

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА. СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕ- СКИЙ ОСМОТР АВТОМОБИЛЕЙ

УДК 629.1.05

### ПРОВЕРКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

**А.В. Щербина, старший преподаватель, ЗНТУ**

*Аннотация.* Рассмотрена осциллограмма давления в цилиндре позволяющая судить о техническом состоянии двигателя.

*Ключевые слова:* датчик давления, осциллограмма, верхняя мертвая точка, такт.

### ПЕРЕВІРКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ ДАТЧИКУ ТИСКУ

**А.В. Щербина, старший викладач, ЗНТУ**

*Анотація.* Розглянута осцилограма тиску в циліндрі яка дозволяє судити про технічний стан двигуна.

*Ключові слова:* датчик тиску, осцилограма, верхня мертва точка, такт.

### CHECKING THE TECHNICAL CONDITION OF THE ENGINE USING A PRESSURE SENSOR

**A.V. Shcherbina, senior lecturer, ZNTU**

*Abstract.* We consider the pressure waveform in cylinder allows to judge the technical condition of the engine.

*Keywords:* pressure sensor, waveform, top dead center, cycle.

#### **Введение**

Наиболее сложным и важным агрегатом, от состояния которого зависят многие технические и экономические показатели работы автомобиля, является двигатель. При эксплуатации двигателей, возникают различные неисправности и отказы, при этом многие из них связаны с цилиндропоршневой группой, системами впуска и выпуска. По указанным механизмам и системам очень распространены такие неисправности, как падение мощности, повышенный расход топлива и масла, появ-

ление стуков и вибраций [1]. Поэтому большое внимание при обслуживании двигателей уделяют этим механизмам и системам.

Самыми распространенными методами диагностирования кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов является [2]:

1. Проверка по шумам и вибрациям;
2. Проверка по герметичности над поршневого пространства цилиндров двигателя (по компрессии, прорыву газа в картер двигателя, разрежению на впуске, утечкам сжатого воздуха, сопротивляемости на выпуске и т.д.);

3. Проверка по параметрам картерного масла. Второй пункт этого списка является очень информативным и легко реализуемым с помощью датчика давления вкручиваемым вместо свечи зажигания [3].

Датчик давления предназначен для получения осциллограммы, отражающей изменение давления в цилиндре двигателя [3, 4]. По характерным точкам и участкам осциллограммы давления определяется ряд параметров указывающих на техническое состояние проверяемого цилиндра двигателя, а в некоторых случаях и всего двигателя в целом.

### Постановка задания

Осциллограмма давления в цилиндре (рис. 1) является одним из богатейших источников

диагностической информации. Прежде всего, следует отметить, что эта осциллограмма не отображает те или иные параметры механической части двигателя непосредственно [5, 6]. Она отображает процесс движения газов в цилиндре, по которому можно косвенно судить о работе механизма газораспределения, состоянии цилиндропоршневой группы, проходимости выпускного тракта и многом другом. При этом уклон делается на моменты открытия, закрытия либо перекрытия клапанов. Нужно понимать, что это не есть их реальные геометрические углы, обусловленные конструкцией распределительного вала. Это характерные точки газодинамических процессов в цилиндре, дающие нам лишь косвенную информацию.

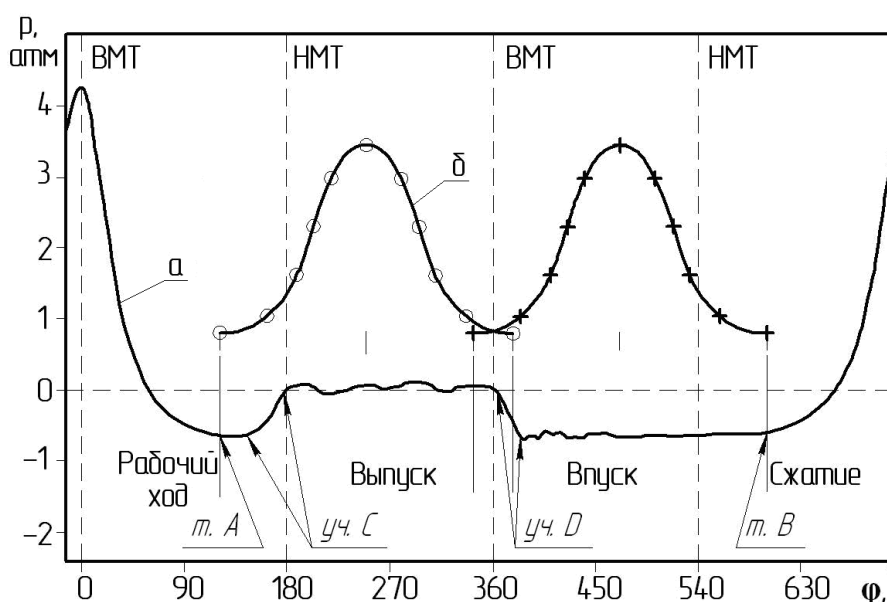


Рис. 1. Осциллограмма давления в цилиндре (норма): кривая а - осциллограмма давления; кривая б - процесс открытия и закрытия клапанов

На осциллограмме давления имеются следующие характерные точки и участки:

т. А - момент начала открытия выпускного клапана, т.е. точка графика давления в цилиндре, начиная с которой в цилиндр начинают перетекать отработавшие газы из выпускного коллектора;

т. В - момент окончания закрытия впускного клапана;

уч. С - участок графика давления в цилиндре, где происходит перетекание отработавших газов из выпускного коллектора в цилиндр;

уч. D - участок графика давления в цилиндре, где происходит перетекание газов из цилиндра во впускной коллектор.

дра во впускной коллектор.

Как известно для получения корректной осциллограммы давления в цилиндре необходимо прогреть двигатель до рабочей температуры, установить в исследуемый цилиндр датчик давления вместо вывернутой свечи зажигания, а высоковольтный провод этой свечи установить на разрядник. При этом если на высоковольтный провод еще установить датчик синхронизации, то можно будет измерить реальный угол опережения зажигания (УОЗ). Если возможно, то необходимо отключить разъем от форсунки диагностиру-

емого цилиндра, чтобы исключить подачу топлива. Максимум давления в цилиндре соответствует верхней мертвой точке (ВМТ). ВМТ такта сжатия диагностируемого цилиндра принимаем за нулевую точку угла поворота коленчатого вала. Осциллограммы давления в цилиндре двигателя необходимо снимать на двигателе работающем на холостом ходу при 800-900 оборотах в минуту.

Таким образом соблюдая выше перечисленные условия осциллограмма давления в цилиндре позволяет определить:

1. Реальный угол опережения зажигания по соотношению ВМТ и импульса высокого напряжения поступающим на свечу зажигания.
2. Состояние механической части по разнице давлений до и после сжатия.
3. Определить потери воздуха в цилиндре.
4. Правильность установки выпускного распределительного вала по углу открытия выпускного клапана.
5. Правильность установки впускного распределительного вала по положению перекрытия клапанов и моменту закрытия впускного клапана.
6. Состояние направляющей втулки выпускного клапана по форме осциллограммы на участке С.
7. Пропускимость выпускной системы по зна-

чению давления в момент выпуска газов.

8. Наличие и значение вакуума во впускном коллекторе.

9. Наличие ослабления натяжения ремня ГРМ по разнице углов перекрытия клапанов от кадра к кадру осциллограммы, то есть от цикла к циклу в цилиндре двигателя.

Суть методики в определении серьезных механических потерь в том, что сравнивается давление до ВМТ такта сжатия и после него. Условно можно принять что сравнивают давление в точке А (открытие выпускного клапана) и давление в точке Е (рис. 2). При сжатии поршнем газов часть из них неизбежно просочится через уплотнения цилиндра, вследствие чего давление в точке А относительно точки Е упадет. В то же время, температура газов вырастет вследствие сжатия их поршнем и контакта с горячими стенками цилиндра, что приводит к росту давления. Поэтому у исправного двигателя давление в точке Е должно быть приблизительно равно давлению в точке А. Если же в цилиндре имеются серьезные механические дефекты (прогар клапана, сломанные кольца, неисправность в механизме газораспределения), то давление т. Е будет заметно выше давления т. А из-за значительной утечки сжимаемых в цилиндре газов (рис. 2).



Рис. 2. Осциллограмма давления в цилиндре двигателя с потерями воздуха

Герметичность цилиндров также можно определить с помощью следующей методики (рис. 2). Берется исходная точка (т. 1), кото-

рая находится на пересечении нулевой линии шкалы (что является атмосферным давлением) с линией начала роста давления пе-

ред ВМТ (слева от ВМТ такта сжатия) тем самым получена точка с двумя координатами по угловому положению коленчатого вала (КВ) и по давлению. Таким образом мы определяем исходную точку для сравнения объема воздуха до такта сжатия и после него. Затем мы находим соответствующую точку после ВМТ с точно таким же объемом воздуха над поршнем (т. 2). Для этого используем как определяющий параметр угловое положение КВ до ВМТ и после нее, так как по угловому положению КВ мы можем определить при необходимости положение поршня и саму величину объема. Тем самым обеспечивается равенство объемов в точках слева и справа от ВМТ. Полученная вторая точка (т.2) будет иметь такое же угловое положение КВ, но уже другое значение давления, которое фактически является разрежением.

Таким образом поршень, вернувшись в исходную точку, создал в цилиндре разрежение - это разрежение является следствием утечек воздуха из цилиндра. При нулевых потерях разрежение бы не возникло, т.е. давление в цилиндре оказалось бы равным атмосферному как было в исходной точке. Процент потерь определяется как

$$П = (P1 - P2) \cdot 100\%$$

где  $P1 - P2 = P_{рз}$  - это разрежение в цилиндре,  $P1$  - атмосферное давление.

В соответствии с этой методикой потери в: 0 - 10% – потери в норме, двигатель в хорошем техническом состоянии; 10 - 15% – потери выше нормы, двигатель в удовлетворительном состоянии;

больше 15% – критические потери, двигатель в плохом состоянии.

О правильности установки выпускного распределительного вала на двухвальном двигателе либо распределительного вала на одновальном двигателе можно судить по углу открытия выпускного клапана (т.А). Если т. А находится в пределах диапазона  $130^\circ \dots 160^\circ$  после ВМТ  $0^\circ$  ( $50^\circ \dots 20^\circ$  перед НМТ  $180^\circ$ ), то момент начала открытия выпускного клапана считают установленным правильно. Такие же выводы можно сделать если центр участка С находится в пределах диапазона  $170^\circ \dots 195^\circ$  после ВМТ  $0^\circ$  ( $-10^\circ \dots +15^\circ$  от НМТ  $180^\circ$ ).

Если точка В (конец закрытия впускного клапана) находится в пределах  $560^\circ \dots 600^\circ$  после ВМТ  $0^\circ$  ( $20^\circ \dots 60^\circ$  после НМТ  $540^\circ$ ) и если центр участка D находится в пределах  $370^\circ \dots 390^\circ$  после ВМТ  $0^\circ$  ( $\pm 10^\circ$  от отметки  $380^\circ$  после ВМТ  $0^\circ$ ), то момент конца закрытия впускного клапана считают установленным правильно, а соответственно правильно установлен распределительный вал двигателя.

На участке нарастания давления (уч. С), после т. А происходит процесс открытия выпускного клапана. Этот участок осциллограммы должен быть гладким. Наличие неровностей в виде всплесков или даже «пилы» говорит о значительном износе направляющей втулки выпускного клапана. Вибрация последнего при открытии и является причиной пульсаций давления. Ниже приведен пример осциллограммы такого явления (рис. 3).

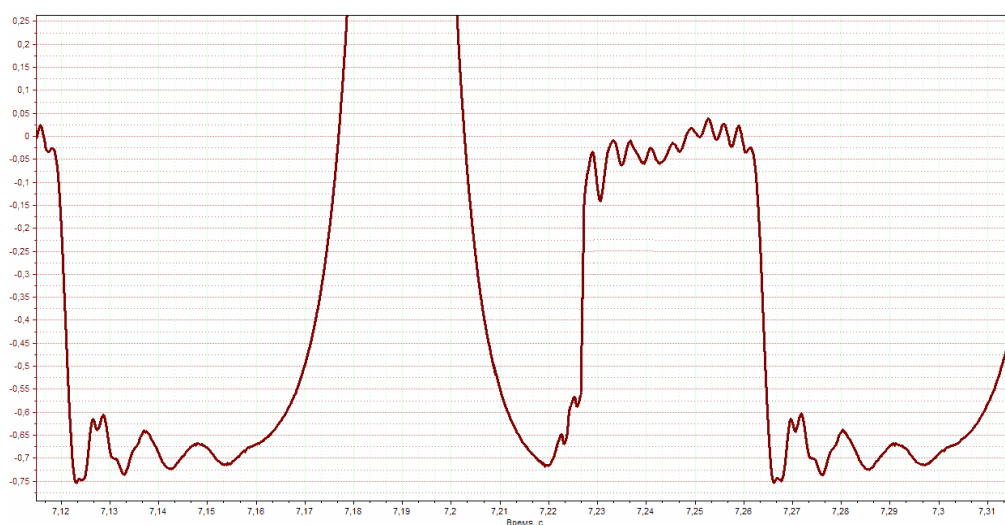


Рис. 3. Осциллограмма давления в цилиндре двигателя с изношенной клапанной втулкой

При 180 градусах поворота коленчатого вала поршень попадает в нижнюю мертвую точку. Участок осциллограммы от этой точки до точки 360 градусов соответствует движению поршня вверх, к ВМТ такта выпуска, или ВМТ 360 градусов. После выравнивания давления в цилиндре в выпускном тракте начинается вытеснение газов из цилиндра. В этот момент выпускной клапан открыт, а поршень движется вверх. Другими словами, давление в цилиндре фактически есть ни что иное, как давление в выпускном тракте. Это позволяет нам сделать вывод о проходимости выпускного тракта.

Вполне нормальным считается давление на этом участке в пределах 0,1-0,15 атм. Если оно значительно выше, до 1-1,5 атм (рис.4), это однозначно указывает на внутреннее разрушение катализатора либо глушителя. Незначительные превышения также чаще всего бывают связаны с теми или иными внутренними разрушениями, хотя также возможен износ кулачка выпускного клапана. Этот участок осциллограммы особенно информативен, если поднять обороты холостого хода до 2000, то в случае внутреннего разрушения выпускного тракта давление в нем будет относительно высоким, до 2-3 атм.

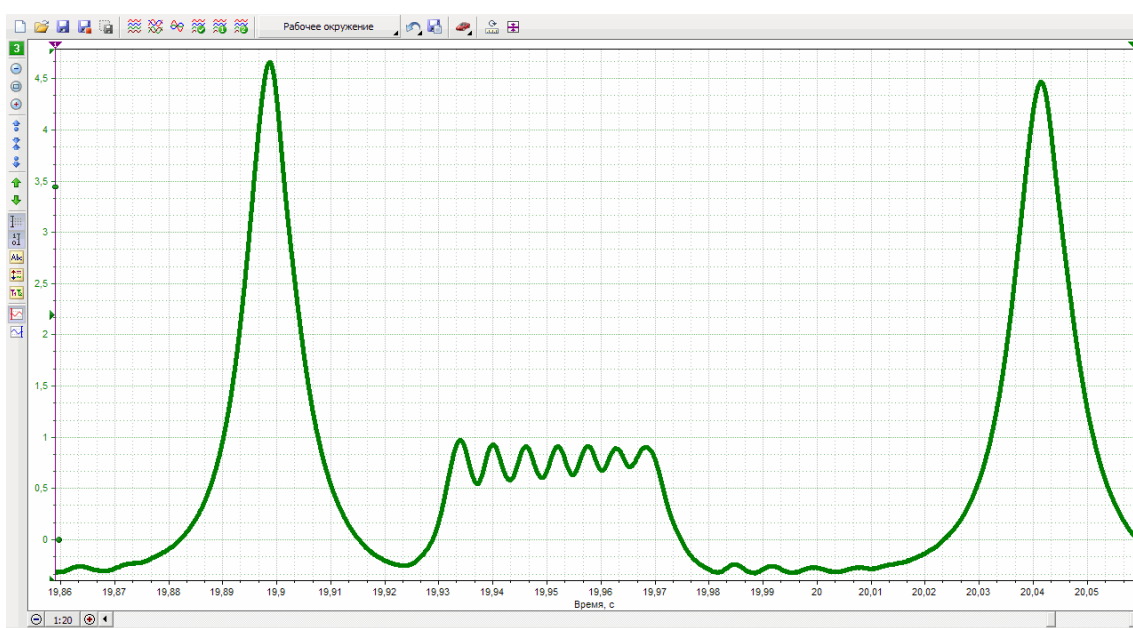


Рис.4. Осциллограмма давления в цилиндре двигателя с внутренним разрушением катализатора либо глушителя

Когда поршень, достигнув ВМТ такта выпуска (360 градусов), изменит направление движения на противоположное, то выпускной клапан уже почти закрыт. Вследствие этого внутренний объем цилиндра разобщается с выпускным коллектором. Впускной клапан при этом продолжает открываться, и давление в цилиндре начинает уравниваться с давлением во впускном коллекторе. Так как значение давления в цилиндре достаточно высокое, газы из цилиндра начинают перетекать во впускной коллектор, где давление значительно ниже атмосферного. Вскоре давления в цилиндре и впускном коллекторе практически выравниваются. Поршень при этом движется вниз, впускной клапан открыт, и значение давления на участке впуска

есть ни что иное, как вакуум во впускном коллекторе. Его усредненное значение на исправном двигателе составляет 0,6 атм. Если значение вакуума ниже, это повод искать причину дефекта.

Говоря о ВМТ выпуска, следует обратить внимание на характерную точку, соответствующую перекрытию клапанов. Речь идет о газодинамическом перекрытии, когда проходные сечения канала впуска и выпуска уравниваются. Так как диаметры тарелок впускного и выпускного клапанов различны, то перекрытие наступает при различных значениях вылета этих клапанов. На некоторых двигателях геометрическое перекрытие клапанов может отсутствовать вообще. Но вир-

туальное газодинамическое перекрытие присутствует всегда, независимо от конструкции двигателя. На осциллограмме этот момент соответствует началу резкого спада давления в конце такта выпуска. Для оптимальной работы двигателя момент газодинамического перекрытия должен совпадать с отметкой 360 градусов, что и наблюдается при исследовании двигателей разных производителей.

Если при анализе осциллограммы давления в цилиндре окажется, что момент перекрытия изменяет свое положение от цикла к циклу (от осциллограммы к осциллограмме), то это говорит об ослаблении натяжения ремня ГРМ.

### Выводы

Таким образом зная значения характерных точек и участков осциллограммы давления можно легко и быстро судить о работе механизма газораспределения, состоянии цилиндропоршневой группы, проходимости выпускного тракта и о многом другом.

### Литература

1. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и

двигателей: Учеб. для студ. сред. проф. учеб. заведений. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 496 с.

2. Хрулев А.З. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практ. издание М.: Издательство "За рулем", 1998. - 440 с.
3. Захаров Л.А., Химич В.Л. Построение диаграмм изменения параметров рабочих процессов, сил и моментов в кривошипно-шатунном механизме. Учебное пособие. – НГТУ, Нижний Новгород, 2000. – 238 с.
4. Самойленко А. Ю. Определение среднего индикаторного давления на основе гармонического анализа индикаторной диаграммы дизеля // Двигателестроение – 2004. - N 1. - С. 17 – 19
5. <http://www.quantexlab.com/>
6. <http://www.autodiagnos.com.ua/>

Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 28 травня 2015 р.