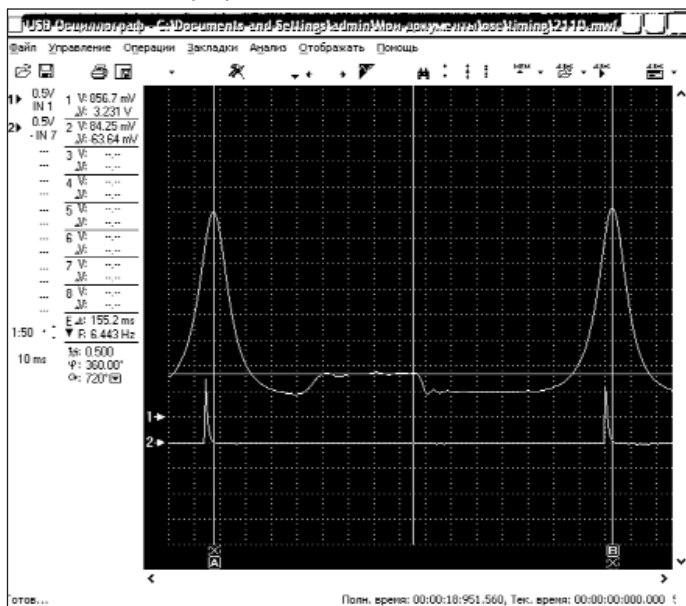


Рис. 1. График давления в цилиндре работающего четырехтактного двигателя без воспламенения рабочей смеси совместно с указывающим момент искрообразования сигналом от датчика первого цилиндра

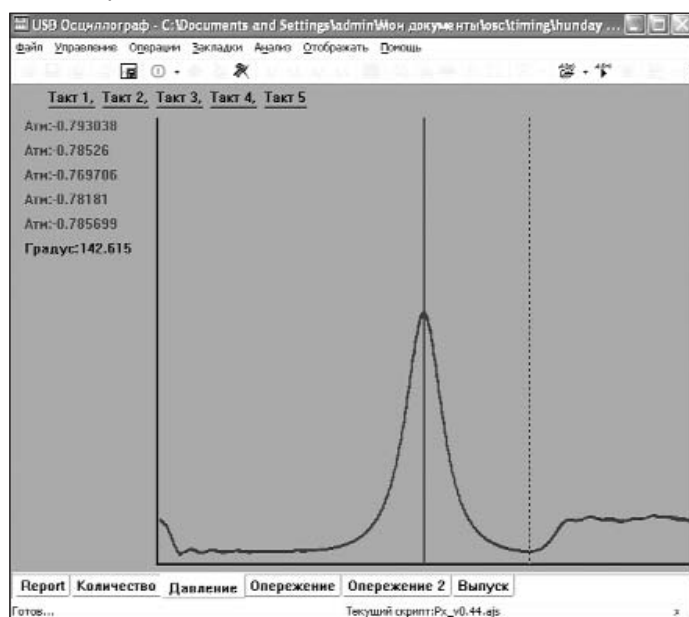


Рис. 3. Вкладка "Давление" из отчёта скрипта Pх, отображающая приведенный в "нормальный" вид график давления в цилиндре

ного действия) двигателя.

Скрипт Rx формирует отчёты так же и в графической форме.

Вкладка "Давление"

На вкладке "Давление" отображается график давления в цилиндре, приведенный в "нормальный" вид.

Слева направо изменяется угол поворота коленвала за один полный цикл. Вертикальной линией обозначен угол 360° (верхняя мёртвая точка после сжатия перед рабочим ходом). На этой линии должен быть расположен пик давления в цилиндре. Данная вкладка позволяет быстро и удобно измерять значения угла поворота коленвала в интересующих диагноста точках графика давления в цилиндре.

Вкладка "Количество"

Вкладка "Количество" отчёта отображает диаграмму количества газа в цилиндре в зависимости от угла поворота коленвала и такта работы цилиндра.

Рассмотрим данную диаграмму более детально.

Фрагменты диаграммы отображены 4-мя различными цветами согласно тактам работы цилиндра:

- зелёный - такт впуска;
- синий - такт сжатия;
- желтый - рабочий ход;
- красный - такт выпуска.

Крайнее левое положение графика совпадает с

верхней мёртвой точкой (далее ВМТ); крайнее правое положение графика совпадает с нижней мёртвой точкой (далее НМТ). Чем выше график - тем большее количество газа находится в цилиндре.

Рассмотрим происходящие в цилиндре процессы. По мере отдаления поршня от ВМТ во время такта впуска, из впускного коллектора в цилиндр "засасывается" рабочая смесь. На диаграмме количества газа в цилиндре это отражается как поднятие графика (график зелёного цвета, рассматривать слева направо).

По достижении поршнем нижней мёртвой точки, поршень меняет направление движения на противоположное и начинает перемещаться обратно от нижней мёртвой точки к верхней мёртвой точке. Но на протяжении ещё некоторого времени количество газа в цилиндре продолжает расти (график синего цвета, рассматривать справа налево). Это происходит потому, что газ ещё продолжает двигаться по инерции и далее наполняет цилиндр.

Максимальное наполнение цилиндра рабочей смесью возникает приблизительно за 155° до ВМТ (для приведенного на иллюстрации примера). Но,

поскольку впускной клапан еще не закрыт, по мере движения поршня к ВМТ часть газа выталкивается обратно во впускной коллектор. И только после того, когда впускной клапан полностью закрывается в положении 140° перед ВМТ (для приведенного на иллюстрации примера), количество газа в цилиндре почти прекращает изменяться, и график принимает вид прямой горизонтальной линии.

После прохождения поршнем ВМТ, сжатый газ "разжимается", и через 140° после ВМТ (для приведенного на иллюстрации примера), в момент непосредственно перед началом открытия выпускного клапана, количество газа в цилиндре получается меньшим по сравнению с количеством газа в цилиндре в момент непосредственно после закрытия впускного клапана. Эта разница в количестве газа является результатом потерь.

Перед моментом открытия выпускного клапана давление газа в цилиндре ниже, чем давление газа в выпускном коллекторе (так как в диагностируемом цилиндре нет воспламенения смеси). Поэтому после открытия выпускного клапана выхлопные газы начинают поступать из выпускного коллектора в цилиндр. После того, как давление в цилиндре уравнивается с давлением в выпускном коллекторе, движущийся к ВМТ поршень начинает выталкивать газы из цилиндра в впускной коллектор.

В районе ВМТ впускной

клапан начинает закрываться, а впускной открываться. После прохождения ВМТ, впускной клапан открывается полностью, и за счёт разрежения во впускном коллекторе оставшаяся часть выхлопных газов "высасывается" из цилиндра во впускной коллектор. Минимальное количество газа в цилиндре возникает приблизительно через 20° после ВМТ (для приведенного на иллюстрации примера). Дальше снова происходит всасывание рабочей смеси на такте впуска.

По диаграмме количества газа в цилиндре отчетливо видны моменты закрытия впускного клапана и момента открытия выпускного клапана относительно нижней или верхней мертвой точки.

Для разных распредвалов угол закрытия впускного клапана и угол открытия выпускного клапана уникальны. Но как для валов с узкими фазами, так и для валов с широкими фазами, разница этих углов не превышает 10°. Ошибка установки ремня ГРМ на один зуб на одnorаспредвальном двигателе приводит к "разбегу" углов закрытия впускного и открытия выпускного клапанов на 30°. Один смещается на ~15° к ВМТ, другой - на ~15° от ВМТ.

Неправильная установка распредвала относительно коленвала проявляется не только как "разбег" углов закрытия впускного и открытия выпускного клапанов, но ещё и как искажение левой части графиков диаграммы.

Если распредвал установлен позже (распредвал опаздывает относительно

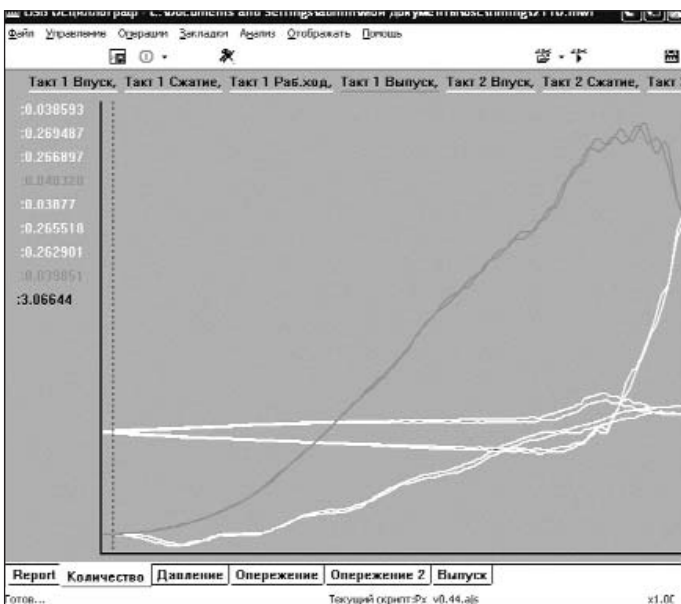


Рис. 4. Вкладка "Количество" из отчёта скрипта Rx, отображающая приведенный в "нормальный" вид график давления в цилиндре



Рис. 5. Фазы газораспределения "стандартного" и "спортивного" распредвалов

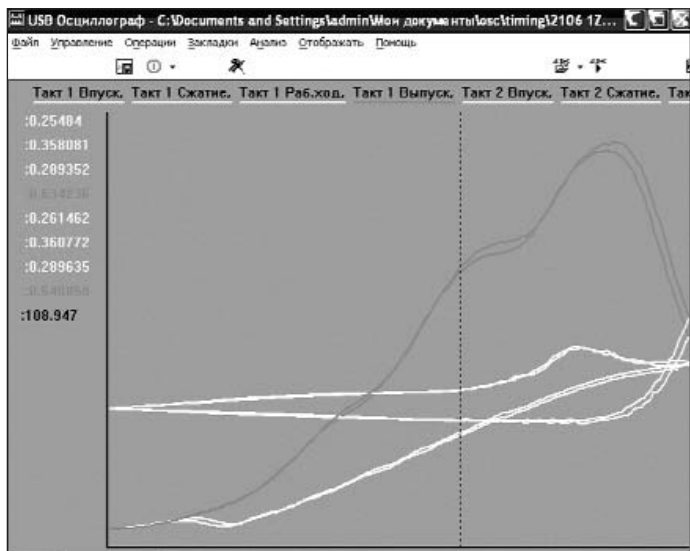


Рис. 6. Распредвал опаздывает относительно коленвала на 1 зуб (на ~15° угла поворота коленчатого вала двигателя)



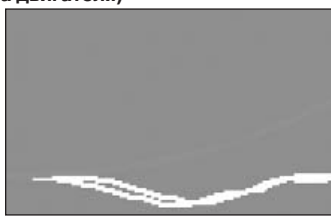
коленвала), то, кроме прочего, в левой части диаграммы график поднимается, повторяя график до определенного угла поворота коленвала.

Если распредвал установлен раньше (распредвал спешит относительно коленвала), то в левой части между графиками образуется значительный угол.

Здесь также проявляется характерная форма графика на фазе перекрытия клапанов.



При правильной установке распредвала, участок наложения графиков в левой части диаграммы горизонтален; продолжительность этого участка зависит от ширины фазы перекрытия клапанов и



формы кулачков распредвала.

Данный подход позволяет определить ошибку в установке ремня либо цепи привода ГРМ для разных типов распредвалов.

Вкладки "Опережение" и "Опережение 2"

Вкладка "Опережение" отображает диаграмму зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель.

По данной диаграмме можно определить характеристики классического зажигания с центробежным и вакуумным регулятором угла опережения зажигания. Нахождение синего графика выше красного показывает работу вакуумной коррекции. Чем больше нагрузка, тем меньше опережение. Наклон по диагонали вправо вверх отображает работу центробежного регулятора. Чем больше обороты, тем больше угол опережения зажигания. Кроме прочего, по графику также можно оценить синхронность работы грузиков центробежного регулятора.

Для полностью электронного зажигания более чита-

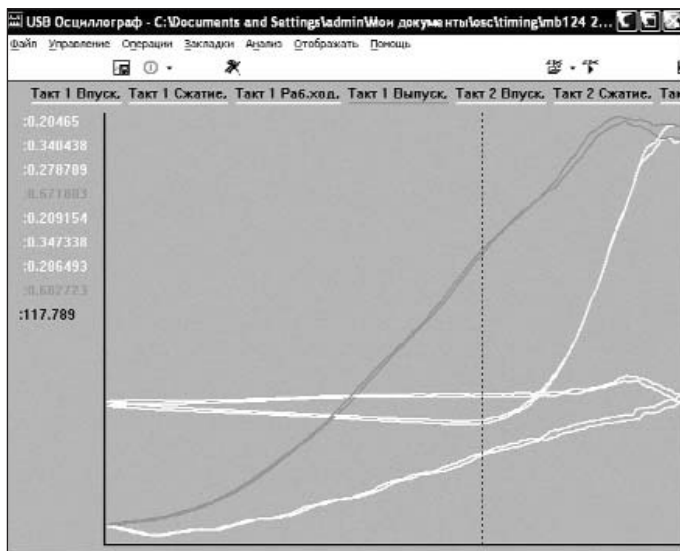


Рис. 7. Распредвал спешит относительно коленвала на 1 зуб (на ~15° угла поворота коленчатого вала двигателя)

белью представлено на вкладке "Опережение 2".

На данной вкладке отображается работа подсистемы опережения зажигания только на частичной и полной нагрузке. В режиме принудительного холостого хода подача топлива в цилиндр прекращается, и угол опережения зажигания не влияет на работу двигателя.

Видимо, вследствие этого, график опережения зажигания для данного режима работы двигателя иногда принимает довольно причудливые и замысловатые формы.

Поэтому для улучшения читабельности, на этот случай была создана вкладка

"Опережение 2", где значения угла опережения зажигания для режима принудительного холостого хода не отображаются.

Вкладка "Выпуск"

Вкладка "Выпуск" показывает величину работы, затрачиваемой поршнем на такте выпуска (другими словами - противодавление выхлопных газов). Величина давления выхлопных газов сама по себе не является прямой характеристикой сопротивления выпускной системы. Например, повышенное давление в момент подхода поршня к ВМТ почти не создает сопротивления движению коленвала, поскольку скорость перемещения поршня в этот мо-

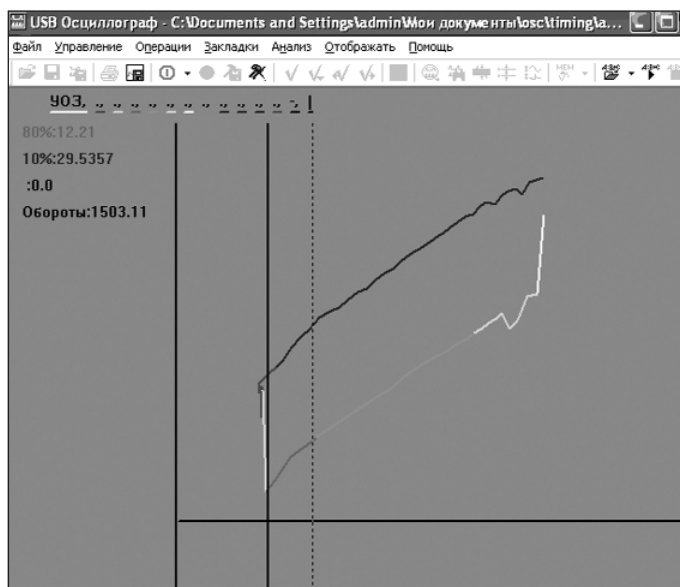


Рис. 8. Диаграмма зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель

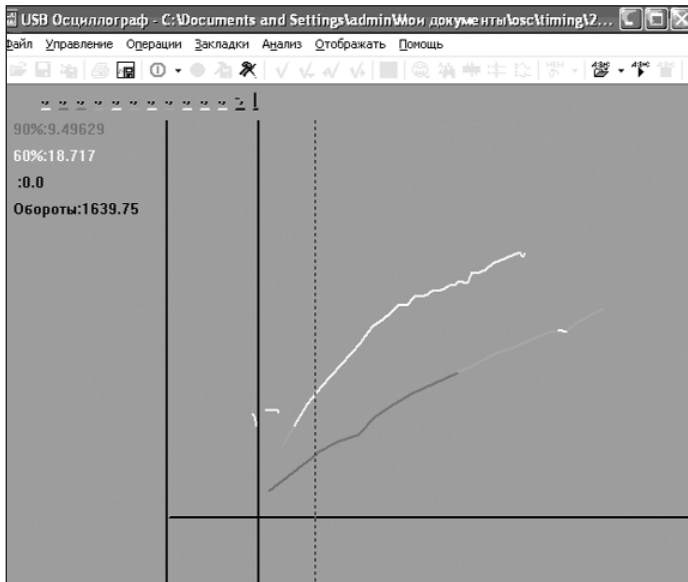


Рис. 9. Диаграмма зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель

мент низкая. Но, например, за 90° до ВМТ даже незначительно повышенное давление создает значительное сопротивление вращению коленвала, поскольку скорость перемещения поршня в этот момент высокая.

Скрипт рассчитывает суммарные потери на выпуск и представляет их в форме диаграммы зависимости количества затрачиваемой работы на "выталкивание" выхлопных газов от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель.

Слева направо отсчитываются частота вращения коленвала. Снизу вверх отсчи-

тывается количество затрачиваемой на выхлоп работы, зависящее как от сопротивления, так и от конфигурации выпускной системы. Цвет графика символизирует нагрузку на двигатель (аналогично цвету графику угла опережения зажигания: от синего - минимальной нагрузки, и до красного - максимальной нагрузки).

Верх диаграммы отображена наклонная линия красного цвета, определяющая величину гранично-допустимых потерь на такте выпуска. Положение линии было определено экспериментальным путем методом анализа множества ос-

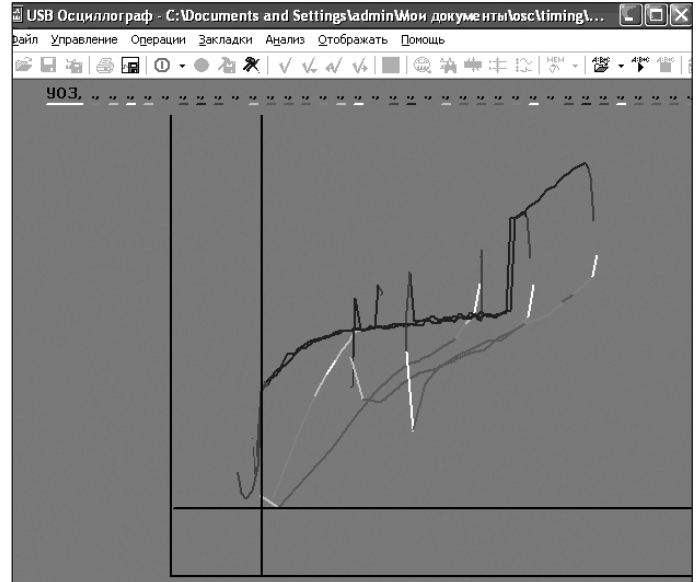


Рис. 10. Диаграмма зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель полностью электронного зажигания

циллограмм, снятых как с неисправных, так и с исправных автомобилей.

Данный метод позволяет различать даже незначительное сопротивление выпускной системы и определять падение мощности на уровне считанных процентов, не дожидаясь значительного ухудшения динамики автомобиля.

Рекомендации

Для правильной работы скрипта запись графика давления в цилиндре необходимо сделать в соответствии с определенными требованиями.

USB-autoscope необхо-

димо включить в режиме "Управление => Загрузить настройки пользователя => Ignition_Timing" и включить запись "Управление => Запись". Оптимальной для анализа является запись работы двигателя на холостом ходу на протяжении 3-5 секунд с последующей резкой "перегазовкой", сбрасыванием газа и плавным поднятием оборотов. При записи следует обращать внимание на правильную форму записанной осциллограммы. Не допускаются прерывания сигнала с датчика давления (вследствие неисправностей сигналъ-

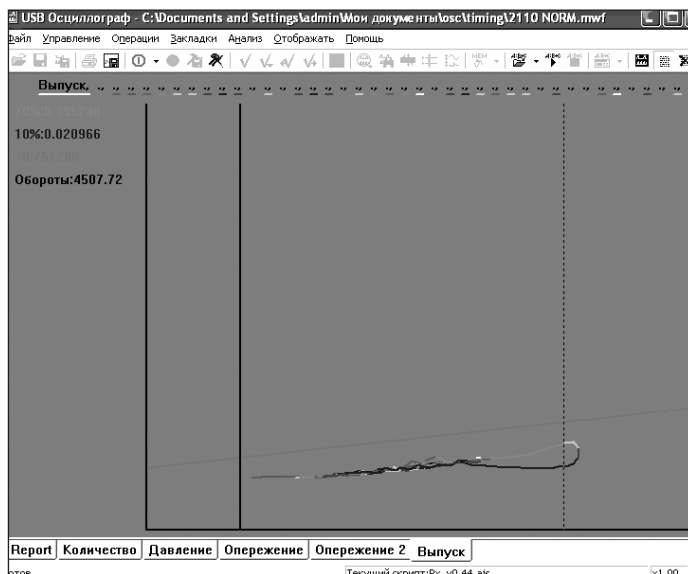


Рис. 11. Диаграмма зависимости количества затрачиваемой работы на "выталкивание" выхлопных газов из цилиндра от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель. Противодавление низкое

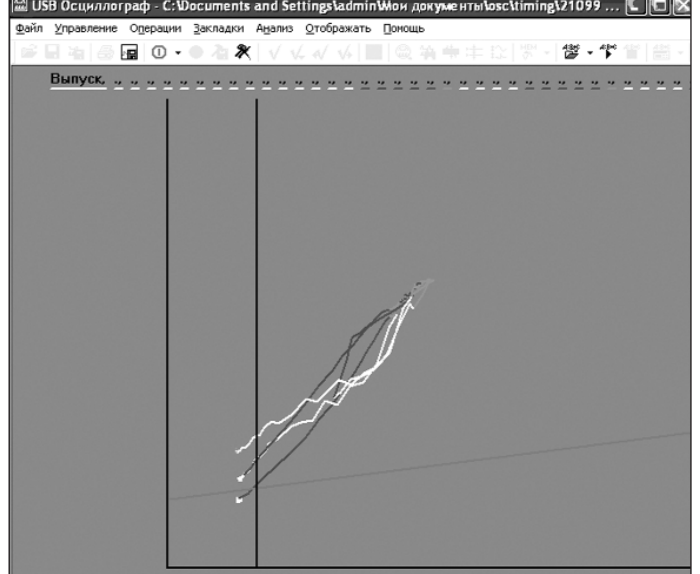


Рис. 12. Диаграмма зависимости количества затрачиваемой работы на "выталкивание" выхлопных газов из цилиндра от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель. Противодавление высокое

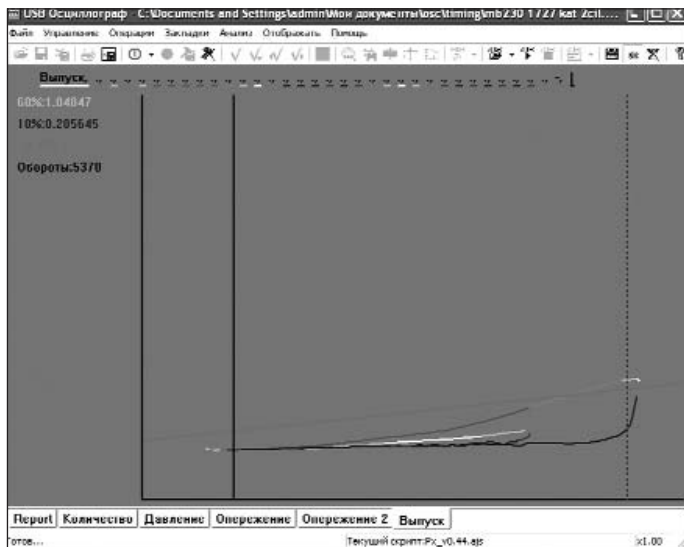


Рис. 13. Диаграмма зависимости количества затрачиваемой работы на "выталкивание" выхлопных газов из цилиндра от частоты вращения коленвала и от нагрузки на двигатель. Противодавление выхлопной системы повышается только при работе двигателя под высокой нагрузкой с высокой частотой вращения коленчатого вала

ных / питающих / соединительных проводов) и значительные наводки на получаемый сигнал от системы зажигания (вследствие неправильно выбранной величины искрового зазора разрядника или вследствие неправильной прокладки проводов от датчика давления к источнику питания и к осциллографу). Сигнал от

датчика синхронизации должен иметь определенную амплитуду и только один пик на один искровой разряд.

Перспективы

Подводя итог, могу сказать, что лично для меня возможность создавать нужную мне функциональность в работе USB-autoscore стала решающей при

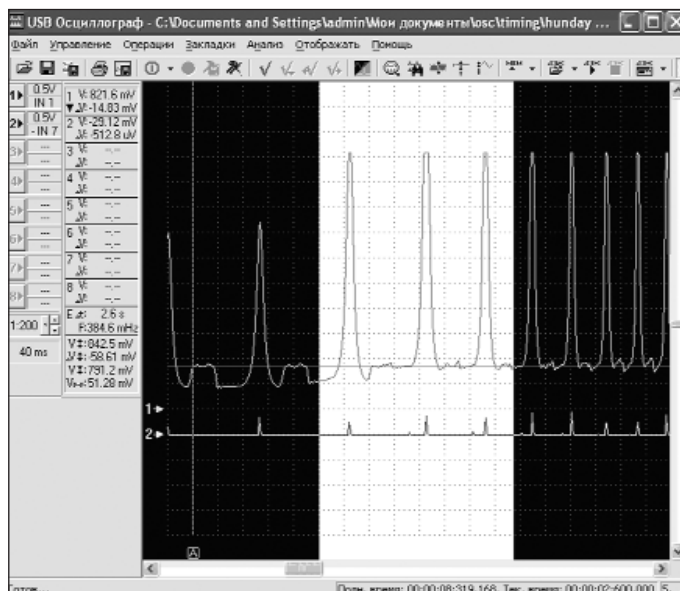


Рис. 14. График давления в цилиндре в момент начала "перегазовки"

выборе записывающего многоканального осциллографа. В ближайшей перспективе планируется создание скрипта по анализу неравномерности вращения коленчатого вала на основе сигнала от индуктивного датчика коленвала или датчика Холла в трамблере, результатом работы которого может быть информация о пропусках воспламенения, об отсутствии компрессии в

каком-либо цилиндре, о "забитости" форсунок, а возможно и других параметрах двигателя. Попутно будут проверяться и характеристики датчиков: индуктивного и Холла. Более полную и свежую информацию всегда можно найти на сайте www.injectorservice.com.ua, в частности по скрипту Pх в разделе Форум.

Андрей ШУЛЬГИН

АВТОНОВОСТИ

ПОД КАЛУГОЙ НАЧАЛОСЬ СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕЛОГО КОМПЛЕКСА ЗАВОДОВ ПО ВЫПУСКУ АВТОКОМПОНЕНТОВ

В Калужской области 16 июля был заложен первый камень в строительство индустриального парка "А-парк", на территории которого разместятся предприятия по выпуску автомобильных комплектующих. Как сообщает ИА "Regnum", "А-парк" расположен на территории промзоны "Грабцево" рядом с российским заводом Volkswagen. Первым потребителем продукции индустриального парка станет завод VW. Строительство первой очереди проекта планируется завершить в следующем году - на территории 6,6 гектара будут построены несколько предприятий по выпуску деталей для автомобилей концерна Volkswagen. Инвестиции в реализацию первого этапа составят 30 млн. евро.

Суммарные инвестиции в создание "А-парка" составят 100 млн. евро: в результате, на территории около 20 гектаров построят более 100 тысяч квадратных метров производственных и офисных площадей. Завершение строительства запланировано на 2012 г. Свое участие в проекте уже подтвердили крупные компании - производители комплектующих: Visteon, Isoplast и Bentler. Кроме того, свой завод под Калугой планирует построить также компания Magna - ее проект оценивается в 20 млн. евро, а выпускаться здесь будут комплектующие для автомобилей Volkswagen.

ПЕРВОМУ 'УРАЛЬЦУ' - 65 ЛЕТ

Автомобильный завод "Урал" Группы ГАЗ отметил 65-летний юбилей со дня выпуска первого грузовика. Первый уральский автомобиль "ЗиС-5В" сошел с конвейера эвакуированного из Москвы в Миасс предприятия 8 июля 1944 года. Это была двухосная бортовая машина упрощенной конструкции с колесной формулой 4x2 грузоподъемностью 3 т. "ЗиС-5В" имел задние механические тормоза, кабину с деревянным каркасом, обшитую рейкой-вагонкой, деревянные подножки и брызговики.

Сейчас завод выпускает полноприводные внедорожные грузовые автомобили 4x4, 6x6, 8x8 грузоподъемностью до 15 т, дорожные грузовики грузоподъемностью до 25 т, вахтовые автобусы и др.

RENAULT TRUCKS РАЗРАБАТЫВАЕТ ГРУЗОВИК БУДУЩЕГО

Инженеры Renault Trucks готовят новый магистральный автопоезд, первая информация о котором весьма скупа. Как следует из названия, "Optifuel Generation 2010", его официальная презентация произойдет в 2010 году, а главным привлекательным качеством для клиентов должна стать экономичность эксплуатации.

Разработчики считают, что им удастся добиться сокращения расхода дизельного топлива на 10 процентов при одновременном снижении выбросов углекислого газа на 15 процентов. Если надежды инженеров сбудутся, максимальную эффективность работы автопоезд должен будет демонстрировать на дальних международных перевозках.