

ЕСЛИ ИЗМЕРИТЬ КОМПРЕССИЮ...

Александр ХРУЛЕВ
кандидат технических наук
директор фирмы «АБ—Инжиниринг»

Еще недавно двигатель работал как часы, но вот упала мощность, увеличились расходы топлива и масла. На холостом ходу стала заметна вибрация — двигатель явно «троит», т.е. один из цилиндров не работает должным образом. И если замена свечей ничего не изменит, в подобных случаях для определения причины неисправности нередко прибегают к измерению компрессии — одному из самых простых и доступных способов диагностики.

Компрессией называют величину максимального давления в цилиндре, создаваемого при холостой прокрутке двигателя стартером (например, при отключении свечи зажигания). Чтобы измерить компрессию, необходимо вместо свечи установить компрессометр. Этот прибор представляет собой манометр, соединенный шлангом со штуцером и обратным клапаном. При вращении коленчатого вала двигателя в шланг нагнетается воздух до тех пор, пока давление в шланге не сравняется с максимальным давлением в цилиндре. Его значение зафиксирует манометр.

Видимая простота и доступность снизили компрессометру славу некоего «универсального» прибора, способного не только определить неисправность, но и вообще оценить техническое состояние двигателя в целом. К сожалению, эта универсальность обманчива — полученные результаты измерений часто требуют специального анализа, и делать по ним однозначные выводы не всегда правильно.

Вот только два тому примера.

Сравнительно новый двигатель не удается запустить. Компрессия в цилиндрах составляет 0,5–0,6 МПа (5–6 кг/см²), что примерно вдвое ниже нормы. Причинами могут быть механическая поломка или из-

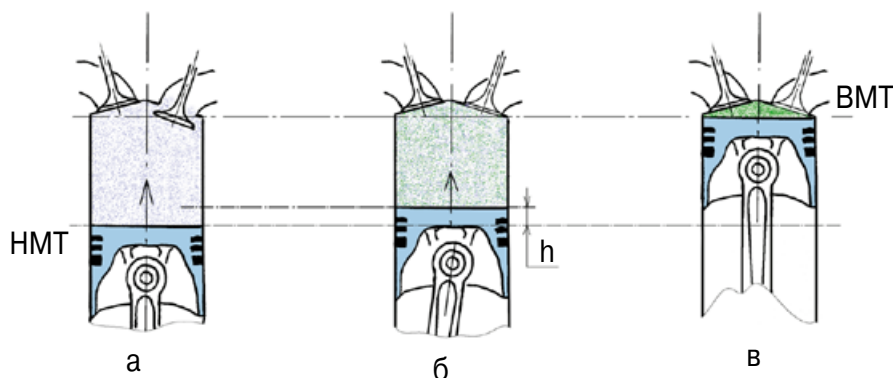
нос деталей цилиндра-поршневой группы. Но такое же падение компрессии будет наблюдаться, если из-за неисправности системы управления в цилиндры поступил избыток топлива, и поршневые кольца перестали надлежащим образом уплотнять полость камеры сгорания.

Другой случай: у старого двигателя измеренная компрессия составляет 1,1–1,2 МПа. Норма! Однако двигатель расходует масла свыше 1 л на 1000 км. Оно и понятно, если принять во внимание износ колец, поршней и цилиндров. В чем же дело? Да просто большое количество масла, проникающего в камеру сгорания, хорошо уплотняет зазоры между изношенными деталями.

Как видим, к результатам замеров следует относиться с осторожностью. И, чтобы во время ремонта не ошибиться в выводах, следует знать, в каких случаях на результаты измерений можно с уверенностью положиться, а когда — только принять к сведению.

Что влияет на компрессию?

Теоретически максимальное давление в цилиндре в конце такта сжатия, когда поршень находится в верхней мертвой точке (ВМТ), зависит от целого ряда факторов. С точки зрения ремонтной



При движении поршня из нижней мертвой точки (а) давление начинает повышаться только после закрытия впускного клапана (б) и достигает максимума в верхней мертвой точке (в):
 h — перемещение поршня, при котором давление в цилиндре не повышается

практики они в конечном счете влияют на количество поступающего в цилиндр воздуха — чем оно больше, тем выше компрессия. В первую очередь отметим положение дроссельной заслонки — ее закрытие или открытие, очевидно, сильно уменьшит давление в цилиндре. Понятным образом на количество воздуха влияет и степень загрязнения воздушного фильтра.

Некоторые механики допускают ошибки в установке фаз газораспределения, например, при монтаже ремня или цепи привода распределительного вала. Это приводит к изменению момента закрытия впускного клапана, сдвигая начало сжатия в цилиндре в ту или другую сторону. Тогда и значения компрессии будут отличаться.

Довольно сильно на компрессию влияют зазоры в приводе клапанов. Так, малый зазор в приводе впускных клапанов приведет к более позднему их закрытию и, соответственно, к уменьшению компрессии. Одновременно малые зазоры в выпускных клапанах увеличат так называемое перекрытие клапанов — величину угла поворота коленвала, в течение которого открыты одновременно оба клапана в цилиндре. Результат тот же — компрессия уменьшится.

На компрессию повлияет и температура двигателя — чем она меньше, тем сильнее будет охлаждаться воздух, сжимаемый в цилиндре, и тем меньше будет его давление. Кстати, зазоры в приводе клапанов так же будут «следить» за температурой — чем она ниже, тем меньше зазоры и компрессия.

Но и это еще не все. Как только воздух в цилиндре оказывается достаточно

сжат, станут проявляться разного рода его утечки через зазоры между изношенными или поврежденными деталями, уплотняющими полость камеры сгорания.

Естественным образом из сказанного вытекают выводы о том, что утечки будут минимальными, если цилиндр имеет идеально круглую форму, отсутствуют продольные риски на его рабочей поверхности, поршневые кольца идеально прилегают к ней и к торцевым поверхностям канавок поршня; если близка к нулю величина зазоров в замках колец и, наконец, тарелки клапанов идеально прилегают к седлам.

Но все мы знаем, ничего идеального в природе не бывает. Какие-то утечки есть всегда, даже у нового двигателя. Вопрос лишь в том, насколько они велики. Поэтому напомним факторы, в той или иной мере влияющие на интенсивность утечек воздуха, а, следовательно, и на компрессию:

в первую очередь укажем на температуру двигателя — она повышаясь, увеличивает компрессию, так как детали лучше прилегают друг к другу, принимая размеры и взаимное положение, больше соответствующие рабочим;

затем напомним, что 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;

таким же образом сказываются негерметичность обратного клапана или шланга компрессометра, а также большое усилие пружины обратного клапана; и, наконец, чем больше обороты коленчатого вала, тем меньше утечки через неплотности, тем выше компрессия.

Как правильно измерить компрессию?

Если принять во внимание все перечисленные выше факторы, то при измерениях компрессии надо соблюдать следующие несложные правила:

двигатель должен быть «теплым». Подача топлива должна быть отключена. Можно, например, отключить бензонасос, форсунки или использовать другие способы, препятствующие попаданию большого количества топлива в цилиндры;

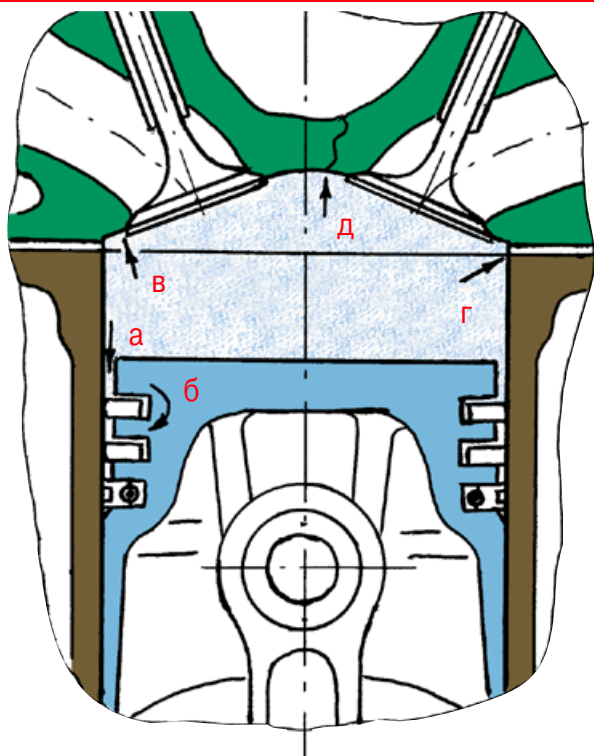
необходимо вывернуть все свечи. Выборочный демонтаж свечей, практикуемый на некоторых СТО, недопустим, так как увеличивает сопротивление вращению и произвольно снижает обороты при прокрутке двигателя стартером;

аккумуляторная батарея должна быть полностью заряжена, а стартер — исправен.

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 удовлетворительном прилегании клапана к седлу; зависании клапана, например, из-за неправильной сборки механизма с гидротолкателями; дефектах профиля кулачка распределительного вала в конструкции с гидротолкателями, в том числе неравномерном износе или биении тыльной стороны кулачка; негерметичности, вызванной 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



Основные места утечек воздуха из камеры сгорания:
а) в зазор между кольцами и поверхностью цилиндра или в зазор в замке колец;
б) в зазор по торцевым поверхностям колец и канавок поршней;
в) в зазор между седлом и клапаном;
г) в зазор между поврежденной прокладкой и плоскостью головки или блока;
д) в трещину в стенке камеры сгорания.

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 ис-

тинный 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 см³) сразу увеличит не только давление на первом такте, но и компрессию.

С другой стороны, когда на первом такте давление достигает 0,7 — 0,9 МПа, а на последующих тактах почти не растет, вероятнее всего налицо негерметичность клапана или прокладки головки. Разумеется, более точно установить причину можно с помо-

щью других средств диагностики.

Как использовать на практике результаты измерений

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.

Такой подход позволяет, с одной стороны, быстро локализовать неисправность в конкретном цилиндре. С другой стороны, исключаются ошибки, часто встречающиеся в ремонтной практике при попытке оценить техническое состояние двигателя в целом

Некоторые дефекты и неисправности бензиновых двигателей, выявляемые измерением компрессии

Неисправность	Признаки неисправности	Компрессии, МПа	
		полностью открытая заслонка	закрытая заслонка
Полностью исправный двигатель	Отсутствуют	1,0-1,2	0,6-0,8
Трещина в перемычке поршня	Синий дым выхлопа, большое давление в картере	0,6-0,8	0,3-0,4
Прогар поршня	То же, цилиндр не работает на малых оборотах	0,5-0,5	0-0,1
Залегание колец в канавках поршня	То же	0,2-0,4	0-0,2
Задир поршня и цилиндра	То же, возможна неустойчивая работа цилиндра на холостом ходу	0,2-0,8	0,1-0,5
Деформация клапана	Цилиндр не работает на малых оборотах	0,3-0,7	0,-0,2
Прогар клапана	То же	0,1-0,4	0
Зависание клапана	То же	0,4-0,8	0,2-0,4
Дефект профиля кулачка распредвала (для конструкций с гидротолкателями)	То же	0,7-0,8	0,1-0,3
Повышенное количество нагара в камере сгорания в сочетании с изношенными маслосъемными колпачками и кольцами	Повышенный расход масла с синим дымом выхлопа	1,2-1,5	0,9-1,2
Естественный износ деталей поршневой группы	То же	0,6-0,9	0,4-0,6

Набор для измерения давления фирмы OTC подходит для любых двигателей: слева — компрессометр, справа — вакуумметр.



— слиш-ком много факторов влияет на компрессию, чтобы учесть это влияние на результаты. Тем не менее, на саму величину компрессии иногда тоже можно положиться. Но для этого необходимо, во-первых, знать данные о величине компрессии этого двигателя, полученные на более ранних интервалах его эксплуатации (разумеется, если измерения прово-

дились с полным соблюдением всех правил); и, во-вторых, иметь большую базу статистических данных по компрессии этой модели двигателя на разных этапах его эксплуатации.

Эти данные обязательно должны включать такие условия проведения замеров, как температура масла, частота вращения, температура воздуха, состояние систем автомобиля и др.

Только так можно использовать измеренную величину компрессии для того, чтобы судить об износе деталей поршневой группы.

Чем измеряют компрессию?

Самым распространенным прибором для этих целей является упомянутый выше компрессометр. В отличие от незамысловатых отечественных конструкций иностранные фирмы выпускают целые наборы с комплектом переходников (адаптеров), позволяющих проводить измерения на автомобилях любых марок и моделей.

Удобны в работе и компрессографы. Их назначение то же, но результаты измерений записываются на бумаге или специальных пластиковых карточках, что дает возможность архивировать их для последующего сравнения в разные периоды

эксплуатации автомобиля. Недостатком компрессографа является трудность оценки динамики нарастания давления при прокрутке коленвала.

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. Правда, с подобным способом измерения связан и 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.