

УДК 629.083:621.431

## АНАЛИЗ МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ФИРМЫ BOSCH

И.Ю. Сараева, доцент, к.т.н., Д.В. Бекетов, студент, ХНАДУ

*Аннотация.* Рассмотрен метод диагностирования цилиндропоршневой группы путём косвенной оценки компрессии двигателя прибором FSA 740 Bosch. Синтез косвенного и прямого измерения давления в конце такта сжатия позволяет быстрее проводить диагностирование при исправном двигателе и получать первичный диагноз при наличии неисправности.

*Ключевые слова:* измерения, компрессия, диагностика, косвенный метод, цилиндропоршневая группа.

## АНАЛІЗ МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЛАДНАННЯ ФІРМИ BOSCH

І.Ю. Сараєва, доцент, к.т.н., Д.В. Бекетов, студент, ХНАДУ

*Анотація.* Розглянуто метод діагностування циліндропоршнєвої групи шляхом непрямої оцінки компресії двигуна приладом FSA 740 Bosch. Синтез непрямого і прямого вимірювання тиску в кінці такту стискування дозволяє швидше проводити діагностування при справному двигуні й отримувати первинний діагноз за наявності несправності.

*Ключові слова:* виміри, компресія, діагностика, непрямий метод, циліндропоршнєва група.

## ANALYSIS OF DIAGNOSTIC METHOD OF ENGINE PISTON-CYLINDER-UNIT USING «BOSCH» EQUIPMENT

I. Saraieva, Associate Professor, Candidate of Technical Science,  
D. Beketov, student, KhNAHU

*Abstract.* The method of piston-cylinder-unit diagnosing by means of indirect assessment of engine compression by FSA 740 Bosch appliance is considered. Synthesis of direct and indirect methods of pressure measuring at the end of compression stroke allows to faster diagnosing in working order and for obtaining the primary diagnosis in case of defects detecting.

*Key words:* measurements, compression, diagnostics, indirect method, piston-cylinder-unit.

### Введение

В экономике современного государства автомобильный транспорт играет огромную роль. С каждым днем автомобильный парк мира интенсивно увеличивается, главным образом за счет частных легковых автомобилей. Функциональные возможности автотранспортного средства в процессе эксплуатации под воздействием разных факторов ухудшаются. В связи с этим необходимо пе-

риодически выполнять комплекс операций, которые помогут выявить технические неисправности.

С развитием автомобильной техники процесс технического диагностирования получил свое логическое продолжение в виде развития автоматизированных систем контроля. Современное диагностическое оборудование позволяет контролировать все электронные системы автомобиля, включая комплексную систему управления двигателем. Однако су-

существует большая проблема в оценке исправности как двигателя в целом, так и его отдельных узлов и агрегатов. Так, всеми известными фирмами-производителями диагностического оборудования, BOSCH, MATCO, ZECA и другие – не дают возможности продиагностировать некоторые детали двигателя внутреннего сгорания, например детали цилиндропоршневой группы.

### Анализ публикаций

Для определения состояния ЦПГ двигателя по косвенным диагностическим параметрам применяют специальные методы технического диагностирования двигателя. Комплексный анализ методов технической диагностики ЦПГ подробно отображается во многих работах.

Климпуш О.Д. установил зависимости изменения мощности механических потерь, амплитуды вибрации и температуры отработавших газов от износа ЦПГ [1]. Однако чувствительность этих параметров к износу ЦПГ незначительна. Более высокой чувствительностью отличаются расход масла, утечка сжатого воздуха, прорыв газов в картере двигателя и температура отработавших газов. При предельных износах ЦПГ значения этих параметров отличаются от исходных в 3–5 раз.

Толстой В.А. в качестве параметров, характеризующих техническое состояние ЦПГ, исследовал такие диагностические параметры как расход картерных газов, компрессия, разрежение во впускном коллекторе, расход масла, температура отработавших газов [2]. Было установлено, что наибольшей информативностью обладают прорыв газов в картер, расход масла и утечки сжатого воздуха при положении поршня в начале такта сжатия.

Исследования Ждановского Н.С. связаны с оценкой общей герметичности цилиндра по скорости нарастания давления воздуха в нем. Этот метод позволяет определить герметичность в положении, которое соответствует максимальному зазору в сопряжении поршень-гильза [3]. Скорость изменения давления воздуха в цилиндре имеет максимальное значение при незначительном угле поворота коленвала, примерно 30° до ВМТ, как для нового, так и для предельно изношенного двигателя. Данному методу диагностирова-

ния по скорости нарастания давления присущи те же недостатки, которые характерны для метода диагностирования ЦПГ с помощью компрессометра.

В работе Митрохина Н.Н. подчеркивается, что при плохом контроле качества сборки в сопряжении цилиндр-гильза у нового ЗИЛ-130 может колебаться в пределах 0,06–0,13 мм, что существенно влияет на величину компрессии двигателя [4].

### Факторы, влияющие на процесс диагностирования ЦПГ

При диагностировании двигателя, а именно деталей ЦПГ, важнейшим показателем является величина компрессии. Компрессия (от лат. compressio – сжатие) – сжатие газа под действием внешних сил для уменьшения его объема, повышения давления и температуры.

При измерении компрессии следует учитывать ряд важных факторов, которые в значительной степени влияют на ее величину:

- температура двигателя – она, повышаясь, увеличивает компрессию, так как детали лучше прилегают друг к другу, принимая размеры и взаимное положение, больше соответствующие рабочим;
- масло, поступившее в камеру сгорания через направляющие втулки клапанов, поршневые кольца, систему вентиляции картера и уплотнения турбокомпрессора, существенно повышает компрессию, так как оказывает уплотняющее действие;
- топливо, поступившее в цилиндр в виде капель, напротив, снижает компрессию, так как разжижает и смывает масло с деталей и не оказывает уплотняющего действия из-за малой вязкости;
- обороты коленчатого вала – чем они больше, тем меньше утечки через неплотности, тем выше компрессия;
- степень загрязнения воздушного фильтра;
- положение дроссельной заслонки.

Компрессию измеряют как с открытой, так и с закрытой дроссельной заслонкой. При этом каждый из способов дает свои результаты и позволяет определять свои дефекты.

Так, когда заслонка закрыта, в цилиндры, очевидно, поступит мало воздуха, поэтому компрессия будет низкой и составит около 0,6–0,8 МПа. Утечки воздуха в этом случае сравнимы с его поступлением в цилиндр.

Вследствие этого компрессия становится особо чувствительной к утечкам – даже при малых неплотностях ее значение падает в несколько раз. Эта посылка позволяет сделать выводы или предположения о следующих дефектах двигателя: не вполне удовлетворительное прилегание клапана к седлу; зависание клапана, например, из-за неправильной сборки механизма с гидротолкателями; дефекты профиля кулачка распределительного вала в конструкциях с гидротолкателями, в том числе неравномерный износ или биение тыльной стороны кулачка; негерметичность, вызванная прогаром прокладки головки или трещиной в стенке камеры сгорания.

При измерении компрессии с открытой заслонкой картина будет иной. Большое количество поступившего воздуха и рост давления в цилиндре, конечно, способствуют увеличению утечек. Однако они заведомо меньше подачи воздуха. Вследствие этого компрессия падает не столь значительно (приблизительно до 0,8–0,9 МПа). Поэтому способ замеров с открытой заслонкой лучше подходит для определения более «грубых» дефектов двигателя, таких как поломки и прогары поршней, поломки или зависание (закосовывание) колец в канавках поршня, деформации или прогары клапанов, серьезные повреждения (задиры) поверхности цилиндров.

В обоих способах измерения желательно учитывать динамику нарастания давления – это поможет установить истинный характер неисправности с большей вероятностью. Так, если на первом такте величина давления, измеряемая компрессометром, низкая (0,3–0,4 МПа), а при последующих тактах резко возрастает, – это косвенно свидетельствует об износе поршневых колец. В таком случае заливка в цилиндр небольшого количества масла (3–5 см<sup>3</sup>) сразу увеличит не только давление на первом такте, но и компрессию.

Основное правило, которое следует помнить: в большинстве случаев результаты замеров компрессии являются относительными. Это значит, что в первую очередь необходимо опираться на разницу в значениях компрессии у различных цилиндров, а не на саму ее абсолютную величину.

## Анализ и результаты диагностирования ЦПГ

На сегодняшний день разнообразие компоновки и конструкции автомобильных двигателей ставят непростые задачи при измерении величины компрессии. Самым распространенным прибором для этих целей является компрессометр, однако возникают большие проблемы при демонтаже свечей зажигания, а в некоторых случаях доступ к ним вообще невозможен без частичного снятия навесного оборудования двигателя.

Быстро и эффективно измеряют компрессию современные мотортестеры. Эти приборы фиксируют фактически не давление, а амплитуду пульсации электрического тока, потребляемого стартером во время прокрутки, – ведь чем выше давление в цилиндре, тем больше затраты мощности стартера на вращение коленвала. Тем самым удается одновременно измерить компрессию во всех цилиндрах всего за несколько оборотов, не прибегая к выворачиванию свечей, что особенно важно для многоцилиндровых двигателей; недостаток мотортестера – получаемые результаты выражаются в относительных единицах, например, в процентах к цилиндру, работающему лучше. Лишь самые дорогие мотортестеры способны измерять абсолютную величину компрессии в каждом цилиндре, но это возможно только на основе большого числа статистических данных по конкретной модели двигателя и их сопоставления с действительным давлением в цилиндре.

При измерении компрессии необходимо придерживаться следующих правил:

- аккумуляторная батарея должна быть полностью заряжена, клеммы не окислены;
- стартер должен быть исправен;
- обеспечить наличие контакта в соединениях датчиков.

Основное достоинство современных диагностических мотортестеров – их универсальность и возможность использовать методы диагностики, связанные с электрическими измерениями прямых или косвенных параметров.

Для определения компрессии косвенным методом использовался диагностический ком-

плекс Bosch FSA 740, результаты измерений приведены на рис. 1.

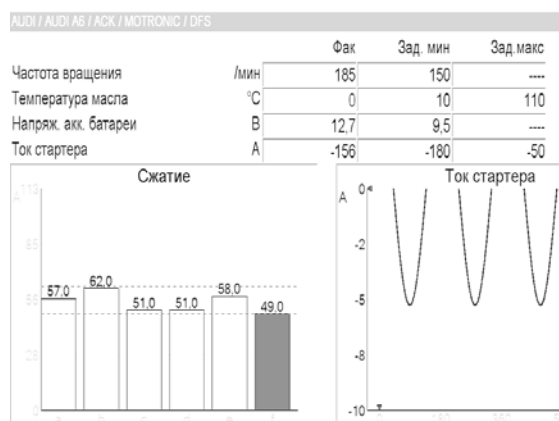


Рис. 1. Результаты диагностирования двигателя AUDI A6: a, b, c, d, e, f – цилиндры двигателя, «- - - -» – обозначение границы эталонных значений

Косвенный метод измерения ЦПГ имеет ряд преимуществ:

- измерения проводятся одновременно для всех цилиндров двигателя при одинаковом тепловом и нагрузочном режиме;
- результаты измерений наглядны, выводятся в виде диаграмм и отображают полную картину диагностирования;
- наличие эталонного коридора минимальных и максимальных значений измеряемой величины;
- возможность безразборного и быстрого диагностирования.

Результаты диагностирования в этом случае абсолютно неинформативны, и без дополнительных измерений компрессометром ничего нельзя сказать о состоянии ЦПГ (рис. 2).

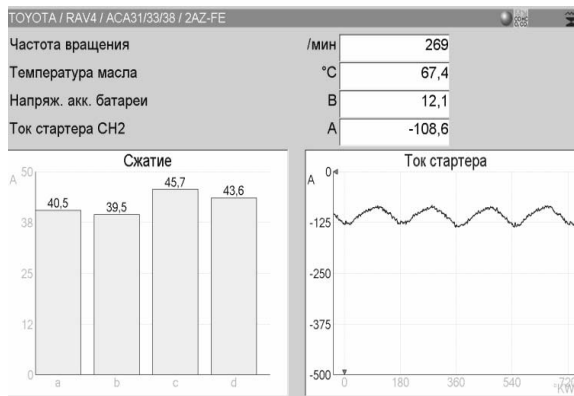


Рис. 2. Результаты диагностирования двигателя TOYOTA RAV4: a, b, c, d – цилиндры двигателя

В данном случае отсутствует эталонный коридор измеряемой величины, регистрируются только фактические параметры и результаты измерений не несут в себе никакой диагностической информации. Ситуация осложняется тем, что отсутствует формула пересчета «А – МПа». Поэтому возникает необходимость проведения дополнительных исследований по определению величины компрессии косвенным методом.

Для сравнения провели измерение абсолютной величины компрессии компрессометром, были получены следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1 Результаты измерений

Марка автомобиля	Единицы измерения	Цилиндры			
		1	2	3	4
VW Golf	МПа	1,4	1,44	1,41	1,4
	A	32,2	36,4	39,5	34,4
BA3 2109	МПа	1,05	1	0,8	0,9
	A	40,5	43,6	39,5	45,7

Анализируя результаты, приходим к выводу, что получить универсальную математическую зависимость для пересчета силы тока в величину давления не получится, поскольку значению 32,2 А при диагностировании VW Golf соответствует давление 1,41 МПа, а при диагностировании автомобиля BA3-2109 большему значению тока в 40,5 А соответствует меньшее значение компрессии – 1,05 МПа.

Номенклатура показателей приспособленности к диагностированию включает в себя:

- среднюю оперативную трудоемкость либо среднюю оперативную продолжительность  $T_{cp}$  данного вида диагностирования;
- коэффициент безразборного диагностирования.

Средняя продолжительность диагностирования ЦПГ и герметичности клапанов двигателя в основном зависит от количества цилиндров и особенности конструкции двигателя в плане удобства проведения монтажных работ. Для четырехцилиндровых двигателей это время составляет 20 мин, для шестицилиндровых – 30 мин при прямом методе измерения (компрессометром).

При диагностировании косвенным методом с использованием мотортестера, например, фирмы BOSCH, это время сокращается

в 3–5 раз и составляет порядка 5 минут независимо от количества цилиндров двигателя.

Однако при обнаружении потери компрессии или тенденции к снижению оборотов коленчатого вала, процесс диагностирования и постановки диагноза с использованием мотортестера может затянуться на неопределенное время.

Коэффициент безразборного диагностирования определяется отношением числа контролируемых параметров объекта, для которых не требуется проведение демонтажных работ, к общему числу контролируемых параметров [5]:

$$K_{б.д} = \frac{P_k}{P_n}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – число контролируемых параметров данного вида диагностирования;  $P_n$  – общее число контролируемых параметров.

При определении герметичности камеры сгорания двигателя ГОСТ 23435-79 [6] должны проверяться следующие структурные параметры: зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки, зазор в стыках поршневых колец, зазор между цилиндром и поршнем в верхнем поясе, зазор между седлом и головкой клапана, то есть всего 4 контролируемых параметра.

Из всех вышеперечисленных неисправностей только прогар клапана у бензинового двигателя дает падение давления в камере сгорания при прокручивании стартером. Следовательно, коэффициент безразборного диагностирования косвенного метода по сопротивлению прокручиванию стартера для ЦПГ бензинового двигателя составляет 0,25.

### Выводы

1. Не существует универсальной корреляционной связи между сопротивлением прокручиванию стартера и величиной компрессии. Такая связь может наблюдаться только в пределах одной заданной системы «аккумулятор–стартер–двигатель».

2. При использовании мотортестера фирмы BOSCH время диагностирования ЦПГ двига-

теля выгодно сокращается в 3–5 раз и составляет порядка 5 минут независимо от количества цилиндров двигателя.

3. Коэффициент безразборного диагностирования 0,25, то есть низкая информативность диагноза, является существенным недостатком метода диагностирования с использованием мотортестера фирмы BOSCH.

### Литература

1. Климпуш О.Д. Исследование и выбор диагностических параметров автомобильных двигателей семейства ЯМЗ : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук : спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / О.Д. Климпуш. – К., 1973. – 28 с.
2. Толстой В.А. Исследование параметров и методов диагностики цилиндропоршневой группы карбюраторных двигателей : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук : 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / В.А. Толстой. – М., 1972. – 29 с.
3. Диагностика автотракторных двигателей. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. Н.С. Ждановского. – Л. : Колос, 1977. – 264 с.
4. Митрохин Н.Н. Методы совершенствования контроля поточной сборки ремонтируемых двигателей : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук : 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Н.Н. Митрохин. – М., 1987. – 18 с.
5. ГОСТ 26656-85. Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования. – Взамен ГОСТ 23563-79, ГОСТ 24029-80, РД-50-489-84; введен 01.01.1987. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
6. ГОСТ 23435-79. Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров. – Введен впервые 01.01.1979. – 1979. – 8 с.

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д. т. н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 7 октября 2010 г.