

ВСЕ, ИЛИ ПОЧТИ ВСЕ О КОМПРЕССИИ В ДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

I ВВЕДЕНИЕ

По роду работы мне ежедневно приходится сталкиваться с замерами компрессии на дизельных двигателях. Практические основы и нюансы этого процесса я знал и до этого. Но мне захотелось поглубже окунуться в теорию данного вопроса, а поскольку политех я окончил 20 лет назад, многое забылось. Недолго думая, в поисковых системах "Апорт" и "Рэмблер" набрал "степень сжатия компрессия". Но то, что было получено, крайне разочаровало.

Примерно 40% отвечающих и задающих вопросы не видят особой разницы между этими параметрами, даже в технических данных двигателей указываются одни и те же величины компрессии и степени сжатия. Около 40% хорошо понимают различие этих величин, однако не совсем осознают разницу в их численном соотношении. Из порядка двухсот сайтов только в одном я нашел теоретическое обоснование численных различий в соотношении этих двух параметров на основе законов термодинамики. Однако, в приведенном примере рассматривался бензиновый двигатель. За все время поиска не было найдено ни одного варианта рассмотрения этих соотношений для дизелей. Я признаю, что это не совсем объективный способ поиска информации, но с другой стороны это показывает уровень понимания данного вопроса подавляющим большинством автомобилистов. Ожесточенные споры в автомобильных конференциях в Интернете на эту же тему, еще больше убедили в необходимости написания данной статьи.

Заранее прошу прощения за некоторую затянутость, однако мне не хотелось бы по десять раз в дальнейшем возвращаться к данной теме, отвечая на ваши вопросы. Поэтому, постараюсь наиболее подробно осветить ее. Специалистам, имеющим опыт измерения компрессии, ближайшие несколько глав можно просто пролистнуть.

II НЕМНОГО ТЕОРИИ

Под процессом измерения компрессии понимается диагностирование состояния цилиндра-поршневой группы, головки блока, прокладки и распределительного механизма при помощи специального прибора - компрессометра (компрессиметра) или компрессографа. Разница между ними состоит только в том, что показания компрессометра отражаются на манометре, а компрессограф в состоянии записывать эти данные и сохранять их на бумаге или другом носителе информации.

Операция довольно простая и казалась бы не требующая никаких особых знаний и опыта. Соответственно, относятся к ней как к процедуре рутинной, считая результаты ее окончательным диагнозом для заключения приговора о жизни или смерти двигателя. Однако опыт показывает, что не все так просто, как это видится с первого взгляда. Более того, кроме общих закономерностей, свойственных как бензиновым, так и дизельным двигателям, при измерении компрессии дизелей появляются нюансы, которые на бензиновых двигателях практически не видны. Соответственно, их не принимают в расчет, считая, что их влияние практически не играет роли. В дальнейшем, с такими же взглядами мы начинаем подходить и к измерению компрессии на дизелях, но в данном случае это уже не проходит, так как здесь эти же факторы начинают играть более важную роль.

Поэтому, чтобы не совершить подобных ошибок, нам придется начать наше исследование с самых основ.

Все отлично знают, что степень сжатия - это соотношение геометрических величин, то есть просто цифра, которая выражает отношение камеры сгорания между поршнем и головкой при его положении в нижней мертвой точке к камере сгорания при положении поршня в верхней мертвой точке.

[рис.1](#)

Это величина стабильная для каждого конкретного двигателя, она не изменяется в процессе эксплуатации, за исключением случая, если вы поставите прокладку головки блока другой толщины.

Для подавляющего большинства дизельных двигателей японского производства этот параметр составляет 19-23, если же рассматривать дизеля в целом, то он редко уходит за границы 16-25.

Для рядового владельца дизеля, да и автослесаря тоже, этот параметр не представляет особого интереса. Разве что кто-то обратит внимание, что эта величина значительно больше показателей бензинового двигателя.

Гораздо важнее такой показатель, как компрессия. В отличие от степени сжатия, этот показатель уже не геометрическая, а физическая величина. Ее размерность кг/см², psi, бар

и она характеризует давление, создаваемое в цилиндрах двигателя при вращении его стартером и отключенной системе питания.

Именно эта величина характеризует собой один из комплексных показателей технического состояния и работоспособности двигателя.

Величина компрессии всегда больше степени сжатия. Почему это происходит мы рассмотрим ниже.

III ЧУТЬ-ЧУТЬ ТЕРМОДИНАМИКИ

Не хочу вас переутомлять, но немного теории вам придется проглотить. Постараюсь представить все как можно доступнее.

Если бы процесс сжатия воздуха в цилиндре при такте сжатия продолжался бесконечно длительное время, а утечек воздуха из цилиндра не было бы, тогда величина степени сжатия равнялась бы компрессии. Говоря проще, в этом случае при сжатии воздуха в два раза мы получили бы компрессию две атмосферы. Сжав воздух в 20 раз - получили бы компрессию 20 атмосфер.

Однако, ситуация совершенно другая. При сжатии воздуха выделяется дополнительная энергия, которая нагревает сжимаемый воздух, который в свою очередь расширяется и соответственно давит на стенки цилиндров с большей силой. Если бы процесс сжатия продолжался достаточно длительное время, то энергия, выделяющаяся в газе, успела бы поглотиться стенками цилиндров, блока и головки. Температура воздуха практически бы не изменилась и, соответственно, компрессия равнялась бы степени сжатия.

Как вы знаете, времени на процесс сжатия отводится крайне мало. За это время энергия, или назовем просто тепло, не успевает поглотиться стенками. Оно просто идет на расширение газа или, другими словами, на дополнительное увеличение давления того же воздуха.

Таким образом, при реальном сжатии газа предположим в 10 раз, давление там будет значительно выше.

Попытаемся разобраться, на сколько же компрессия больше степени сжатия.

Из законов термодинамики следует:

[рис.2](#)

Для большинства, прочитавших вышенаписанное, это что-то туманное и непереваримое. Попытаемся перевести эту галиматью на родной нам русский.

Дословно это звучит примерно так: в процессе сжатия газа, изменение его давления обратно пропорционально изменению его объема в степени 1,4. Уточним, что это применимо только для теоретического случая, когда нет утечек воздуха и практически не происходит теплоотдачи к окружающим стенкам.

Попробуем подсчитать, чему же тогда будет равна компрессия при разных значениях степени сжатия. Подставляя различные значения, мы можем получить график зависимости компрессии от степени сжатия.

рис.3

Не нужно сильно удивляться полученным данным, так как это всего лишь теоретически возможные значения компрессии. В реальном же двигателе значения компрессии значительно ниже указанных, вследствие просачивания части газа между кольцами, поршнями и цилиндрами, а также клапанами и седлами клапанов.

Вторым фактором снижения компрессии являются тепловые потери через поршня, гильзы и головку блока. Причем на новом двигателе эта составляющая превалирует в численном значении над потерями из-за утечек газа.

IV АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОМПРЕССИЮ

Постараемся проанализировать от чего могут зависеть каждый из этих факторов уменьшения давления в цилиндрах и какие возможны пути снижения этих потерь.

1.Количество утечек воздуха, а соответственно и снижение компрессии, зависит от состояния цилинд्रो-поршневой группы и клапанов (качества их уплотнения) и времени этих утечек(в данном случае - скорости вращения коленчатого вала). Чем хуже состояние ЦПГ и клапанов и ниже скорость вращения двигателя, тем меньше будут показания компрессии.

2.Количество тепловых потерь в двигателе на такте сжатия зависят от площади стенок, с которыми соприкасается воздух, коэффициента теплопередачи этих стенок, а также времени контактирования воздуха с этими стенками. Соответственно, чем меньше времени будет контактировать воздух со стенками (выше скорость коленчатого вала), меньше будет удельная камера сгорания (отношение объема сжимаемого воздуха к площади контактируемых стенок) и меньше коэффициент теплопередачи материалов, тем меньше энергии потеряет сжимаемый воздух. Уменьшение потерь энергии приведет к увеличению давления газа - то есть компрессии.

К сожалению, многие знают только про первый фактор, влияющий на компрессию (состояние цилинд्रो-поршневой группы и клапанов), забывая порой даже о скорости вращения коленчатого вала.

Перейдем к рассмотрению каждого элемента, влияющего на величину компрессии:

1.1. Состояние цилинд्रो-поршневой группы.

Это

пожалуй один из самых важных факторов, влияющих на показатели компрессии. Чем выше качество обработки и сборки двигателя, тем меньше утечки через сопряжения. И если для новых двигателей разброс показателей герметичности как правило небольшой (всетаки при заводской сборке контроль качества довольно жесткий), то в процессе эксплуатации показатели при одном и том же пробеге могут в несколько раз отличаться друг от друга.

Объясняется это многими факторами:

- интенсивностью нагрузки (Шумахер вы или спокойный отец семейства);
 - используемыми смазочными материалами (что у вас в двигателе - синтетика или бурда);
 - условиями температурной напряженности (запуск в -30С, постоянная эксплуатация в условиях перегрева, использование некачественных антифризов);
 - герметичностью впускного тракта (подсос воздуха с механическими примесями);
 - качеством регулировочных работ,
- а также множеством других факторов.

Эти причины, в своем большинстве, понятны и легко объяснимы.

Однако, есть один фактор, который знаком чаще всего специалистам, долгое время занимающимся ремонтом двигателей. Это размеры ЦПГ -цилиндро-поршневой группы.

В данном случае отслеживается явно выраженная закономерность увеличения максимального пробега двигателя с увеличением его объема, в частности диаметра цилиндров. То есть, чем больше двигатель, тем он долговечнее, в том числе и компрессия его падает значительно медленнее в процессе эксплуатации. Другими словами, несмотря на то, что при увеличении объема двигателя увеличивается количество газов, прорывающихся через сапун и клапана, однако, при пересчете на один литр объема, у больших двигателей этот показатель при равных пробегах, как правило, значительно меньше.

Это объясняется тем, что в небольших двигателях даже при незначительных износах поршневых колец, в них резко изменяются эпюры напряжений давления этих колец на гильзы. И если в новом двигателе их можно было скомпенсировать качественным изготовлением кольца, то по мере износа сделать это уже не возможно. Соответственно, кольца, а за ним и гильза интенсивно изнашиваются. Как правило, этот износ имеет выраженную форму эллипса. Конечно, эллипсность является не только следствием возникающих напряжений в кольцах, но и результатом увеличенной нагрузки поршней на гильзы именно в этом направлении. Однако, если рассматривать двигателями с большими диаметрами цилиндров, то вы заметите, что относительная величина эллипсности значительно меньше. А это влечет за собой меньший прорыв газов, да и дальнейшее падение компрессии не столь значительно, как в двигателях с меньшим диаметром цилиндров.

Практический вывод из этого - чем больше двигатель, тем он надежнее, а компрессия в нем падает значительно меньше при равных пробегах с маленькими двигателями. Это правило особенно актуально для дизелей, так как компрессия у них играет ведущую роль в процессе работы двигателя.

1.2. Скорость вращения коленчатого вала.

Как не покажется странным, но именно этот фактор является главной составляющей компрессии, так как она определяет не только утечки воздуха из цилиндров, но и степень отдачи энергии, образующейся при сжатии газа, окружающим стенкам.

Чем выше скорость вращения коленчатого вала, тем меньше утечки воздуха через неплотности, а, соответственно, выше давление сжимаемого воздуха - компрессии в цилиндрах.

В какой-то степени доказать, что скорость вращения играет более важную роль в создании компрессии в цилиндрах можно на двух примерах.

При снижении компрессии в дизельном форкамерном двигателе менее 18 атмосфер его практически невозможно завести стартером, при условии неприменения эфира или другой легковоспламеняющейся жидкости. Я не рассматриваю варианта заливки в цилиндры масла, так как это один из способов искусственного поднятия компрессии. Попробуйте завести двигатель при компрессии 16 атмосфер! (Не кидайте в меня раньше времени камни, утверждая, что спокойно заводили свой дизель при компрессии значительно меньшей 18. Я все объясню, когда дойду до главы, посвященной компрессиметрам.)

Однако, если вы привяжете его на удавку к другому автомобилю и попытаетесь завести с толкача, то, возможно, вам удастся завести его и с компрессией 12. Вот только работать он будет лишь на повышенных оборотах, а при попытке убавления оборотов - заглохнет.

Все объясняется довольно просто.

Стартер вращает коленчатый вал с частотой 200-250 оборотов в минуту. Когда вы тащите автомобиль другой машиной, скорость вращения коленчатого вала по меньшей мере в несколько раз превышает эту частоту. Газы просто не успевают прорваться из камеры сжатия через неплотности, в результате, при таких оборотах давление газов в цилиндре значительно выше и двигатель способен завестись. То есть, даже при критическом износе цилиндро-поршневой группы, но при повышенных оборотах коленчатого вала давление газов в цилиндре можно значительно повысить вплоть до воспламенения топлива.

Пример другой.

Думаю, что большинство из вас не видели дизельного двигателя с так называемым "кривым стартером" - рукояткой для ручного запуска двигателя. Дело в том, что дизельный двигатель (я имею в виду автомобильный, а не вариант дизельэлектростанции мощностью 2-3 кВт) практически невозможно завести вручную. При хорошей компрессии дизеля требуется очень большой крутящий момент, чтобы провернуть с достаточной скоростью двигатель. При слабой компрессии вам также не хватит сил, чтобы вращать его с еще большей скоростью.

Я сознательно несколько преувеличил. В действительности есть такой автомобиль с "кривым стартером". Называется он "Робур", если не ошибаюсь, чешского производства. В конце 80-х - начале 90-х мне приходилось ремонтировать эти автомобили. Самым большим приколом для водителей в автобазе тогда была такая шутка. Новичку-шоферу, только что получившему "Робур", в случае если разрядился аккумулятор или был неисправен стартер, предлагали завести двигатель с ручки как все остальные автомобили, тем более, что она имела в каждом таком автомобиле по штату. Новичок брался за работу, тут же собиралась толпа советующих. Одни объясняли как правильно держать рукоятку; другие, что крутить нужно резко; третьи, что нужно сначала покрутить плавно чтобы создать небольшое давление, а уж потом крутить что есть мочи. Через полчаса изнурительного кручения виновник торжества был весь в мыле, результата никакого, а все присутствующие потешались как могли. Вся изюминка заключалась в том, что рукоятка предназначалась не для заводки двигателя, а для проворачивания коленчатого вала при регулировке клапанов и ТНВД.

Все это повествование я привожу к тому, что когда вам порекомендуют замерить компрессию, вы не возмущались: "Да при чем здесь компрессия, когда у меня машина с удавки максимум через 15 метров заводится, а потом уже работает без проблем!" Потому и заводится, что при этом обороты как минимум в три раза больше. Почему он в дальнейшем работает без проблем и нормально заводится пока не постоит ночь на морозе, я объясню немного позднее.

Основной смысл процедуры замера компрессии в том и заключается, чтобы определить значение давления в конце такта сжатия при вращении его стартером. Еще раз повторяю - стартером с обычным аккумулятором, а не с пускозарядным устройством или другими вспомогательными средствами ускоряющими обороты вращения двигателя.

И вот здесь всплывает один очень важный нюанс, связанный со скоростью вращения коленчатого вала, на который я просто обязан обратить внимание.

Для чего же мы измеряем компрессию?

Однако, чтобы не разорвать логическую цепочку, мы вернемся к нему в следующей главе.

2.1. Площадь стенок, контактирующих с сжимаемым газом.

Этот фактор стабилен для каждого конкретного двигателя. Однако, если рассматривать общую закономерность, то чем меньше площадь контакта, тем меньше тепловые потери и выше создаваемое давление.

Именно этим фактором в основном и объясняется гораздо лучший запуск в холод двигателей с непосредственным впрыском топлива по сравнению с предкамерными двигателями. Наличие предкамеры значительно увеличивает площадь контакта, а, следовательно, снижает температуру газов - уменьшает давление.

Для компенсации этих потерь в предкамерные двигатели устанавливаются свечи накаливания. Если быть верным, то здесь логическая цепочка немного разорвана. Свечи нужны для компенсации тепловых потерь, а не для повышения давления в цилиндрах. Немного ниже я постараюсь вернуться к этому.

2.2. Коэффициент теплоотдачи материалов.

Этот показатель также практически стабилен для конкретного двигателя. Однако, если рассматривать конструкторские разработки в данном направлении, то наблюдаются интересные варианты попыток уменьшения коэффициента теплоотдачи за счет применения таких материалов, как сталь и керамика, при изготовлении поршней, и керамики - в гильзах. Сразу оговорюсь, что этим пытаются достичь не столько хороший запуск, сколько увеличить коэффициент полезного действия двигателя за счет уменьшения потерь тепловой и механической энергии.

V ДЛЯ ЧЕГО ИЗМЕРЯЮТ КОМПРЕССИЮ?

Каким бы странным не показался этот вопрос, но нам необходимо дать на него ответ.

Я заранее предугадываю ваш ответ: "А что здесь трепаться - компрессия позволяет определить состояние износа двигателя". Ответ правильный, но не полный. К сожалению, большинство рассматривают компрессию именно как параметр технического состояния цилиндро-поршневой группы и клапанов и только. Однако, компрессия является комплексного состояния всего двигателя, а также систем энергоснабжения и пуска.

В одной из интернетовских конференций по дизелям меня обсмеяли за данное высказывание, дополнительно приписав: "А при чем здесь провода от аккумулятора к стартеру?"

Постараюсь доказать правоту своей точки зрения, а заодно затронем и провода.

Так для чего же нужен замер компрессии?

1 Вариант. Чаще всего замер компрессии используется, как я уже говорил, для определения технического состояния цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и клапанов. Однако, для этих целей данный параметр малоинформативен, так как на его показания влияют очень много

факторов, не связанных с ЦПГ и клапанами:

- скорость вращения коленчатого вала;
- сопротивление движению воздуха во впускной системе;
- сопротивление на выпуске;
- соотношение фаз газораспределения;
- наличие факторов, влияющих на изменение утечек воздуха в ЦПГ.

Причем, это укрупненные комплексные факторы, которые сами, в свою очередь, состоят из целого ряда мелких факторов, влияющих на величину измеренной компрессии.

Нам необходимо рассмотреть составляющие этих факторов, чтобы осознать их влияние, и, по возможности, определить пути по компенсации их влияния на результаты окончательных выводов о состоянии ЦПГ и клапанов.

1 Скорость вращения коленчатого вала.

Мы уже рассматривали ее влияние на величину компрессии, поэтому здесь не должно возникать вопросов. Нам достаточно рассмотреть факторы, влияющие на ее величину:

- аккумулятор и его техническое состояние. Надеюсь, что вы признаете, что выбор емкости и стартерного тока аккумулятора, а также его техническое состояние будут значительно влиять на скорость вращения коленчатого вала двигателя, и особенно дизеля при -30С.

- провода с аккумулятора на стартер и массу и качество их контакта. При кажущейся глупости данного пункта, их влияние в некоторых случаях существенно. Плохой контакт массового провода к блоку двигателя, а в некоторых случаях и его отсутствие (так как при снятии-постановке двигателя забыли поставить провод, соединяющий кузов автомобиля и двигатель), приводит к значительному падению напряжения в силовой цепи стартера, что в свою очередь уменьшает его обороты.

- стартер и его техническое состояние. Пробой обмоток стартера, зависание щеток, неисправность обгонной муфты (бендекса) и другие неисправности могут вызывать снижение оборотов коленчатого вала.

- неправильная сборка двигателя - малый тепловой зазор колец, неправильно подобранные вкладыши и так далее.

- заливка несоответствующего масла в двигатель при низких температурах также может значительно снизить обороты при запуске.

2 Сопротивление воздушному потоку на впуске.

Увеличенное сопротивление на впуске влечет за собой снижение наполняемости цилиндров воздухом, и как следствие,- уменьшение максимально создаваемого давления.

Основными причинами повышения сопротивления являются:

- засоренность или неправильная установка воздушного фильтра;
- присутствие и неправильная работа заслонки во впускном коллекторе;
- повышенное нагарообразование во впускном патрубке и каналах;
- присутствие посторонних предметов.

3 Сопротивление на выпуске.

Этот фактор в меньшей мере влияет на уровень компрессии в цилиндрах, чем остальные. В основном он сказывается на заводку и работу двигателя и особенно при повышении оборотов.

Основными причинами могут быть заклинившие турбина, суперчаржер или забитая выхлопная труба.

4 Соотношение фаз газораспределения

Этот фактор может выпить много крови не только у водителей, но и у подготовленных специалистов, так как в некоторых случаях диагностировать его очень проблематично.

Как правило, любое изменение (имеется в виду двигатель, в котором не производилось конструктивных изменений) этого параметра в процессе эксплуатации влечет ухудшение наполняемости цилиндров и, соответственно, - уменьшение компрессии.

Основными причинами изменения данного фактора являются:

- неправильная установка ремня или цепи газораспределения (хотя на дизельных двигателях изменение этого параметра возможно в крайне ограниченных пределах, так как это обычно влечет за собой загнутые клапана, сломанные коромысла и распредвалы);
- неправильная регулировка клапанов;
- износ распредвала;
- неисправность гидрокомпенсаторов.

5 Факторы, влияющие на изменение утечек воздуха

Под этим обычно понимается:

- увеличение компрессии вследствие уплотнения сопряжений маслом, попадающим в цилиндры вследствие неисправности турбины, засасывания картерных газов с остатками масла или негерметичности маслоъемных колпачков и втулок клапанов;
- уменьшение герметичности - вследствие закоксовывания поршневых колец, прогара поршней, клапанов, прокладки и головки блока.

Анализируя перечень факторов, влияющих на показания компрессии, однозначно приходишь к выводу, что невозможно просто по численному значению компрессии вынести заключение о состоянии цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и клапанов. Необходимо ввести определенные ограничения или требования к методике проведения замера компрессии, чтобы ограничить количество факторов, дополнительно влияющих на результаты измерений.

Главное требование, предъявляемое к процедуре замера компрессии - частота вращения коленчатого вала должна составлять 200-250 об/мин. Но часто ли вы видели, чтобы при замере компрессии измеряли обороты двигателя? В основном все на глазок: крутит - не крутит.

Вторым условием является отсутствие сопротивления во впускном трубопроводе, то есть не должно быть закрытых заслонок и забитых воздушных фильтров, которые могут существенно снизить показания компрессии.

Третьим условием должно быть проведение измерений в условиях, приближенных к реальным. Все свечи и форсунки не выкручиваются - лишь по одной. Это объясняется тем, что если выкрутить свечи из всех цилиндров - значительно возрастет скорость вращения коленчатого вала, что в итоге приведет к завышенным показателям. Нельзя использовать пускозарядные устройства. Кроме того, для выноса окончательного диагноза необходимо проверять компрессию на холодном двигателе, так как на горячем возможны ошибки. Ошибки возникают вследствие

того, что на сильно изношенном двигателе сразу после его остановки возможно уплотнение ЦПГ маслом, попадающим через трубку отсоса картерных газов во впускной трубопровод, а также при неисправности уплотнений турбины и сопряжения

клапана-направляющие-маслоъемные

колпачки. Данную пере проверку можно не проводить при условии, если расход масла в двигателе не превышает 100-200 грамм на 1000 километров.

Четвертое условие - чтобы снизить вероятность ошибки при диагностировании состояния ЦПГ и клапанов по результатам замера компрессии перепроверяют зазоры в клапанах и состояние кулачков распредвала.

Соблюдение всех этих условий в значительной степени снижает вероятность неправильных выводов о состоянии ЦПГ и клапанов по результатам замера компрессии. Однако, нужно помнить, что существуют факторы, значительно снижающие показания компрессии, которые невозможно выявить обычным компрессиметром и которые не связаны с состоянием ЦПГ и клапанов. Они будут приведены ниже при анализе эффективности различных методов диагностирования состояния двигателя, где замер компрессии компрессиметром будет рассматриваться лишь как один из возможных вариантов.

Вернемся назад к вопросу - для чего же нужно измерение компрессии?

Первый вариант предполагал измерение компрессии с целью заключения вывода о техническом состоянии ЦПГ и клапанов. При этом мы пришли к выводу, что для того, чтобы это сделать, нам необходимо соблюсти при этом ряд обязательных требований или условий.

Однако, существует второй вариант замера компрессии, при котором конечная цель несколько отличается от первого варианта.

2 ВАРИАНТ. В данном случае нас интересует не состояние ЦПГ и клапанов, а просто результаты измерения компрессии в реальных условиях.

При этом все негативные факторы, такие как снижение оборотов коленчатого вала, неправильное соотношение фаз газораспределения, состояние ЦПГ и так далее будут приводить к снижению значений показателей компрессии.

В результате получения этих реальных данных, мы сможем сделать вывод о том, до какой температуры возможен запуск данного двигателя на холодную, при условии исправности других систем (системы питания, системы предварительного прогрева и так далее).

В этом случае мы сможем сделать вывод - возможен ли вообще запуск при данных показаниях компрессии для данной температуры.

Под реальными условиями понимается:

- не использовать дополнительные источники электроэнергии для аккумуляторной батареи (не прикуривать от автомобиля или пуско-зарядного);
- не прогревать двигатель перед измерением компрессии;
- проверку осуществлять при тех температурных условиях, при которых производится ежедневный запуск вашего автомобиля.

Условия довольно жесткие, но ведь именно в этих условиях и производится запуск вашего двигателя. И если компрессия в данных условиях хорошая, то можно смело переходить к поиску неисправности в других системах. Если же показания низкие - необходимо искать причины, которые привели к снижению показателей компрессии, постепенно исключая все вышеперечисленные факторы.

Из практического опыта мы вывели для себя примерную зависимость возможности запуска дизельного двигателя при различных температурах, в зависимости от компрессии в цилиндрах (замер компрессии на остывшем двигателе при температуре около 20С):

- менее 18 атмосфер - не заводится даже на горячую;
- 22-23 - горячий, теплый двигатель заводится без проблем; после длительной стоянки заводится только в теплом боксе;
- 25 - горячий, теплый двигатель заводится без проблем; после длительной стоянки заводится до температуры -10С;
- 28 - -//- ; после длительной стоянки до температуры -15С;
- 32 - -//- ; после длительной стоянки до -25С;
- 36 - -//- ; -//- до -30С;

- 40 - -//- ; -//- до -35С.

Заранее предупреждаю, что эта зависимость лишь относительно отражает возможность запуска дизеля от температуры. Она соответствует 4-х цилиндровому форкамерному двигателю, при условии, что остальные системы исправны, и он заводится от штатного аккумулятора.

Для отдельных видов двигателей возможны отклонения значений + - 5 градусов>

Кроме того, существенные отклонения в этих показаниях возможны в следующих случаях:

- большой разброс значений компрессии по отдельным цилиндрам - соответственно, значительное снижение температуры возможного запуска;
- принудительное удлинение времени прогрева свечей накаливания - граница запуска отодвигается в сторону пониженных температур;
- при увеличении количества цилиндров двигателя - запуск облегчается;
- в случае двигателя с непосредственным впрыском топлива граница может быть отодвинута на 10С в сторону низких температур.

Я не рассматриваю варианты неисправности отдельных систем. В этом случае температура возможного запуска соответственно снижается. Еще раз прошу не оспаривать данные значения компрессии до полного прочтения всей статьи. И если ваша машина заводится при компрессии 16 в -10С, то это не повод для спора. Почему это происходит мы разберемся ниже. Все объяснения будут даны в главе посвященной компрессометрам.

В конце этой главы мне бы еще раз хотелось объяснить, для чего же измеряют компрессию.

Компрессия в определенной степени определяет коэффициент наполнения воздухом цилиндров. Соответственно, при снижении компрессии, количество воздуха, сжатого в конце такта сжатия, будет значительно меньше. И не все топливо, впрыснутое в цилиндры, полностью сгорит. Это приведет с одной стороны к повышению дымности выхлопа, а с другой - к повышению расхода топлива и снижению мощности двигателя.

Основной же причиной, почему так важен показатель компрессии в дизельном двигателе, лежит в самом принципе работы дизеля.

При сжатии воздух в цилиндрах сильно нагревается. В конце такта сжатия, когда температура воздуха максимальна, в цилиндр впрыскивается топливо. Если температура воздуха будет достаточна для воспламенения топлива - оно воспламенится, если нет - вспышки не произойдет. Показатель компрессии опосредованно показывает до какой степени повышается температура воздуха в цилиндрах и, соответственно, до какой температуры возможен запуск дизеля. Поэтому настолько и важен этот показатель.

VI КОНСТРУКЦИЯ КОМПРЕССОМЕТРА И ПОЧЕМУ РАЗЛИЧАЮТСЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАМЕРОВ КОМПРЕССИИ

Компрессометр

имеет довольно простую конструкцию - это манометр, который посредством промежуточной трубки соединяется с переходником, выполненным в форме форсунки или свечи накаливания, который в свою очередь вворачивается в головку блока при измерении компрессии. Для того, чтобы при проворачивании коленчатого вала не происходило сбрасывания давления, в промежуточной трубке или переходнике установлен отсечной клапан.

Однако, несмотря на простоту конструкции, результаты замеров компрессии одного и того же двигателя очень часто сильно разнятся в разных сервисах. И это объясняется не тем, что у одних манометр врет, а у других показания идеальны. Как правило, манометр здесь ни при чем. Причина, чаще всего, кроется в так называемых паразитных объемах и жесткости пружины отсечного клапана. И если для бензинового

двигателя они, как правило, не играют существенной роли, то в дизельном двигателе это влияние очень существенно.

Чтобы понять, что такое паразитный объем, посмотрим на

[рис.4](#)

Величина степени сжатия, как известно, представляет формулу:

В случае, если отсечной клапан компрессометра установлен в переходнике, ввертываемом в свечное или форсуночное отверстие, то формула не меняется. Однако, если отсечной клапан установлен возле самого манометра, то появляется паразитный объем V_3 в переходнике и переходной трубке. При этом формула приобретает другой вид:

где n - степень сжатия,

V_1 - объем камеры сгорания при положении коленчатого вала в верхней мертвой точке,

V_2 - объем камеры сгорания между положениями коленчатого вала в нижней и верхней мертвыми точками,

V_3 - внутренний объем переходника и переходной трубки.

В бензиновых двигателях, где объем камеры сгорания, при положении коленчатого вала в верхней мертвой точке, довольно большой, прибавка дополнительного небольшого паразитного объема V_3 лишь незначительно увеличивает показания степени сжатия.

В дизельных двигателях объем камеры сгорания V_1 крайне мал. Поэтому, даже незначительная величина паразитного объема V_3 резко изменяет величину степени сжатия.

У нас был случай, когда нас попросили проверить компрессометр из одного сервиса. До этого у них был другой, но они погорели и пришлось изготавливать новый. При первом же замере им показалось странным, что при показаниях компрессии в 16 атмосфер, двигатель нормально заводился при температуре -15 градусов Цельсия.

Когда мы перепроверились с показаниями своего компрессометра, то увидели, что при показаниях нашего прибора 32 атмосферы, их компрессометр показывал 18. Причина была не в неисправности манометра, а в крайне длинных переходных трубках, к тому же большого внутреннего диаметра.

Это, конечно, крайний случай такого большого расхождения. Однако, если отсечной клапан стоит не в свечном или форсуночном переходнике, а где-либо в трубке, то показания компрессии будут однозначно меньше. Поэтому, когда ко мне приезжает клиент и называет величину компрессии, замеренную в другом сервисе, я всегда спрашиваю, где был расположен клапан в компрессометре. По меньшей мере, мы перепроверяем компрессию в одном цилиндре.

В компрессиметрах, которые применяем мы, отсечные клапана установлены в свечных или форсуночных переходниках, что исключает паразитные объемы, а значит и искажение значений компрессии. Единственное, что может вносить ошибку в показания компрессометра в данном случае - только пружина отсечного клапана и неисправность манометра. При исправности манометра, погрешность из-за пружины незначительна, если жесткость ее подобрана правильно.

По результатам многочисленных измерений компрессии (а это даже не сотни, а тысячи измерений) мы пришли к следующим критериям значений компрессии:

37-40 - компрессия отличная;
32-36 - компрессия хорошая;
30-32 - компрессия нормальная;
28-30 - компрессия удовлетворительная;

менее 28 - компрессия слабая, обычно при таких значениях я запрещаю загонять автомобиль в сервис осенью и зимой, чтобы в дальнейшем не возникали вопросы: "Почему автомобиль не заводится на холодную, почему двигатель троит и так далее?"

Я осознаю, что это приемлемо в наших сибирских условиях, где температура -25-30С - обычное явление, а -15-20С воспринимается как оттепель. Возможно, в европейской части России и не требуется такая компрессия для запуска дизеля, так как и морозы там значительно ниже. Однако, это не повод для того, чтобы считать компрессию в 25 атмосфер - нормальной.

Увеличение расхода топлива и дымности, снижение мощности и ухудшение запуска - эти факторы обязательно сопутствуют пониженной компрессии. Нужно ли вам это?

Не нужно бояться значений компрессии 38-40 и даже 42 атмосферы. Такие значения возможны, нужно лишь убедиться в правильности показаний компрессометра. Иначе возникают анекдотичные случаи, подобные такому. Приходит знакомый, занимается поставкой контрактных двигателей из Владивостока. Спрашиваю: "Как партия - хорошая?" Он говорит: "Да, почти у всех компрессия по 38, замеряли во Владике, но на двигателях написали 34-35". Я не понял: "А почему написали 35?" А он мне: "Да бесполезно писать 38, никто не поверит. Все твердят, что такой компрессии вообще не бывает. Вот и попробуй объяснить таким что-либо!"

Кстати, еще одна причина, из-за которой стоит стремиться, чтобы компрессия в двигателе была как можно выше. Просто в этом случае у вас будет больше вероятность запуска двигателя даже при каких-либо не очень существенных неисправностях других систем. При низкой же компрессии это, скорее всего, будет невозможно.

После того, как, надеюсь, убедил вас в важности для дизельного двигателя такого параметра как компрессия, можно переходить к следующей статье, где сможем рассмотреть другие методы определения технического состояния ЦПГ и распределительного механизма.

-