

Использование осциллографических методов при испытаниях и диагностике автотракторных двигателей

Ружило З.В., доц., Герасимчук Ю.А., инж.

(Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины)

В статье представлены методика и оборудование для проведения диагностики систем и механизмов автотракторных двигателей внутреннего сгорания. Наведены осциллограммы измерения физических процессов при проведении испытаний ДВС.

В НУБиП Украины проводится значительный объем научно-исследовательской работы, задачи которой состоят в разработке новых систем регулирования мощности, а также в углубленном исследовании процесса сгорания в бензиновых и дизельных ДВС, что ведет к поиску новых путей по улучшению топливной экономичности и снижению токсичности отработавших газов.

При любом эксперименте достоверные выводы могут быть сделаны лишь на основании опытных данных, имеющих определенный уровень точности. При постановке опытов, прежде всего, должны быть подвергнуты анализу факторы, влияющие на их точность, и на основании такого анализа подобрана соответствующая измерительная аппаратура, а также учтены элементы теории погрешностей и ошибок.

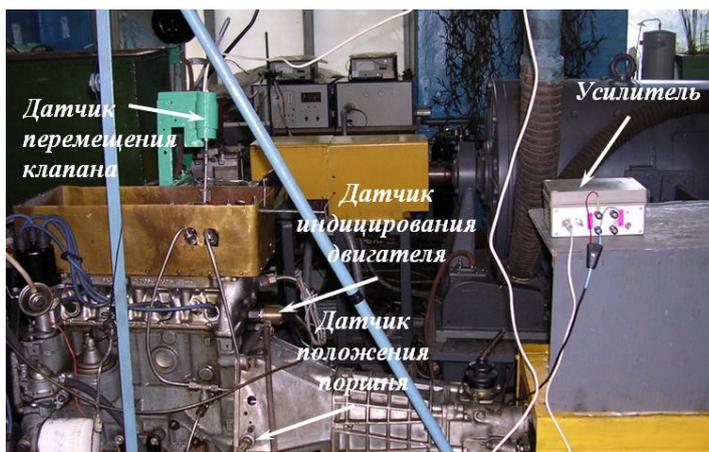
При испытаниях ДВС замеряется частота и неравномерность вращения коленчатого вала, крутящий момент, часовой расход топлива и воздуха, давление и температура окружающей среды, давление в системе смазки, давление топлива в системе питания, температура моторного масла, воды, отработавших газов, температура воздуха на впуске, детонацию, энергию искрообразования и угол опережения зажигания, пульсации во впускном и выпускном коллекторах, расход и пульсаций картерных газов и токсических компонентов в отработавших газах (CO , C_mH_n , NO_x).

Регистрация процесса индицирования ДВС, связанного с записью быстроизменяющихся давлений в цилиндрах, каналах и внутренних полостях двигателей, позволяет с наибольшей надежностью определять среднее индикаторное давление в них и, следовательно, индикаторную мощность двигателя, оценивать особенности отдельных рабочих процессов, механические потери на трение в двигателе, показатели политроп сжатия и расширения, жесткость его работы ДВС, температуру рабочего тела и закономерности выделения тепла при сгорании топлива. Основными датчиками давления являются пьезо- или тензо- датчики, работающие в очень тяжелых условиях, так как температура в камере сгорания составляет более 2000°C , при давлении до $0,5...9 \text{ МПа}$. Для индицирования используются датчики, например, типа 4049А фирмы *Kistler* (рис. 1. а) с водяным охлаждением. Для одновременного создания искры и измерения быстропеременного давления в камере сгорания ДВС используются датчики типа свеча фирмы *Kistler* (рис. 1. б), и ДПС 016 производства Россия г. Пенза (рис. 1 в), которые выпускаются со свечами разных маркировок и типоразмеров.

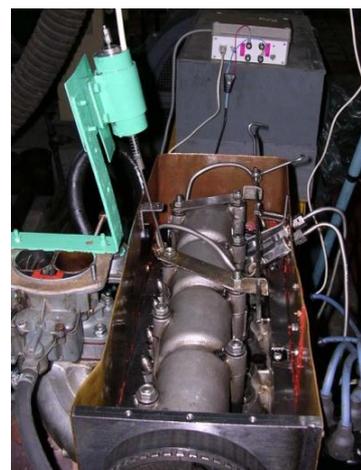


Рис. 1. Датчики для индицирования ДВС

На рис. 2а показаны испытания двигателя ВАЗ-2105, которые выполняются на индукторном тормозе фирмы «*VEM NUMERIK*» мощностью до 150 кВт, а измерение и запись всех параметров работы двигателя, в реальном режиме времени, осуществляется с помощью 8-ми канального USB осциллографа, который подключен к USB-порту компьютера (ПК). Моторный стенд укомплектован измерительными приборами и оборудованием, параметры которых полностью соответствуют требованиям стандартов ГОСТ 14846-81 и DIN 70020, в том числе по точности измерений.



а.



б.

Рис. 2. Моторные испытания двигателя ВАЗ-2105

Осциллографический метод применялся также при исследовании работы газораспределительного механизма. Для записи процесса перемещения клапанов применен индуктивный датчик, включенный в мостовую схему, который предназначен для измерения циклических линейных перемещений механических, гидравлических, электрических клапанов или любых других устройств и деталей, выполняющих возвратно-поступательное движение. Усилитель датчика выдает линейную зависимость напряжение/перемещение ($0,5В/1мм$). Расшифровка записанных осциллограмм дает возможность построить диаграмму фаз открытия и закрытия впускного и выпускного клапана в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

На рис. 2 б представлен двигатель ВАЗ 2105, на котором был смонтирован датчик перемещения клапана. Так как процесс перемещения клапана должен быть записан как у впускного, так и выпускного клапана, то датчик выполнен сдвоенным.

Пример осциллограмм при исследовании рабочего процесса ДВС представлен на рис. 3 (1-й канал: положение поршня 4-го цилиндра в ВМТ; 2-й канал: перемещение впускного клапана; 3-й канал: давление в цилиндре - индицирование; 7-й канал: момент подачи искры в 4-й цилиндр).

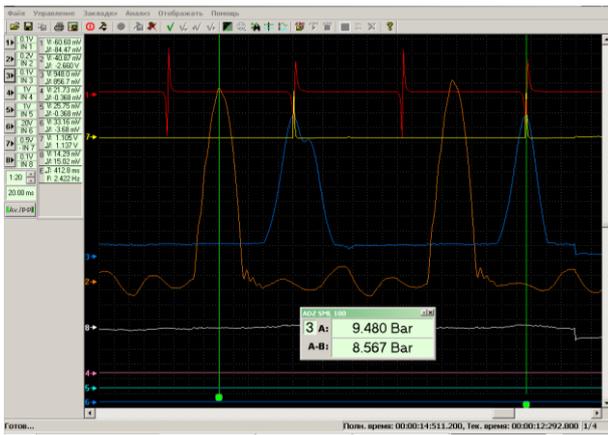


Рис. 3. Пример осциллограмм при исследовании рабочего процесса ДВС

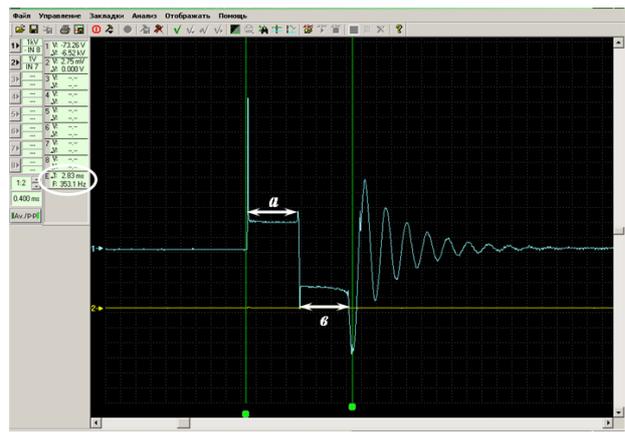


Рис. 4. Фрагмент осциллограммы биполярной системы зажигания

Осциллографический метод позволяет получить наиболее совершенную информацию об электрических процессах при исследовании и разработке новых электронных систем зажигания. Повышение энергии и длительности искрового заряда дает возможность сместить концентрационный предел эффективного обеднения в сторону бедных смесей, повышая экономичность и снижая токсичность отработавших газов ДВС. На рис. 4 представлена осциллограмма экспериментальной системы зажигания, которая имеет биполярный разряд и увеличенную продолжительность разряда 2,83 мс (участок *a-b*), что на 30...50 % больше, чем у серийных систем зажигания, продолжительность которых не превышает 1,2...1,9 мс (рис. 5 участок *c*).



Рис. 5. Фрагмент осциллограммы серийной системы зажигания

Поиск неисправностей в электронных системах управления двигателем резко усложнился и потребовал приборов, сопоставимых по уровню сложности с проверяемыми системами и механизмами. Такую диагностику можно назвать электронной: она позволяет анализировать электронные системы управления при помощи электронного диагностического оборудования. Практика показывает, что, чем сложнее агрегат или система, тем важнее точно определить причину неисправности методом диагностики, которая включает определение технического состояния автомобиля или отдельных его агрегатов безразборными методами. Ошибка при установлении причины неисправности ведет к дополнительным затратам труда и денег, включая стоимость неоправданно использованных запчастей и топлива. Диагностику также проводят с целью оценки остаточного ресурса двигателя (рис. 6).



Рис. 6. Методика проведения диагностики автотракторных ДВС

С помощью осциллографа возможно проводить диагностику всех датчиков электронной системы впрыска (контроль параметров датчиков температуры охлаждающей жидкости, лямбда-зонда, датчика положения коленчатого и распределительного валов, датчика массового расхода воздуха (Mass Air Flow MAF), датчика положения дроссельной заслонки и др.). Полную информацию о работе контактных и бесконтактных (электронных) систем зажигания различных типов, наблюдая изображение сигналов, подключив датчик соответственно к

цепям низкого (клемма первичной обмотки катушки зажигания) и высокого (клемма вторичной обмотки катушки зажигания) напряжения, несут сигналы цепи высокого напряжения, так как конечной целью диагностики является определение напряжения на электродах свечей зажигания. Одна неработающая свеча зажигания шестицилиндрового двигателя снижает мощность двигателя на 20 % и повышает расход бензина на 20...25%. Запаздывание момента воспламенения смеси на 6° по углу поворота коленчатого вала, что незаметно для водителя, снижает эффективную мощность двигателя на 10 %. На рис. 7 чётко видны отклонения формы и параметров импульса зажигания на третьем цилиндре: время горения плазмы меньше нормы, а напряжение пробоя искрового промежутка и напряжение горения плазмы увеличены, вследствие увеличенного искрового зазора на свече зажигания в результате естественного выгорания электродов.

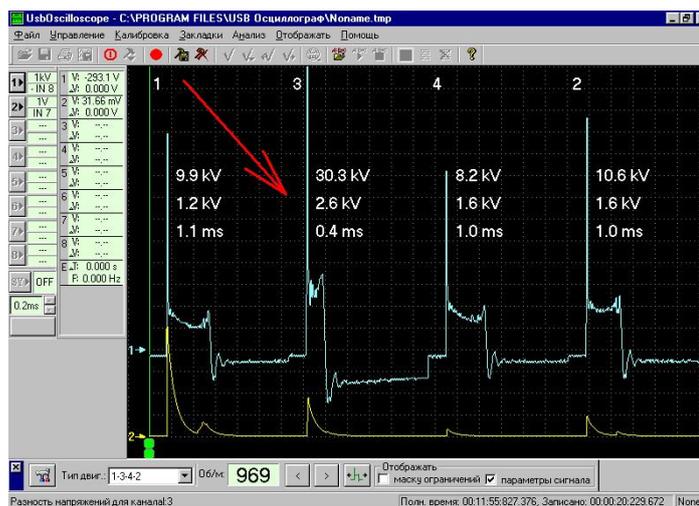


Рис. 7. Осциллограмма неисправной серийной системы зажигания

На рис. 8 представлен фрагмент осциллограммы (*время-напряжение*), в которой время открытия форсунки указано в миллисекундах (*мс*). Время впрыска топлива на прогретом двигателе с исправно работающим лямбда-зондом должно быть в пределах 2,5...2,7 *мс*. Если время впрыска больше чем 3,0 *мс* – форсунки закоксованы и требуют очистки, либо занижено давление в топливной рейке (неисправен бензонасос, малый уровень топлива в баке, сильно загрязнен топливный фильтр или неисправен регулятор давления топлива в системе). ЭДС самоиндукции должен быть в пределах 50...80 *В*, это указывает на то, что форсунка не имеет межвиткового замыкания.

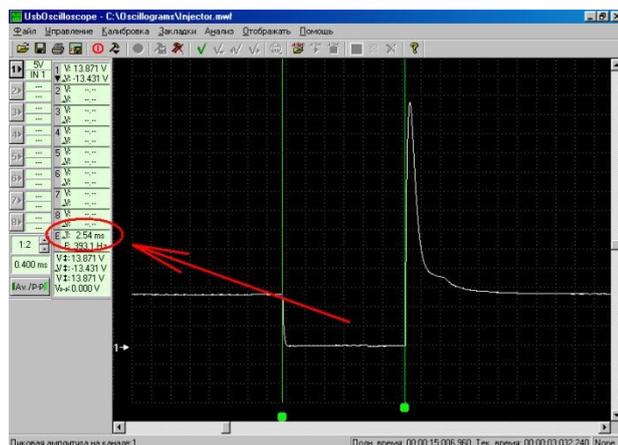


Рис. 8. Осциллограмма сигнала управления форсунками

Лямбда-зонд устанавливается в потоке отработавших газов двигателя и измеряет уровень содержания кислорода в отработавших газах. Анализируя осциллограмму напряжения выходного сигнала лямбда-зонда на различных режимах работы двигателя, можно оценить как исправность самого датчика, так и исправность системы управления двигателем в целом. Признаком неисправного лямбда-зонда является повышенный расход топлива, ухудшение динамики автомобиля, ошутимое снижение мощности двигателя, возможна неустойчивая работа двигателя на холостом ходу. Лямбда-зонд сравнивает уровень содержания кислорода в выхлопных газах и в окружающем воздухе и представляет результат этого сравнения в форме аналогового сигнала (рис. 9).

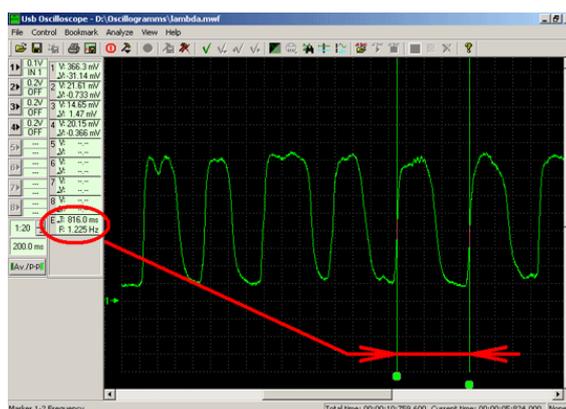


Рис. 9. Осциллограмма выходного напряжения лямбда-зонда BOSCH

При правильном подборе измерительных датчиков осциллографические методы, возможно, использовать не только в целях выявления неисправностей и диагностики систем автомобилей на станциях технического обслуживания, но и в других отраслях машиностроения. Целесообразно адаптировать USB-осциллограф для проведения научно-исследовательских работ.

Список литературы:

1. Герасимчук Ю. А., Постоловский В. Д. Диагностический комплекс на базе 8-ми канального USB-осциллографа // Авто и сервис/ Ноябрь №10. 2004. С. 20-23.
2. Соснин Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автомобильной автоматики современных легковых автомобилей: Учебное пособие. М.: СОЛОН-Р, 2005, 272 с.
3. Ютт В. Е. Электрооборудование автомобилей. - М.: Транспорт, 2006, 287с.

Анотація

Використання осцилографічних методів при випробуванні та діагностиці автотракторних двигунів

Ружило З.В., доц., Герасимчук Ю.А., інж.

В статті представлені методика та обладнання для проведення діагностики систем і механізмів автотракторних двигунів внутрішнього згоряння. Наведені осцилограми виміру фізичних процесів при проведенні випробування ДВЗ.

Abstract

The use of oscillographic methods while testing and diagnostic of auto tractors engines

Rujilo Z., Gerasimchuk Y.

Methodics and equipments for carrying out diagnostic systems of auto tractors internal combustion engines are introduced in the article. Oscillogram dimensions of physical processes in IC engines during testing and final adjustments of their systems were considered.