

Загадки процесса сгорания

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ
кандидат технических наук

Совсем новый автомобиль ВАЗ-21099, всего 50 км пробега, но с двигателем творится неладное: на холостом ходу его трясет, нет мощности, а из выхлопной трубы идет подозрительный дымок. Гадать не надо: достаточно отсоединить шланг вентиляции картера, чтобы убедиться в большом давлении картерных газов и, соответственно, в поломке поршней. Ага, — скажет кто-нибудь, — наверное, дело в низком качестве сборки! Или детали подвели? Нет, причина другая: детонация. Она и разрушила поршни.



С детонацией сталкивался, пожалуй, каждый водитель. И каждый знает, что это для двигателя плохо. И что появляется она чаще всего из-за низкооктанового бензина и на слух воспринимается стуками («клапанов» и даже «пальцев»). Только вот проблема: оказывается, не все детонацию слышат, а если и слышат, то нередко воспринимают ее как нечто, от них не зависящее, и даже путают ее с другими видами нарушения процесса сгорания.

Кроме того, причин появления детонации много, и несоответствие октанового числа бензина — лишь одна из них. Короче, чтобы разобраться и с причинами, и с последствиями, мы решили начать с самого начала — даже не с самой детонации, а вообще с разговора о том...

Что происходит в цилиндре

Интересующий нас процесс начинается в самом конце такта сжатия, когда поршень, сжимая топливовоздушную смесь, приближается к верхней мертвой точке (ВМТ). Искровой разряд на свече зажигания вызывает мгновенный разогрев смеси до температуры более 10000°C в очень малом объеме между электродами свечи. Фактически за очень короткий промежуток времени, примерно равный длительности разряда (около 10^{-5} с или одной сотой доли микросекунды), в этом объеме происходят нагрев, термическое разложение, ионизация молекул топлива и кислорода и воспламенение смеси. Возникает очаг горения, насыщенный продуктами сгорания, и по-

верхность раздела между ним и несгоревшей смесью (фронт пламени).

Если объем очага достаточен для прогрева и воспламенения соприкасающихся с ним слоев смеси (это зависит в основном от мощности искрового разряда и температуры смеси в конце такта сжатия), то процесс сгорания начинает распространяться по объему камеры сгорания от свечи в сторону еще не горевшей смеси.

Вначале скорость распространения пламени невелика — менее 1 м/с. Но длится этот период недолго. В процесс вмешиваются турбулентные пульсации, другими словами, вихри, возникающие в цилиндре и камере сгорания при наполнении и сжатии смеси. Вихри искривляют и разрушают четкие границы фронта пламени: объемы горящих компонентов внедряются в негорящую смесь. Площадь поверхности фронта резко возрастает, а вместе с ней повышается и скорость распространения фронта — до 50-80 м/с.

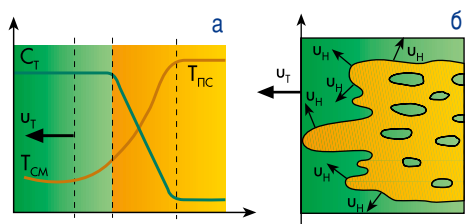
Ускоряющееся движение фронта вызывает все более быстрое воспламенение и сгорание новых порций смеси. В результате температура и давление в камере сгорания резко увеличиваются. Но как только пламя достигнет стенок камеры сгорания (этот момент примерно совпадает с максимумом давления в 3-6 МПа), количество смеси, вступающей в реакцию, станет уменьшаться — слишком мало ее осталось, да и отвод тепла от газов к более холодным стенкам камеры сгорания играет здесь не последнюю роль. Догорание последних порций смеси идет медленно, при этом температура продуктов сгорания, достигнув максимума (более 2000°C) несколько позже, чем давление, начинает падать вместе с началом движения поршня вниз. Все, процесс горе-

ния, занявший 30°–40° поворота коленчатого вала (ПКВ), закончился. Начинается процесс расширения или, как принято говорить, такт рабочего хода.

Как мы уже отметили, на упрощенно описанный процесс влияет немало факторов. Например, температура стенок камеры. Чем она ниже, тем медленнее идет процесс, особенно на последней стадии — ведь снижение температуры замедляет химические реакции.

Очень важен и состав топливовоздушной смеси, точнее говоря, коэффициент избытка воздуха λ . Если топлива слишком много («богатая» смесь, $\lambda < 1$) или, напротив, мало («бедная» смесь, $\lambda > 1$), то «лишние» вещества, не участвующие в реакциях, забирают на себя теплоту и тем самым охлаждают смесь и продукты сгорания. Из-за этого максимальные значения температуры и давления уменьшаются, двигатель недодает мощности, в выхлопных газах появляются продукты неполного сгорания (СО, СН).

Среди прочих факторов отметим такие, как давление и температура смеси в начале сжатия, степень сжатия, режим работы двигателя (частота вращения и нагрузка), угол опережения зажигания, мощность искры, конструкция камеры сгорания и ее размеры, количество нагара на стенках и, конечно, октановое число бензина. Отклонения параметров от их оптимальных значений, естественно, приводят к нарушениям процесса сгорания. И двигатель «плохо работает».



■ — продукты сгорания; ■ — несгоревшая топливовоздушная смесь; u_H , u_T — скорость распространения пламени; $T_{см}$, $T_{пс}$ — температура топливовоздушной смеси и продуктов сгорания; C_T — концентрация топлива. Фронт пламени вначале имеет довольно простую форму (а), но быстро искривляется, а его четкие границы разрушаются (б).

Зависимость давления и температуры в цилиндре от угла поворота коленчатого вала (индикаторная диаграмма):

I — момент зажигания;

II — фаза быстрого сгорания; III — фаза догорания;

Θ — угол опережения зажигания.

Почему двигатель работает плохо?

Большое число нарушений в работе двигателя, связанных с процессом горения, возникает из-за переобогащения топливовоздушной смеси, когда возникают пропуски воспламенения, вспышки во впускной и выпускной системах.

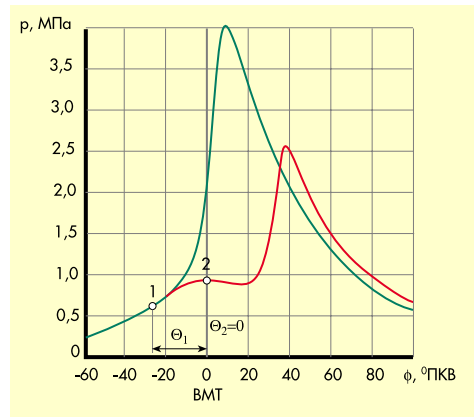
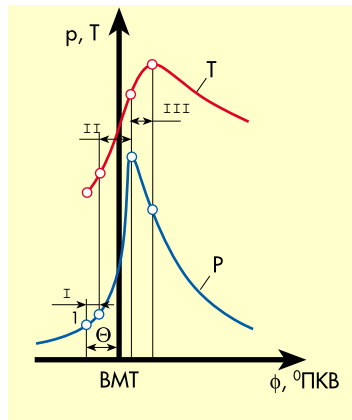
Переобогащение смеси ($\lambda > 1,2 \div 1,3$), возможное при неисправностях системы топливоподдачи, вызывает сильное замедление химических реакций или даже их прекращение в отдельных цилиндрах — тогда мы вправе говорить о пропусках воспламенения (вспышек) в цилиндре. Двигатель при этом, естественно, не развивает мощности. Правда, пропуски воспламенения возможны и из-за неисправности системы зажигания. Например, когда слишком мала мощность искры или искрообразование носит нерегулярный характер.

Вспышки во впускной системе обычно появляются именно тогда, когда топливовоздушная смесь горит слишком медленно. При этом смесь способна продолжать гореть даже на такте выпуска. А поскольку в любом двигателе существует перекрытие клапанов (период, когда в начале выпуска открыты оба клапана), продукты сгорания получают возможность поджечь свежую смесь, начавшую поступать в цилиндр. Тогда быстрое распространение пламени из цилиндра во впускные каналы создает характерный «хлопок» — своеобразный взрыв на впуске.

Кстати, при слишком «позднем» зажигании, нередко являющемся причиной подобных «хлопков», мощность двигателя заметно падает. Почему это происходит, видно по индикаторной диаграмме: при позднем зажигании пик давления в цилиндре резко уменьшается и сдвигается в сторону фазы выпуска.

Еще более сильный взрыв возможен на выпуске — в глушителе. При пропусках воспламенения в отдельных цилиндрах там может скапливаться горючая смесь, которая способна воспламениться с характерным «выстрелом», к примеру, при резком открытии дроссельной заслонки.

Описанные отклонения от нормального протекания процесса горения для механической части двигателя никакой опасности не представляют. Однако хлопки во впускной системе способны вывести из строя расположенные там датчики, разорвать воздушный фильтр, а то и вызвать пожар под капотом. «Выстрел» в глушитель иногда заканчивается разрушением элементов выпускной системы. Чтобы до этого не доводить, доста-



точно содержать системы зажигания и топливоподдачи в исправном состоянии.

Совсем другое дело, если при работе двигателя возникает преждевременное самовоспламенение смеси (калильное зажигание). Очевидно, преждевременное это значит — до момента искрообразования на свече зажигания. Такое возможно, если какие-либо поверхности или элементы камеры сгорания нагреты до слишком высокой температуры (700°C и более). Обычно источниками преждевременного самовоспламенения могут стать перегретые электроды свечи зажигания (когда она, например, подобрана неверно), тарелка выпускного клапана (особенно при неплотном прилегании к седлу), а также нагар на некоторых участках стенок камеры сгорания и днища поршня.

Калильное зажигание, в отличие от нормального, возникает сразу на большой поверхности — к тому же раньше, чем искровой разряд на свече. Поэтому данный процесс, хотя и похож по своей физической сущности на нормальное горение, не только начинается раньше, но и идет быстрее. А значит, возрастает максимальное давление в цилиндре при горении.

Все это вызывает рост нагрузок на детали шатунно-поршневой группы, увеличение шумности работы двигателя, в том числе стуки глухого тона, которые довольно сложно выделить из ряда звуков мотора. Но главное — калильное зажигание приводит к значительному росту тепловых нагрузок на поверхности, образующие камеру сгорания. Особенно страдают алюминиевые детали: днище поршня, поверхность головки блока около выпускного клапана. Ну и, конечно, свечи зажигания, которые быстро выходят из строя из-за оплавления электродов.

Коварство калильного зажигания состоит в том, что его появление почти не слышно. Из-за этого водитель может заметить неладное только

«Позднее» зажигание заметно уменьшает максимум давления в цилиндре и сдвигает

его в сторону выпуска:

— нормальное опережение зажигания (Θ_1);

— «позднее» зажигание (Θ_2).

тогда, когда, например, поршень уже прогорел, и ремонт двигателя неминуем. Для борьбы с этим явлением наиболее действенны профилактические меры. В первую очередь — установка свечей зажигания с калильным числом, соответствующим данному двигателю.

Иногда калильным зажиганием называют и самопроизвольную работу двигателя после выключения зажигания. Обычно это происходит, если в двигатель продолжает поступать топливо (подобное случается обычно при наличии карбюратора). Но этот режим скорее неприятен, чем опасен — нет нагрузки на двигатель, а топлива слишком мало, чтобы сжечь поршни. Борьбаться с таким самовоспламенением нетрудно — обычно бывает достаточно заменить электромагнитный клапан в карбюраторе, свечи зажигания и отрегулировать все, что требуется по инструкции, включая зазоры в приводе клапанов. Бывает и так, что самовоспламенение возникает из-за непонятной смеси, которую вам вместо бензина залили в бак при очередной заправке.

В целом же все описанные отклонения в протекании процесса горения объединены тем, что физическая картина процесса почти не меняется: горение начинается от сильно нагретого источника или поверхности, а далее с большей или меньшей скоростью распространяется в виде фронта пламени по всему объему камеры сгорания, замедляясь и угасая у стенок.

Совершенно другая картина наблюдается при детонации — одном из самых загадочных явлений в двигателях внутреннего сгорания, над которым бьется не одно поколение ученых и конструкторов. Об этом — в следующих номерах журнала. **АБС**



С этим поршнем «поработало» калильное зажигание. Теперь двигателю предстоит серьезный ремонт...

Загадки процесса сгорания

(Окончание. Начало в № 3, 2000)

В прошлом номере журнала мы рассмотрели процесс сгорания топлива и возможные его нарушения, возникающие при эксплуатации двигателя.

Сегодня речь пойдет о детонации — одном из наиболее распространенных, опасных и одновременно загадочных явлений в двигателе.

Первыми с явлением детонации столкнулись конструкторы авиационных моторов еще в начале 20-го века, когда авиация, обогнав автомобильный транспорт, вышла на новый виток технического прогресса и стала использовать все более мощные и легкие двигатели.

Попытки повысить мощность только за счет увеличения объема цилиндров естественно приводили к возрастанию массы и габаритов двигателей, что для самолетов неприемлемо. Можно было пойти по пути увеличения частоты вращения коленвала. Но в авиации свои законы — при очень быстром вращении винта скорость обтекания воздухом концов лопастей могла приблизиться к скорости звука. А в этом случае сила тяги винта неизбежно падает, даже несмотря на высокую мощность мотора.

Оставался единственный выход — совершенствовать рабочий процесс, в том числе сгорание. И здесь ключевым параметром оказалась степень сжатия.

Зачем повышать степень сжатия?

О том, что степень сжатия — параметр для двигателя важный, свидетельствовали теория и практические результаты испытаний разных двигателей. Простейший анализ индикаторной диаграммы (в те времена уже прекрасно известной) однозначно показывал: увеличение степени сжатия дает рост давления в цилиндре в конце такта сжатия и при сгорании топлива. Значит, увеличивается площадь под кривой диаграммы (она же — работа цикла двигателя). Повышается и мощность, которая пропорциональна работе. КПД двигателя и его экономичность тоже растут. А это хорошо и для автомобиля, и для самолета.

Но испытания двигателей с высокой степенью сжатия показали, что на некоторых режимах они работали шумно, с характерным стуком, и быстро выходили из строя. Ломались поршни, поршневые кольца, прогорали стенки камер сгорания. Стало ясно, что только за счет изменения геометрии камеры сгорания «чистого» повышения мощности двигателя не получить.

И тогда вмешалась наука: были разработаны теории процесса горения, поставлены тысячи экспериментов, прежде чем появилась ясность в понимании того, что же на самом деле происходит в камере сгорания двигателя. И откуда берется этот стук, в конечном счете разрушающий двигатель.

В дальнейшем результаты исследований процесса сгорания, детонации и причин ее возникновения были перенесены с авиационных на автомобильные двигатели внутреннего сгорания.

Откуда берется стук?

Напомним, как развивается процесс сгорания. После образования искры между электродами свечи по объему камеры начинает распространяться фронт пламени. В реакцию горения вступают все новые и новые порции свежей топливовоздушной смеси. В результате выделения тепла в камере быстро возрастает давление, достигая максимума.

Когда основная фаза сгорания заканчивается, начинается фаза догорания. К этому моменту в камере остается еще достаточно большое количество не вступившей в реакцию топливовоздушной смеси. Вот здесь-то нас и поджидают сюрпризы. Давление в камере сгорания сильно увеличилось — значит, повысилась и температура смеси, еще не вступившей в реакцию. При определен-



АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ
кандидат технических наук

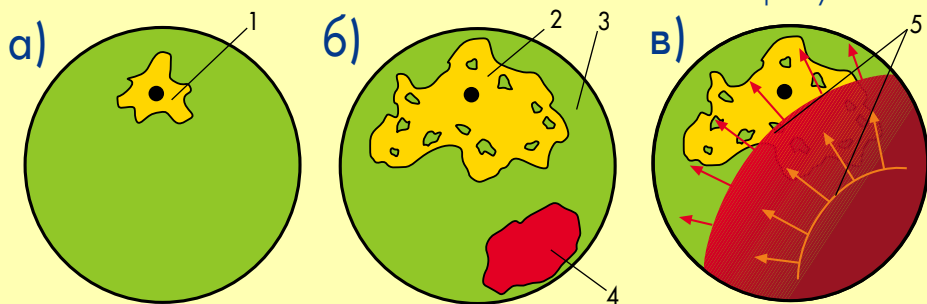
ных условиях она может стать выше температуры самовоспламенения топлива. Но это еще полбеды, ведь для запуска реакции самовоспламенения требуется время. При нормальной работе двигателя быстрое продвижение пламени не приводит к самовоспламенению — для этого просто не хватит времени.

Настоящая беда дает о себе знать, если цилиндр двигателя имеет большой объем и габариты. Тогда длина пути и, соответственно, время распространения фронта пламени увеличиваются, создавая возможность для начала процесса самовоспламенения. В некоторых случаях может уменьшиться само время, необходимое для начала реакции самовоспламенения, — при неправильной установке зажигания, применении низкооктанового бензина и целом ряде других причин.

Возникшее в результате повышения давления

УПРОЩЕННАЯ СХЕМА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕТОНАЦИИ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

- а) начало горения смеси, появление очага воспламенения у свечи зажигания (1);
- б) распространение фронта пламени (2) по объему топливовоздушной смеси (3), объемное самовоспламенение части смеси, удаленной от свечи зажигания (4);
- в) распространение ударных волн (5) по камере сгорания, воспламеняющих еще не горевшую смесь.

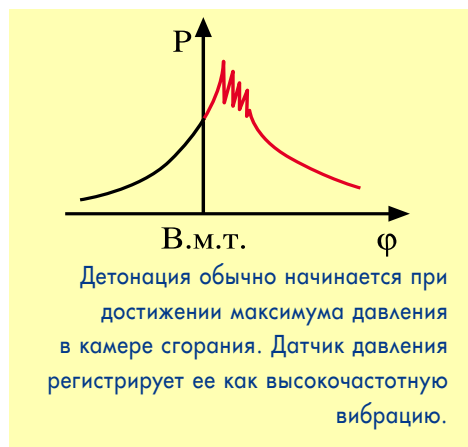


и температуры самовоспламенение происходит не во фронте пламени, как нормальный процесс горения, а за его пределами, в части объема еще не горевшей смеси. Возникает самый настоящий взрыв — резкое, практически мгновенное выделение тепла и повышение давления в той области, где случилось самовоспламенение.

А дальше еще интересней. Как и во время всякого взрыва, образуется ударная волна. Распространяется она со скоростью, превышающей 1000 м/с (напомним, что фронт пламени «движется» намного медленнее — со скоростью не более 50-80 м/с). Во фронте ударной волны, движущейся по камере, не только давление, но и температура скачкообразно возрастают — чем не условия для воспламенения остатков негоревшей смеси?

На практике так и происходит: она воспламеняется со скоростью движения ударной волны. Эта волна, многократно отражаясь от стенок камеры сгорания, и вызывает характерный звонкий металлический стук при работе двигателя.

Описанное явление получило название «детонация», а процесс сгорания, сопровождаемый объемным самовоспламенением последних порций смеси с образованием ударных волн, — детонационным сгоранием (в иностранной литературе детонацию иногда даже обозначают термином *клоск* — стук). Если в камере сгорания устано-



вить датчик давления, то он зарегистрирует высокочастотную вибрацию, частота и амплитуда которой зависят от интенсивности детонации.

Детонация, особенно сильная, не только вызывает стук двигателя под нагрузкой, но и потерю мощности. А разрушение деталей из-за детонации — это вообще особая тема.

Как победили детонацию?

Многолетняя борьба за мощность моторов не прошла даром, тем более что велась она сразу по нескольким направлениям. Так появились высокооктановые марки авиационного и автомобильного бензина. А конструкторам удалось увели-

чить степень сжатия почти вдвое — от 5÷6 в 20-30-х годах до 10÷11 в наше время.

За счет каких ресурсов это было достигнуто? Для ответа на этот вопрос достаточно сравнить современный двигатель с его прародителем.

Первое, что бросается в глаза, — камера сгорания стала компактней, т.е. расстояние от свечи зажигания до самой удаленной точки камеры стало намного меньше. Значит, фронт пламени это расстояние проходит намного быстрее, и процессы самовоспламенения не успевают начаться.

Появились вытеснители — поверхности камеры, к которым поршень в ВМТ подходит практически вплотную. Образуется щель, из которой перед воспламенением часть топливоздушная смеси вытекает с большой скоростью и «завихривает» (турбулизирует) основную массу смеси в камере. Турбулизация смеси препятствует самовоспламенению, одновременно ускоряя движение фронта пламени.

Заметно уменьшился диаметр цилиндра — ведь чем он меньше, тем меньший путь пройдет фронт пламени. На некоторых двигателях стали устанавливать по две свечи зажигания — с той же целью. Значительно усовершенствованы процессы впуска и выпуска, в несколько раз повышены максимальная частота вращения и, соответственно, мощность двигателей. Улучшены условия охлаждения стенок камеры сгорания и днища поршня, на многих двигателях применено масляное охлаждение поршней. Все это позволило снизить температуру смеси там, где обычно начинается самовоспламенение.

Появились, наконец, электронные системы управления углом опережения зажигания, в последние годы — с обратной связью по сигналу с датчика детонации.

Казалось бы, все сделано, чтобы предотвратить детонацию и ездить в свое удовольствие. Но нет, не получается: двигатели продолжают выходить из строя из-за детонации.

Чем опасна детонация?

Ударные волны, «гуляющие» по камере сгорания во время детонации, «бьют» по стенкам и элементам, установленным в камере, в первую очередь по поршню. Заметим, что удары являются не только механическими, но и тепловыми. Это приводит в первую очередь к поломке перемычек между канавками колец на поршне. Удар вначале воспринимает верхнее компрессионное кольцо. Оно передает удар на перемычку, которая при сильной детонации способна треснуть и даже отделиться от поршня в течение всего нескольких минут работы двигателя.

Дальше события будут развиваться в зависимости от режима и времени работы двигателя.



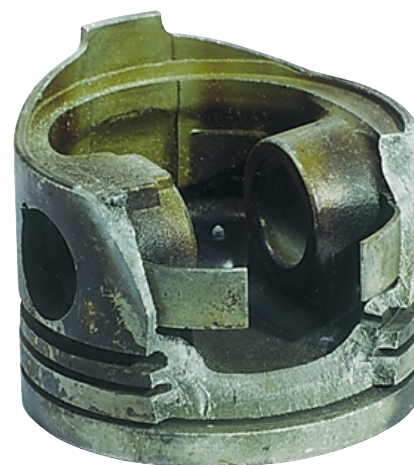
Поломанная перемычка на поршне — типичный результат детонации.

Очевидно, поломка перемычки на поршне вызовет резкое падение компрессии в этом цилиндре и значительное увеличение расхода масла. Если водитель этого не заметит или проигнорирует, ситуация продолжит развитие. Верхнее кольцо, потеряв тепловой контакт с поршнем, не сможет выполнять свою основную функцию — отводить тепло от нагретого поршня к более холодному цилиндру. Последующий перегрев поршня, сопровождаемый прорывом горячих газов из камеры сгорания, приведет к выгоранию верхней части поршня.

Иногда страдают и края днища поршня — ударные волны способны выбивать из него частицы металла. На поверхности образуются каверны, которые затем углубляются и расширяются. Разрушения при этом будут несколько схожи с теми, которые характерны для калильного зажигания (см. «АБС-авто», № 3, 2000). С той лишь разницей, что детонация больше «бьет» по краям поршня (там образуются ударные волны при самовоспламенении топлива), а калильное зажигание обычно сжигает поршень ближе к центру, там, где расположена свеча зажигания.

От детонации страдают и край окантовки прокладки, и выступающие элементы камеры сгорания, в том числе свеча зажигания. На привалочной плоскости головки блока вблизи окантовки

Сильная детонация в конечном счете привела к поломке юбки поршня.





А на этом поршне детонация выжгла хороший кусок — результат отказа регулятора давления турбонаддува.

детонация способна выжечь глубокие каверны, приводящие к потере герметичности и прогоранию прокладки ГБЦ. В дальнейшем такие повреждения головки удастся устранить только с помощью сварки.

Реже встречается поломка поршневых колец. Верхнее кольцо из высокопрочного чугуна прекрасно противостоит детонации. Но если, к примеру, при ремонте использованы кольца сомнительного происхождения, они могут сломаться, и последствия будут почти такими же, что и при поломке перемычки на поршне.

Детонация вызывает и другие, менее заметные, но не менее серьезные дефекты. Например, ударные волны разрушают пленку масла на поверхности цилиндра, из-за чего износ верхней его части и поршневых колец заметно ускоряется. Да и вообще удары по поршню не проходят бесследно для соединений поршня с пальцем и шатунного вкладыша — с шейкой коленвала.

Кстати, канавка верхнего кольца при детонации тоже быстрее изнашивается, а иногда вообще разбивается. Известны также случаи деформации перемычек на поршне, при которых нижние кольца оказывались зажатыми, то есть теряли подвижность в канавках и, соответствен-

но, работоспособность. Как видим, опасностей в детонации таится немало. И чтобы двигатель не пострадал, надо их избегать. А для этого хорошо бы знать...

Когда появляется детонация?

Она возникает, как известно, не на всех режимах работы двигателя. Например, на холостом ходу и малых нагрузках ее не будет — слишком мало давление в цилиндре, чтобы при сгорании могло произойти поджатие и самовоспламенение последних порций топливовоздушной смеси. Маловероятна детонация и при высоких частотах вращения. Время горения (распространения фронта пламени) здесь мало, процесс горения при этом более растянут по углу поворота коленвала, а нарастание давления идет с относительно меньшей скоростью. Из-за этого не хватает времени на развитие процесса самовоспламенения отдельных зон смеси.

Практика подтверждает эти рассуждения: детонация, как правило, возникает при больших нагрузках на малой и средней частоте вращения. Но режимы эти неизбежны при работе двигателя, поэтому важно знать факторы, влияющие на возникновение детонации и поддающиеся регулировке. Главными и первыми следует назвать угол опережения зажигания и октановое число бензина. Слишком раннее зажигание приводит к увеличению скорости нарастания давления и повышению его максимального значения, а низкое октановое число бензина гарантирует окисление (самовоспламенение) топлива при сравнительно низких температурах.

На появление детонации влияет и тепловой режим двигателя. Поскольку последние порции смеси, определяющие появление детонации, расположены у стенок цилиндра, высокая температура стенок дополнительно нагревает смесь, делая ее самовоспламенение более вероятным.

Вот почему при перегреве двигатель нередко «детонирует».

Естественно, возникает вопрос...

Как избежать детонации?

Распознать ее можно по характерному стуку. Поэтому надо научиться слушать двигатель. Правда, на некоторых современных автомобилях услышать детонацию непросто — слишком хорошо изолирован салон. В этом случае слышен слабый детонационный «шелест», не характерный для нормального работающего мотора, но уловить его на слух здесь намного труднее.

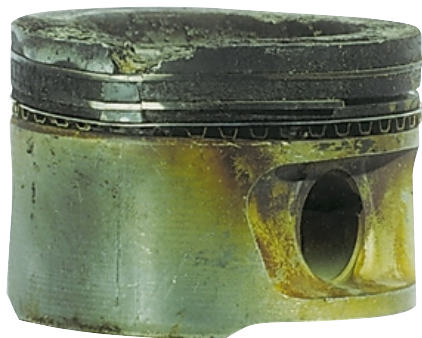
Гарантия от детонации — правильная установка угла опережения зажигания и применение бензина с требуемым для данного двигателя октановым числом. Если же такое несоответствие обнаружилось (например, на АЗС бензин оказался «не той системы»), придется или исключить режимы больших нагрузок на низких и средних частотах вращения, или сдвинуть зажигание на более позднее (если, конечно, конструкция двигателя позволяет изменить угол опережения зажигания).

Иногда появлению детонации способствуют и совсем неожиданные факторы. К примеру, при ремонте головки блока пришлось снять большой слой металла с ее привалочной плоскости. Значит, степень сжатия увеличилась, и придется использовать бензин с более высоким октановым числом. Конечно, в подобной ситуации можно попробовать уменьшить угол опережения зажигания, но тогда возрастет опасность прогара выпускных клапанов: ведь при позднем зажигании температура выхлопных газов увеличится.

Поэтому бороться с детонацией лучше самыми простыми способами. И в первую очередь — содержать двигатель в исправном состоянии и применять соответствующее ему топливо. **АБС**

Если продолжать движение с большой скоростью, легко сжечь сломанный детонацией поршень (в некотором смысле и двигатель тоже):

а) деформация перемычек и колец из-за перегрева;



б) начало плавления поврежденного поршня;



в) прогар верхнего уплотнительного пояса поршня.



Неправильное сгорание

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, канд. техн. наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

СЕРГЕЙ САМОХИН

Какие нарушения процесса сгорания действительно возможны в современном массовом двигателе? Какие они могут иметь последствия и как их распознать?

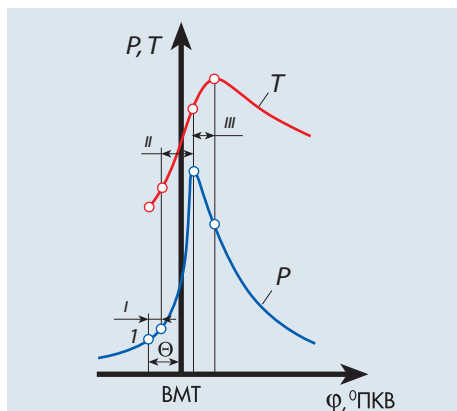
Злободневность этой темы определяется отсутствием ее правильного понимания у большей части населения, имеющего отношение к автотехнике. С рядовых автолюбителей, как говорится, спрос невелик. Хуже, когда понимание отсутствует и у некоторых специалистов, которые профессионально занимаются ремонтом и даже экспертной деятельностью и дают заключения о причинах отказов ДВС. Для обоснования своей (или той, что устраивает клиента) точки зрения некоторые используют в работе техническую литературу, которая была написана лет сорок и более тому назад. Конечно, физические основы рабочих процессов в ДВС остались неизменными, но конструкция и условия эксплуатации моторов кардинально изменились. Поэтому теория частично устарела, в каком-то смысле даже оторвалась от реальности и все в большей степени не согласуется с практикой. Несмотря на это, классическая книга остается авторитетом, на который сплошь и рядом ссылаются, по делу и нет.

Апофеоз

Вышел из строя двигатель 2,0 V6 Nissan Maxima: мотор «запаятерил» и потерял мощность. Владелец обратился в мастерскую, где ему сказали, что прогорел выпускной клапан, а виной тому плохой бензин. В пробе, взятой из топливного бака, действительно обнаружился некие отклонения от стандарта для автомобильных топлив. К делу подключились эксперты, которые в один голос принялись клеймить топливную компанию, цитируя авторитетные теоретические источники. Их заключения пестрели фразами: «нарушение процессов сгорания», «неуправляемый процесс воспламенения», «пятикратное увеличение давления», «троекратное увеличение температуры деталей». И тут же — «сильное нарушение испарения бензина», «снижение скорости сгорания» и

прогар выпускного клапана вследствие «догорания топлива на выхлопе». Дефектовка двигателя также показала небольшой износ двух шатунных вкладышей. «Разжижение масла несгоревшим топливом», — отреагировали эксперты. После этого был вынесен окончательный вердикт: «Причина неисправности — в использовании топлива несоответствующего качества».

Однако при ближайшем рассмотрении выяснилось, что концентрация обнаруженных в бензине примесей была всего 2%, что лишь незначительно превышало норматив. Их фракционный состав примерно соответствовал керосину, т. е. легкому авиационному топливу. Присутствие примесей чуть снизило октановое число бензина, но оно осталось в пределах допуска для данного типа двигателя. На самом деле наличие таких примесей никакого вреда двигателю нанести не могло. И уж тем более вызвать в процессе что-то неуправляемое. Ведь керосин — это не легковоспламеняющийся



Зависимость давления и температуры в цилиндре от угла поворота коленчатого вала (индикаторная диаграмма): I — момент зажигания; I — образование начального очага пламени; II — фаза быстрого сгорания; III — фаза догорания; Θ — угол опережения зажигания

эфир, не правда ли? Ларчик открывался просто: пробег двигателя оказался более 200 000 км. Для маленького мотора тяжелой машины представительского класса это приличная цифра — он оказался банально изношен самым что ни есть естественным образом. И «умер» вполне прогнозируемой естественной «смертью»...

С подобными историями приходится сталкиваться довольно часто. Не переводятся умные головы, которые, всякий раз ссылаясь на теорию, допускают, что действительно возможно, чтобы процесс воспламенения стал неуправляемым, в результате чего давление в камере сгорания поднялось в пять раз, а скорость сгорания при этом уменьшилась. Это возможно только в случае вольной трактовки отдельных положений теории, оторванных от контекста.

Слово теории

Теория рабочих процессов ДВС отмечает три вида нарушений сгорания топливовоздушной смеси. Первый и наиболее часто встречающийся на практике — детонационное сгорание, или просто детонация. Несмотря на то что этот термин у всех на слуху, напомним суть явления детонации.

Нормальное сгорание заряда топливовоздушной смеси происходит в режиме турбулентного горения. Фронт пламени, сформировавшийся в результате поджига смеси искровым разрядом свечи зажигания, распространяется по заряду со скоростью до 60–80 м/с, расширяясь и захватывая все новые области смеси. Этот процесс сопровождается ростом давления и температуры в камере сгорания. Его основная фаза, в которой сгорает 80–85% топлива, завершается уже после прохождения поршнем ВМТ, к моменту, когда давление в цилиндре достигает максимума. Оставшаяся часть смеси, которая располагается в пристеночных слоях, где температура и турбулентность меньше, сгорает в фазе догорания. Вследствие начавшегося расширения продуктов сгорания и увеличения теплоотдачи в стенки камеры давление в цилиндре падает. А температура какое-то время продолжает расти, так что на некоторых режимах работы двигателя температура остатков смеси может превысить порог их самовоспламенения. К счастью, самовоспламенению предшествует временная задержка, необходимая для протекания так называемых предпламенных реакций. При нормальном режиме сгорания этого оказывается достаточно, чтобы избежать самовоспламенения — фронт пламени успевает поджечь остатки смеси «естественным» образом.

Другое дело, когда задержка самовоспламенения оказывается намного меньше времени распространения фронта пламени. Тогда в несгоревшей части смеси, расположенной на пери-

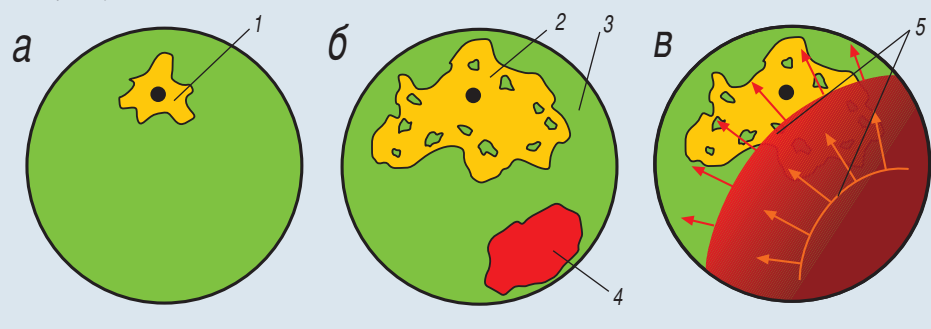
ферии камеры сгорания, возникают очаги объемного воспламенения. Сгорание в них носит взрывной характер, оно порождает ударные волны, которые распространяются по камере сгорания с огромной скоростью (до 1500 м/с), в десятки раз превышающей скорость распространения фронта турбулентного пламени. Проходя по камере сгорания, ударные волны, в свою очередь, повышают температуру остатков смеси, чем способствуют их самовоспламенению, и, многократно отражаясь от стенок камеры, вызывают звонкий металлический стук.

Но внешнее проявление детонационного сгорания — пустяк в сравнении с его «внутренними» последствиями. Сильная и продолжительная детонация может привести к механическим и термическим повреждениям деталей двигателя, находящихся в камере сгорания. Чаще от детонации страдают детали цилиндропоршневой группы — поршни и кольца. Поломки поршней по перемычкам между канавками колец, пожалуй, самое распространенное последствие детонации. Наряду с механическими поломками на поверхности деталей могут отмечаться и следы эрозии — характерные мелкие каверны на днище поршней и стенках камеры сгорания.

Возникновению детонации препятствуют различные факторы, увеличивающие задержку самовоспламенения и сокращающие время про-

Упрощенная схема возникновения детонации в камере сгорания:

- а) начало горения смеси, появление очага воспламенения у свечи зажигания (1);
- б) распространение фронта пламени (2) по объему топливоздушной смеси (3), объемное самовоспламенение части смеси, удаленной от свечи зажигания (4);
- в) распространение ударных волн (5) по камере сгорания, воспламеняющих еще не горевшую смесь



управления с обратной связью по сигналу датчика детонации. Так что детонация сегодня — вполне контролируемый процесс, чтобы можно было ожидать от него чего-то сверхъестественного. Подчеркнем главную особенность детонации — она возникает после воспламенения топлива искровым разрядом свечи зажигания. Так что «неуправляемый процесс воспламенения» — это не про нее.

Второй вид «неправильного» сгорания смеси — преждевременное воспламенение, или калиль-

будем торопиться с выводами. Лучше вспомним то, о чем нередко забывают: калильное зажигание возникает только под нагрузкой, на высоких частотах вращения мотора. Именно на таких режимах в двигатель подается большое количество топлива, которое при сгорании выделяет значительное количество тепла. Иначе откуда взяться энергии, достаточной, чтобы не только накаливать внутренности камеры сгорания, но и расплавить днище поршня?

Если же преждевременное воспламенение смеси происходит без нагрузки, калильное зажигание здесь ни при чем. Скорее всего, в этом виноват третий вариант нарушения сгорания. В англоязычных источниках его называют *dieseling*, то бишь «дизеление». В отечественной технической литературе он носит более длинное название — «воспламенение от сжатия при выключенном зажигании». Этот термин трудно произносимый, но точно отражающий суть явления. Она состоит в том, что хорошо прогретый двигатель после выключения зажигания не останавливается, а продолжает конвульсивно работать. Камера сгорания сильно разогрета, а частота вращения невысока — этого оказывается достаточно, чтобы смесь воспламенялась от сжатия.

В отличие от калильного зажигания «дизелинг» хотя и не очень приятен, но практически безопасен для двигателя. В цилиндр поступает настолько мало топлива, что прогореть ничего не может в принципе. Да и конвульсии мотора быстро прекращаются после нажатия на педаль газа... **АБС**

Продолжение следует.

Найди в этом номере

Поднебесная диагностика

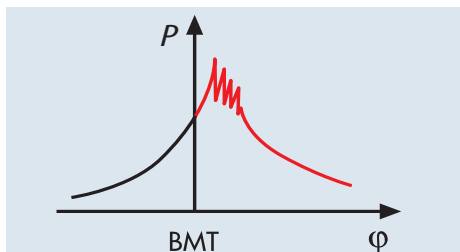


Детонация сегодня — вполне контролируемый процесс, чтобы можно было ожидать от него чего-то сверхъестественного.

хождения фронта пламени. Среди них можно отметить ограничение степени сжатия, уменьшение диаметра цилиндра, центральное расположение свечи зажигания или использование двух свечей, применение высокооктановых топлив, турбулизацию топливного заряда, улучшение охлаждения стенок камеры сгорания, увеличение частоты вращения и снижение нагрузки двигателя, а также уменьшение угла опережения зажигания. Последний успешно используют для борьбы с детонацией в системах

ное зажигание. Сам термин «калильное зажигание» говорит о том, что топливный заряд поджигается не искровым разрядом, а нагретыми (раскаленными) до высокой (более 700–800 °С) температуры участками поверхности камеры сгорания: электродом свечи, острыми кромками тарелки выпускного клапана, поршня, головки или частицами нагара. Воспламененная калильным зажиганием смесь сгорает обычным образом. Беда лишь в том, что горение начинается преждевременно, как будто бесконтрольно увеличился угол опережения зажигания. В результате пики давления и температуры в цилиндре смещаются по времени и могут наблюдаться еще до прихода поршня в ВМТ. При этом мотор теряет мощность, а детали цилиндропоршневой группы и камеры сгорания перегреваются, тем самым давая пищу для дальнейшего развития калильного зажигания — оно наступает все раньше и раньше. Если не принять контрмер (не выключить зажигание), двигатель может в течение нескольких секунд выйти из строя — чаще всего из-за прогорания поршня.

Так вот оно — «нарушение процессов сгорания»? Значит, правы были эксперты? Но не



Детонация обычно начинается при достижении максимума давления в камере сгорания. Датчик давления регистрирует ее как высокочастотную вибрацию

Неправильное сгорание

Начало в № 4/2010

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, канд. техн. наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

СЕРГЕЙ САМОХИН

Теория утверждает, что в искровых ДВС возможны три вида нарушений сгорания топливовоздушной смеси: детонация, калильное зажигание и дизелинг. Для современного серийного двигателя опасность представляет только один из этой тройцы. Остальные могут угрожать мотору только на бумаге.

Если рассудить здраво, дизелинг может происходить только при одном условии — после выключения зажигания в цилиндр должно поступать топливо. Такое было возможно только в «доисторических» карбюраторных двигателях или в карбюраторных моторах с неисправным электромагнитным клапаном холостого хода. Отсюда следует вывод: дизелинг давно канул в Лету. В современных впрысковых двигателях с электронным управлением такое явление имеет мизерную вероятность. Разве что активно «текут» несколько форсунок — случай весьма маловероятный, если не сказать, сомнительный. Выходит, что этот раздел теории сегодня не имеет никакого практического значения.

Мертвое зажигание

Раз уж мы начали критиковать теорию с конца, далее в списке нарушений сгорания значится калильное зажигание. Насколько оно опасно для современного массового автомобильного мотора — 4-цилиндрового атмосфер-

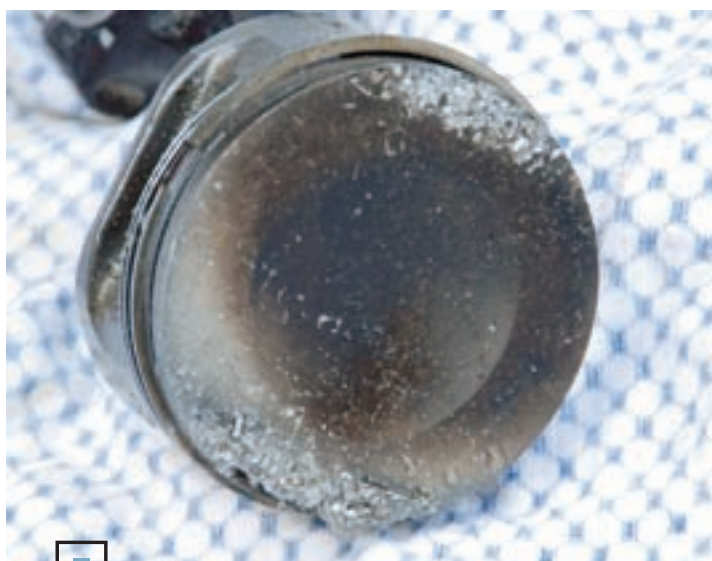
ного двигателя среднего литража и степени форсированности? Во всех теоретических изданиях в качестве «классических» провокаторов калильного зажигания упоминаются слишком «горячие» свечи зажигания и большое количество нагара на поверхностях камеры сгорания. Но насколько они актуальны?

Беремся утверждать, что сегодня при выборе свечей зажигания совершить фатальную ошибку, грозящую калильным зажиганием, практически невозможно. Даже если не иметь понятия о калильном числе и установить в двигатель первые попавшиеся под руку свечи. Во-первых, в последнее время свечи зажигания стремительно эволюционировали в направлении расширения теплового диапазона. Это значит, что температура наиболее горячих частей свечи (кончика юбки изолятора и электродов) остается в допустимых пределах в случае значительного изменения температурного режима в камере сгорания. Во-вторых, современные двигатели имеют весьма совершенную систему охлажде-

ния камеры сгорания, обеспечивающую невысокую температуру стенок и практически исключаящую их перегрев. В-третьих, все массовые моторы теперь в общем и целом одинаковые — и по степени сжатия, и по литровой мощности. Поэтому применяющиеся в них свечи имеют примерно одинаковые калильные числа, что отражается на ассортименте магазинов. Максимум, что можно найти в продаже из свечей определенного конструктивного исполнения, — это модели с калильным числом, на единицу больше или меньше рекомендованного. Если ошибешься — температура кончика изолятора свечи изменится на несколько десятков градусов. А для некоторых двигателей и это невозможно — особая конструкция свечи вообще не оставляет выбора. Значит, вероятность того, что свеча станет причиной калильного зажигания в массовом двигателе, произведенном в XXI веке, близка к нулю.

Если механическая часть двигателя современной конструкции исправна, примерно такова же вероятность накопления критического количества нагара. Качество моторных масел и бензина сегодня несоизмеримо лучше, чем было полвека назад. Да и нагар при тепловой напряженности теперешних моторов способен безболезненно выгорать с поверхностей. Не стояли на месте и системы управления двигателем — следуя требованиям экологических стандартов, они придирчиво контролируют параметры зажигания и качество смеси, а «в случае чего» незамедлительно сигнализируют о неисправностях.

Напрашивается вывод: сегодня владелец автомобиля с массовым мотором едва ли может реально столкнуться с калильным зажиганием. Разве что откопает «доисторические» свечи в дедушкином гараже. Или начнет самостоятельно модернизировать свой двигатель — тюнинг, понимаете ли. Этот вывод подтверждают многие специалисты-практики, которые знают эту



Характерные результаты детонации — эрозия поверхности поршня и разрушения в области огневого и уплотнительного поясов

Детонационные мифы

В народе бытует множество мифов, связанных с детонацией. Они имеют столько же общего с реальностью, сколько и любые другие легенды.

1. Масло, попадающее в камеру сгорания, снижает детонационную стойкость. Обычно при допустимом расходе масла «на угар» его концентрация настолько мала, что не в состоянии кардинально изменить скорость сгорания заряда. Если же масла попадает слишком много, оно тут же забрасывает свечи, и цилиндр отключается — какая уж тут детонация?

2. В результате детонации повреждается вкладыш коленвала. Эффективность воздействия детонации на вкладыш примерно такая же, как если молотком пытаться расплющить монету, лежащую под чугунной плитой.

3. Детонация возникла из-за уменьшения октанового числа бензина на единицу. Двигатель, столь чувствительный к детонационным свойствам бензина, не имеет права сходить с конвейера.

4. Бензин в баке в норме. Загадка: откуда взялось детонационное повреждение мотора? Некачественной могла оказаться любая заправка в прошлом. Даже полбака некачественного топлива достаточно, чтобы спровоцированная им детонация впоследствии проявилась, например, поломкой поршня. Сколько таких «полбаков» могло быть за время эксплуатации автомобиля?

тому не из теории. Да, калильное зажигание случается, но... в другой технике. К примеру, при эксплуатации турбодвигателей и двухтактных моторов с воздушным охлаждением. Особенно на спортивных соревнованиях.

Получается, что единственным злом современного мотора, вызванным нарушением сгорания смеси, остается детонация.

Слышали звон...

Теория отмечает множество факторов, неблагоприятное сочетание которых может спровоцировать детонацию. Если сделать поправку на современные реалии и абстрагиро-



Все началось с трещины в перемычке, а закончилось поломкой юбки поршня

ваться от нестандартных ситуаций (отказ датчика детонации, ошибка в установке датчика положения коленвала, неэффективная работа системы охлаждения и т. д.), можно утверждать, что основная причина детонации — заправка бензином, октановое число которого значительно ниже рекомендованного для данного двигателя. Именно «значительно ниже» — если октановое число окажется меньше на одну-две единицы, с двигателем ничего страшного не случится. У современного мотора есть запас по этому параметру, а диапазон регулирования системы управления достаточен, чтобы компенсировать это отклонение. В последнее время контроль качества топлива худо-бедно налаживается. Топливные компании следят за соответствием октанового числа бензина норме. Так что количество повреждений двигателей в результате детонационного сгорания год от года уменьшается. И все же они случаются.

Детонационные процессы оказывают воздействие на все детали камеры сгорания, но больше всего «достается» поршню. Следы детонации проявляются там, где она происходит: на периферии камеры сгорания, по краям днища поршня. Если сила и продолжительность детонации были невелики, здесь можно обнаружить лишь характерную эрозию поверхности, подвергавшейся действию ударных волн. Эрозия практически не влияет на работоспособность двигателя, но уже дает серьезный повод задуматься — вспомнить о коварстве детонации. Оно — коварство — заключается в том, что детонация может оказывать отложенное воздействие. Единичный пик давления во фронте ударной волны не может разрушить поршень, но действующая подобно отбойному молотку детонация снижает порог усталостной прочности металла. И чем больше циклов нагружения испытал поршень, тем в большей степени в зонах концентрации напряжений (как правило, в углах канавок под поршневые кольца) накапливаются дефекты и образуются микротрещины. Со временем они растут, расширяются и в один прекрасный момент поршень может «дрогнуть» от обычных эксплуатационных нагрузок. В результате чаще всего происходит разрушение перемычки между первым и вторым компрессионными кольцами. Иногда повреждения затрагивают зону огневого пояса поршня и перемычку под вторым кольцом.

Интенсивная и длительная детонация ничего не откладывает «на потом» и быстро повреждает уплотнительный пояс поршня. Разрушение перемычки — опасная штука, которая редко ограничивается только лишь выкрашиванием небольшого куса поршня. Поломка перемычки нарушает уплотнение поршня и ощутимо увеличивает расход масла из-за возросшего выноса его капель в камеру сгорания. Одновременно



□ Если отвод тепла через уплотнительный пояс затруднен, а тепловая нагрузка на поршень велика, процесс быстро развивается от температурной деформации к частичному оплавлению и, наконец, полному прогоранию поршня (слева направо)

с этим вследствие нештатного контакта деталей повреждается стенка цилиндра.

Дальнейший ход событий — дело случая. В одном случае (когда мотор работает на низких и средних нагрузках) оставшиеся в теле поршня трещины вскоре могут привести к тому, что поршень развалится на части. В другом, если двигатель продолжительное время поработает в мощностном режиме, поршень начнет плавиться. Напомним, что следующая за уплотнением важнейшая функция компрессионных колец — отвод тепла от поршня. Так, через первое кольцо сбрасывается до 70%, а через второе — до 20% тепла, воспринимаемого поршнем. Поэтому, как только часть кольца «повисает в воздухе», теплосъем с днища поршня уменьшается. Температура в зоне повреждения резко увеличивается и на мощностном режиме достигает точки плавления.

...да не знают, где он

Косвенное термическое последствие детонации в виде расплавленного поршня, скорее всего, и вводит многих в заблуждение. Кто-то приписывает этот результат калильному зажи-

ганию, кто-то начинает думать, что сам процесс детонации сопровождается «троекратным увеличением температуры деталей». Ни то, ни другое неверно. В результате калильного зажигания поршень чаще прогорает, как и следует ожидать, в центре, т. е. вблизи свечи зажигания. При нарушении теплового контакта компрессионного кольца он оплавляется по периметру — там, где термическое воздействие детонации максимально, а отвод тепла затруднен.

Детонация коварна еще и потому, что ее проявления в разных цилиндрах могут быть неодинаковыми. Например, перемишка может быть повреждена только на одном из поршней. В таком случае нужно иметь в виду, что детонация «в отдельно взятом цилиндре», как и коммунизм в отдельно взятой стране, — штука маловероятная. Если один из поршней двигателя поврежден детонацией, то, скорее всего, остальные также не избежали ее воздействия — просто дефекты пока не заметны глазу. Значит, чтобы вскоре снова не разбирать двигатель, нужно заменить всю поршневую группу. По идее, детонационные удары передаются не только на поршень, но и на «нижестоящие»

детали КШМ, но для них это комариные укусы. На практике никаких повреждений поршневых пальцев, шатунов, вкладышей и т. д. от детонации не наблюдается, а если они и обнаруживаются, то с детонацией никак не связаны.

В заключение еще раз подчеркнем, что в явлении детонации нет ничего сверхъестественного и мистического, способного ни с того ни с сего вызвать «пятикратное увеличение давления» или «троекратное увеличение температуры деталей». Сегодня это вполне объяснимый и контролируемый процесс. Причины, механизм воздействия и последствия детонации понятны, известно, как с ней бороться — в конце концов, достаточно просто ослабить давление ноги на педаль газа. Но самое главное — к детонации нужно относиться с пониманием. Причем нужно это всем: и автолюбителям, и сервисменам, и экспертам.



Найди в этом номере

Антикор без запаха? Это как же?



ИНСТРУМЕНТАЛЬ

ВСЁ ДЛЯ АЭРОГРАФИИ

- АЭРОГРАФЫ
- КОМПРЕССОРЫ
- АКСЕССУАРЫ

ОПТОМ И В РОЗНИЦУ

ВСЁ ДЛЯ КУЗОВНОГО РЕМОНТА

- СТАПЕЛИ
- ОКРАСОЧНО-СУШИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ
- ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- СПОТТЕРЫ
- ИНФРАКРАСНЫЕ СУШКИ
- КРАСКОПУЛЬТЫ
- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
- ПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

М. КОЖУХОВСКАЯ, УЛ. ТРОФИМОВА ДОМ 35/20 "МАГАЗИН ИНСТРУМЕНТЫ" E-MAIL: 6622690@LIST.RU

ТЕЛ: 8 (495) 782-65-30, 958-88-86, 662-26-90. WWW.AUTO-INSTRUM.RU

Холодная «голова» и пламенное «сердце»

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Сказать, что неполадки в работе системы охлаждения ведут к неприятностям — значит, ничего не сказать. Значительная часть серьезных неисправностей двигателей, попадающих на СТО, связана со сбоями в работе именно этой системы. Мы уже рассказывали об опасных последствиях перегрева деталей двигателя (№ 4/1999). Сегодня речь пойдет о причинах этого явления. Точнее — о практической стороне дела: как выявить и устранить дефекты в системе охлаждения.

До боли знакомая картина: автомобиль на дороге, капот открыт, клубы пара. Если до этого еще не дошло, а стрелка термометра упрямо стоит в красной зоне, то радости тоже мало — перегрев. Причина? Термостат или датчик включения вентилятора. А может, и прокладка головки прогорела. Любой механик сходу назовет десяток причин перегрева двигателя и столько же вариантов того, что и как менять. Однако не все так просто, как кажется на первый взгляд.

На практике известно немало случаев, которые не укладываются в традиционные схемы. Вспоминается такой эпизод с автомобилем Ford Scorpio: после посещения сервисов, где, казалось бы, уже сделали все, да не по одному разу (включая опрессовку головки блока цилиндров и замену прокладки головки), дефект в системе охлаждения как был, так и остался — антифриз по-прежнему перемешивался с маслом. Виновником в конечном счете оказался не термостат, не датчик, не прокладки и не трещина в головке, а охладитель масла, установленный на блоке цилиндров. Автомобиль более 10 лет эксплуатировался, мягко говоря, не очень аккуратно, преимущественно на воде вместо антифриза. Охладитель масла в результате прогнил изнутри, и потоки масла и антифриза, идущие через него, просто не

могли не перемешиваться. В результате копеечная работа по устранению дефекта (охладитель можно не менять, а просто «убрать», закольцевав соответствующие шланги) превратилась в глобальную проблему, с которой не справились на двух (!) СТО.

Или такой случай: автомобиль Ford Mondeo «страдал» хроническим перегревом двигателя. После огромного комплекса проведенных работ, включая замену термостата и прокладки головки, а также промывку радиатора, ничего не изменилось. В конечном счете, причина была найдена — виновником оказался электродвигатель вентилятора, дефект которого не позволял крыльчатке вращаться с необходимой скоростью. Естественно, охлаждение радиатора было недостаточным.

Список можно продолжить. Но и так ясно, что перегрев двигателя, а тем более устранение причин его вызывающих — дело непростое. Можно даже сказать, тонкое. А потому, чтобы не совершать ошибок и не делать лишней работы, сначала надо подумать. Иначе в тонкостях причин перегрева не разобраться.

Причина или следствие?

Итак, перегрев. А что это? Ведь не секрет, что некоторые считают перегревом двигателя даже

незначительное отклонение стрелки указателя температуры от ее среднего значения. Поэтому, очевидно, прежде чем что-либо диагностировать и тем более рекомендовать, желательно вначале определить, с чем имеем дело.

По нашему мнению, перегрев двигателя — это температурный режим его работы, характеризующийся закипанием охлаждающей жидкости. А вот причины этого явления различны и довольно многочисленны. Их можно разбить на несколько групп, которые мы и рассмотрим.

Неисправности или дефекты компонентов системы охлаждения. Эта группа неисправностей, которые можно условно назвать первичными, т.е. непосредственно вызывающими отклонения в работе системы охлаждения или выход ее из строя. Сюда относятся неисправности термостата, вентилятора, его вязкостной муфты или температурных датчиков, а также блока управления двигателем, если в его функции входит и управление вентилятором. Причинами неисправностей системы охлаждения легко могут стать дефекты помпы (проворачивание крыльчатки на валу или коррозия крыльчатки и корпуса), пробки радиатора или расширительного бачка, загрязнение радиатора снаружи или изнутри, негерметичность шлангов и других узлов.

Эти неисправности обычно мало зависят от условий эксплуатации автомобиля, за исключением наиболее грубых нарушений, к примеру, использования некачественной охлаждающей жидкости.

Неисправности системы охлаждения вследствие некачественного ремонта, очевидно, привнесены извне. Отметим здесь различные повреждения (риски, забоины) привалочных плоскостей головки и блока цилиндров, прокладки ГБЦ. Сюда же можно отнести деформацию плоскости головки, не устраненную при ремонте (к примеру, со старой прокладкой герметичность стыка еще сохранялась, в то время как с новой прокладкой нарушилась). Эта группа неисправностей тесно связана с группой вторичных неисправностей, по крайней мере, эти группы имеют сходные внешние признаки проявления.

Вторичные неисправности в двигателе — это уже последствия его перегрева, эксплуатации двигателя при повышенной температуре. Речь идет о таких неисправностях, как прогар прокладки ГБЦ, деформация плоскости головки, прогар стенок головки и цилиндра, образование трещин в стенках камеры сгорания и цилиндра, деформация и задиры поршней и поршневых колец. Как правило, эти неисправности не являются сами по себе, а вызваны сравнительно

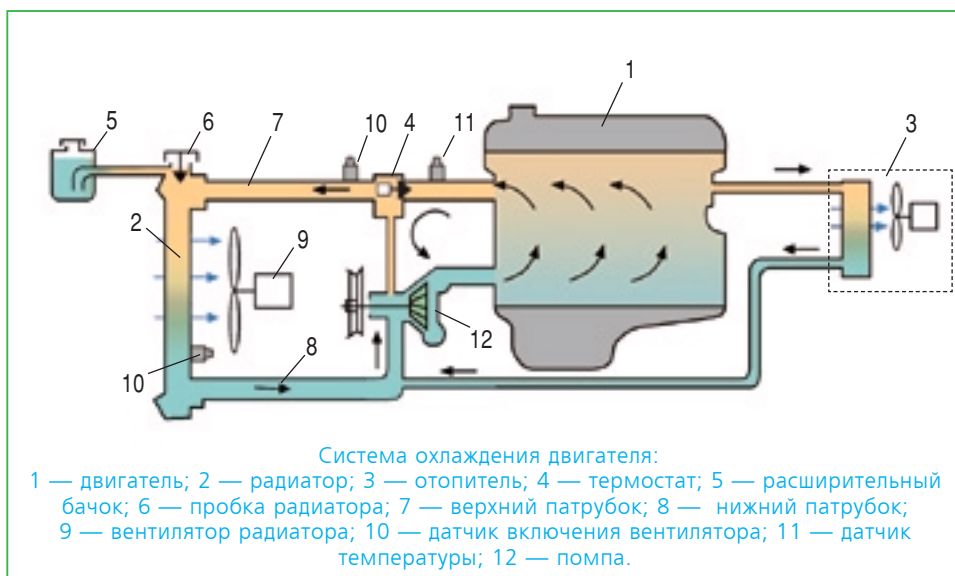


Таблица неисправностей системы охлаждения и признаков их внешнего проявления

Причина неисправности	Внешние признаки неисправности													
	Негерметичность системы, течь антифриза	Термостат не открывается	Термостат постоянно открыт	Неисправен вентилятор, мурфта или датчик температуры	Проворачивание крыльчатки помпы на валу, коррозия крыльчатки и корпуса	Загрязнение радиатора снаружи	Загрязнение радиатора изнутри	Негерметичность клапана пробки радиатора	Негерметичность охладителя масла	Незначительная негерметичность прокладки ГБЦ, микротрещина в стенке камеры сгорания	Прогар прокладки ГБЦ, микротрещина в камере сгорания	Трещина в рубашке охлаждения ГБЦ	Трещина в стенке цилиндра	Негерметичность прокладки впускного коллектора
Белый дым из выхлопной трубы											●	●	●	●
Двигатель «троит», системы топливоподачи и зажигания в норме										●	●		●	●
Эмульсия в масле или на пробке маслосливной горловины									●	●	●	●	●	●
Пленка масла или эмульсия в расширительном бачке									●	●	●	●	●	
Запах бензина и выхлопных газов в расширительном бачке										●	●		●	
Кипение при движении под нагрузкой		●		●	●	●	●			●	●		●	
Кипение при работе на месте на высоких оборотах		●		●	●	●	●			●	●		●	
Кипение при работе на холостом ходу	●	●		●	●		●	●			●		●	
Температура в системе выше нормы	●	●		●	●	●	●		●	●	●	●	●	
Температура в системе ниже нормы			●											
Температура в системе при движении возрастает	●	●				●	●			●	●			
Температура в системе при движении падает				●										
Двигатель долго прогревается			●											
Давление в верхнем патрубке радиатора увеличивается с повышением оборотов							●							
Давление сразу увеличивается и быстро падает после выключения двигателя									●	●	●		●	
Давление в системе отсутствует	●							●				●		●
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок, но только после выключения двигателя								●						
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок		●		●	●	●	●	●		●	●		●	
Не работает отопитель	●		●		●					●	●		●	
Вентилятор не включается		●		●	●	●								
Воздух после вентилятора недостаточно горячий			●		●									
Малый напор воздуха от вентилятора				●										
Нижний патрубок радиатора холодный		●		●	●		●							
Расход антифриза	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● явно выраженное отклонение от нормы
● возможно отклонение от нормы

длительным и чрезмерным тепловым воздействием на детали и узлы двигателя. Хотя нельзя забывать и о том, что из каждого правила есть исключения.

Итак, все основные «виновники» неисправности системы охлаждения двигателя и его перегрева установлены. А как определить на практике, что вышел из строя именно этот компонент, а не другой? Для этого, очевидно, надо знать внешние проявления той или иной неисправности.

Как проявляются неисправности?

Пытаясь разобраться, что для системы охлаждения является нормой, а что нет, необходимо хорошо представлять устройство и работу не только системы охлаждения, но и всего двигателя в целом. О том, что в системе охлаждения появились проблемы, свидетельствуют более 20-ти признаков, — это затрудняет однозначное установление истинной причины неисправности. Что же будем проверять? Все по порядку.

Температура нижнего патрубка радиатора проверяется очень просто — на ощупь. Этот патрубок должен быть почти таким же горячим, как и верхний. Обратное свидетельствует о недостаточной прокачке антифриза через радиатор.

Работа вентилятора характеризуется не только его включением и выключением, но и напором воздуха. Важна и температура прокачиваемого вентилятором воздуха — прохладный воздух косвенно указывает на недостаточное горячий радиатор.

Работа отопителя нарушается при попадании в систему воздуха или выхлопных газов. Такое случается не только при утечке антифриза, но и при дефектах двигателя (к примеру, трещина в головке блока или прогоревшая прокладка ГБЦ).

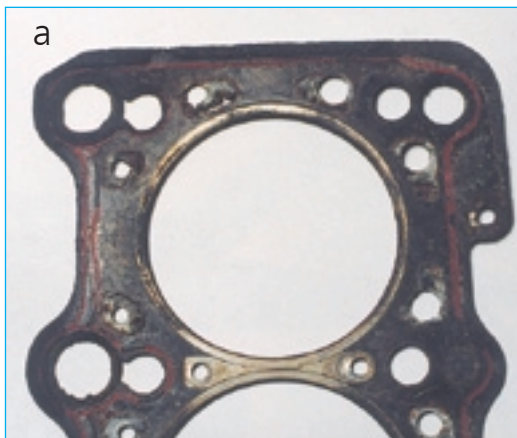
Давление в системе охлаждения — еще один очень важный параметр. Давление должно очень медленно (в течение 10-15 мин) возрастать при прогреве двигателя и так же медленно снижаться после его выключения. Отклонения от этого — свидетельства неисправности в системе охлаждения.

Величина давления в верхнем патрубке радиатора может помочь установить причину некоторых неисправностей. Так, например, при перегреве, когда общее давление в системе еще невелико, резкое повышение давления в патрубке при увеличении числа оборотов двигателя может свидетельствовать о внутреннем загрязнении радиатора.

Рабочая температура в системе — один из самых важных индикаторов ее «здоровья». Температура может не только «зашкаливать», но и просто быть выше или ниже обычного уровня. Важно также влияние скорости автомобиля —

растет или падает температура при движении. Иногда отправным моментом для точного определения причины неисправности может стать время выхода температуры на рабочий уровень — чрезмерно быстрый прогрев, равно как и чрезмерно медленный может указать на неисправность в системе.

Чрезмерно высокая температура (перегрев) также может проявляться по-разному. Отметим, что перегрев может происходить как на одном режиме работы (на холостом ходу, на «месте» на



Типичные последствия перегрева двигателя:

- а) прогар прокладки ГБЦ;
- б) задиры на поршне и поршневых кольцах.



высоких оборотах, при движении на высоких скоростях), так и сразу на нескольких режимах, что указывает на совершенно разные неисправности.

Расширительный бачок системы охлаждения — удобный индикатор ее состояния. Пузырение жидкости, запах выхлопных газов или бензина, пленка масла или эмульсия на поверхности антифриза в бачке — признаки очень серьезных неисправностей двигателя, причем весьма различных.

Эмульсия в системе вентиляции и смазки всегда появляется при попадании антифриза в масло. Масло при этом мутнеет и становится непрозрачным, а на крышке маслосливной горловины появляется характерная пена. Последняя, правда, требует к себе критического отношения — при отсутствии расхода антифриза образование пены может быть связано с плохой работой системы вентиляции, особенно в холодное время года.

Расход охлаждающей жидкости в нормально работающей системе охлаждения не предусмотрен. Поэтому снижение уровня жидкости — признак неисправности. Весь вопрос лишь в том, куда «уходит» жидкость: вытекает наружу, попадает в масло или в цилиндры?

Характер работы двигателя, особенно, на холостом ходу, нередко может указывать на наличие неисправностей в системе охлаждения. Попадание антифриза в цилиндр или, напротив, выхлопных газов из цилиндра в рубашку охлаждения, как правило, ведут к неустойчивой работе двигателя на холостом ходу и даже отключению отдельных цилиндров.

В некоторых наиболее тяжелых случаях при перегреве деформируются поршни, возникают задиры на их юбках, поршневых кольцах и стенках цилиндров. При этом двигатель начинает стучать, в первую очередь, в холодном состоянии, резко увеличивается расход масла, появляется характерный синий дым выхлопа. Однако указанные явления нельзя считать исключительно признаками неисправности системы охлаждения — это могут быть неисправности самого двигателя, возникшие ранее.

Цвет выхлопных газов в случае негерметичности цилиндра становится густо-белым или сине-белым. Это важный признак появления вышеназванного дефекта, который следует отличать от конденсации водяного пара при высокой влажности и низкой температуре воздуха.

Итак, мы рассмотрели, основные причины неисправностей системы охлаждения и внешние признаки их проявления. Теперь осталось все это соединить воедино, чтобы понять, ...

Как найти причину неисправности?

Все описанные причины и признаки неисправностей мы свели в таблицу, по которой можно определить, чем вызван и как проявляется тот или иной дефект в системе охлаждения. Полученная таблица — это фактически ключ или алгоритм, по которому любой профессионал работает с системой охлаждения.

К сожалению, записать такой алгоритм оказалось делом непростым, в результате чего таблица получилась довольно громоздкой. Но приобретя профессиональный опыт вообще не просто, поэтому время, потраченное на изучение наших данных, нельзя расценивать как потерянное напрасно. Это относится не только к диагностике системы охлаждения, но и к способам устранения неисправностей в ней, о чем мы будем рассказывать в следующей статье. **АБС**

Наша справка.

Получить консультацию и выполнить ремонт любого двигателя можно в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг», тел.: (095) 158-8153, www.ab-engine.ru

Точка кипения

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, канд. техн. наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»
ДАВИД АКОПЯН

Перегрев мотора – тема далеко не одной статьи. Так что наверняка у этого материала будет продолжение. Сложность процессов охлаждения, масса факторов, ответственных за перегрев, не только определяют множество различных дефектов, но и создают иной раз значительные трудности для специалистов в исследовании причин неисправностей. И если у старых автомобилей неполадки с охлаждением обычно связаны с дефектами элементов самой системы или даже неисправностью двигателя, то его перегрев на сравнительно новом автомобиле случается совсем по другим причинам.

Не секрет, что неисправности в системе охлаждения мотора могут быть вызваны самыми разными причинами. На машинах с большим пробегом это чаще всего связано с выходом из строя изношенных или изрядно состарившихся агрегатов и узлов самой системы охлаждения — подшипников и уплотнений насосов, термостатов, шлангов, прокладок и хомутов, а также коррозией радиаторов, загрязнением их наружных и внутренних поверхностей, отказом электрических элементов — разъемов проводки, датчиков, вентиляторов. Список можно продолжить и далее, например, дефектами прокладки головки блока цилиндров или даже трещинами в стенках ГБЦ.

Другое дело, когда речь заходит о перегреве двигателя новой машины. Очевидно, на автомобилях, находящихся на гарантии завода-изготовителя, указанные дефекты и неисправности агрегатов оказываются большой редкостью. А некоторые вообще практически не встречаются — слишком мало время эксплуатации для износа и старения, и мала продолжительность воздействия на автомобиль агрессивной среды. Поэтому, к примеру, возникновение сквозной коррозии на радиаторе за время гарантийного пробега — случай больше из области ненаучной фантастики, нежели из реальной жизни.

Тем не менее дефекты и отказы в системе охлаждения встречаются и на новых автомобилях. Так, изредка дают о себе знать производственные дефекты, хотя их проявление скорее возможно только в начальный период эксплуатации, когда на работу системы еще влияют «начальные условия» — качество изготовления деталей и их сборки. Но практика показывает, что, как только автомобиль прошел десяток-другой тысяч километров, влияние производства становится все менее заметным, а далее и просто маловероятным. Однако другие причины перегрева все же остаются...

А был ли перегрев?

Когда произошел перегрев двигателя, нет необходимости предаваться фантазиям и выдумывать мифические процессы для объяснения происшедшего — надо прежде всего проанализировать все известные признаки перегрева и установить их соответствие (или несоответствие) картине происшествия. Для этого достаточно знать признаки перегрева и уметь их найти на конкретном двигателе.

Итак, если двигатель был перегрет, в общем случае мы увидим такую картину:

1. Деформация плоскости ГБЦ, ослабление болтов ГБЦ, пластическая деформация прокладки ГБЦ, следы прорыва газов на ней.

2. Загрязнение расширительного бачка маслом и нагаром, запах выхлопных газов, следы течи и разбрызгивания охлаждающей жидкости в подкапотном пространстве вокруг бачка.

3. Деформация юбок и задиры на краях юбок поршней (ближе к поршневому пальцу) от чрезмерного теплового расширения поршня. Темные следы перегрева на внутренней поверхности поршней. Задир на поршнях в верхней части огневого пояса вследствие термического расширения днища и заклинивания его в цилиндре, ответные задиры в средней и верхней части цилиндров от чрезмерного трения юбки и огневого пояса поршней.

4. Деформация в средней части цилиндров — вытягивание цилиндра в плоскости качания шатуна, деформация в верхней части цилиндров, близкая по величине к деформации в средней части и вызванная заклиниванием верхней части поршня. Вальцевание колец в канавках поршней вследствие задиров на поршне и цилиндрах от перегрева поршней.

5. Код ошибки по температуре охлаждающей жидкости в блоке управления двигателем, который появляется на некоторых автомобилях при превышении температуры 130–140 °С.

6. Выпадение седел из гнезд, разрушение седел. Плавление стенок ГБЦ (главным образом между выпускными седлами). Задир на поршнях в верхней части огневого пояса вследствие попадания расплавленных частиц материала ГБЦ в зазор между поршнями и цилиндрами. Вальцевание колец в канавках поршней вследствие попадания расплавленных



□ Типичный признак перегрева двигателя в его начальной стадии — деформация плоскости головки блока

частиц в зазор между поршнем и цилиндром. Плавление верхней части поршня (обычно с края) из-за отсутствия охлаждения.

Мы намеренно выстроили признаки в определенном порядке — от слабого перегрева до все более и более сильного. То есть признаки, помещенные ближе к концу списка, проявляются только при сильном и длительном перегреве — вплоть до плавления деталей. В большинстве практических случаев двигатель не доходит при перегреве до такого состояния — он или раньше заклинивает, или водитель его раньше остановит, к примеру, увидев перегрев по указателю температуры.

Отметим, что приведенные признаки — это те, которые будут иметь детали после того, как двигатель уже получил повреждения и даже вышел из строя. Другими словами, это объективные признаки, которые можно и посмотреть и, что называется, потрогать руками.

Особняком от этих признаков стоят те, которые можно условно назвать субъективными. К ним можно отнести признаки, которые уже нельзя увидеть и проверить, поскольку и двигатель уже не работает, и детали не имеют высокой температуры. Но которые, возможно, были в момент перегрева, и которые мог заметить (или не заметить) водитель. К таким признакам относятся:

1. Превышение допустимой температуры на указателе, срабатывание имеющихся на автомобиле средств контроля за температурой.
2. Детонация на переходных режимах. Разогрев лишенных охлаждения стенок каме-



Отсутствие охлаждения цилиндра вызывает расширение поршня вдоль пальца – с появлением задигов на краях юбки

ры сгорания всегда приводит к детонации, поскольку порции топливовоздушной смеси, расположенные у стенок, легко воспламеняются при повышении давления в цилиндре — раньше, чем до них доходит нормально распространяющийся от свечи зажигания фронт пламени.

3. Течь жидкости — ее обычно видно на дороге сразу после остановки автомобиля.

Субъективность данных признаков заключается в том, что кроме водителя, их вряд ли кто мог увидеть. Но и он мог их не заметить, особенно, при интенсивном движении, включенной музыке, а то и просто шуме от дороги при открытом окне. Кроме того, совсем не факт, что указатель температуры действительно показал перегрев, когда он случился. Точно так же — детонация проявляется только на переходных режимах, а в момент перегрева автомобиль, к примеру, ехал с постоянной скоростью. Или охлаждающая жидкость вытекла так быстро, что к моменту остановки автомобиля и капель ее не осталось.

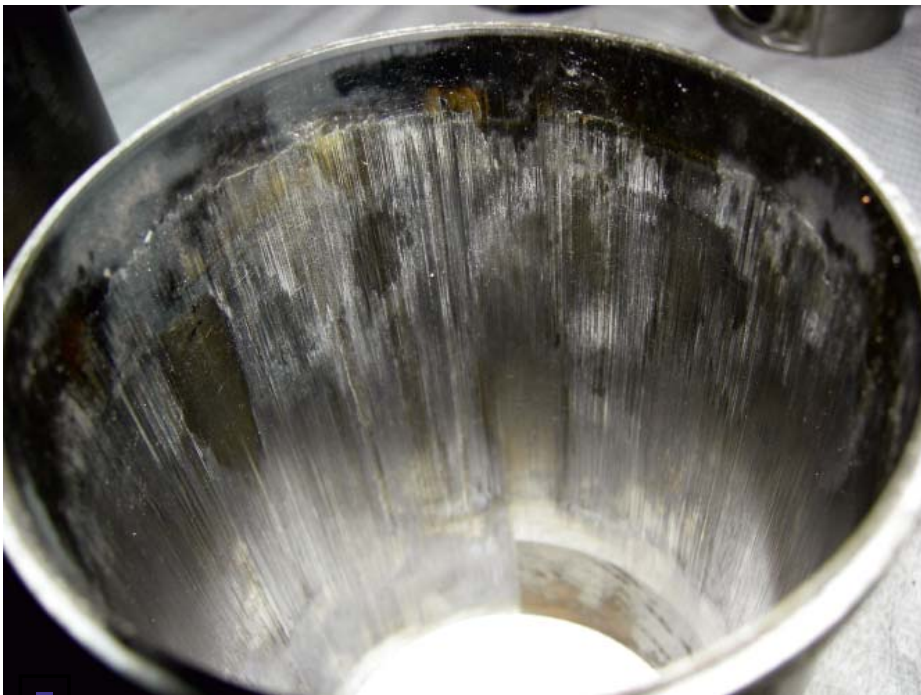
В общем, субъективность признаков не должна превращаться в «субъективизм» специалиста, который исследует причины перегрева. Например, если водитель утверждает, что указатель температуры не показывал перегрев, это не обязательно означает, что водитель «уснул» за рулем, хотя такие случаи тоже не редкость, — необходимо понять, насколько информативны были показания контрольного прибора в конкретной аварийной ситуации. Чего без детального исследования всех причин и признаков перегрева не сделать.

Главная опасность

Раз мы заговорили о новых двигателях, заметим — если обычные дефекты системы охлаждения для них нехарактерны, откуда же возьмется перегрев? И что это за такие таинственные причины, по которым новый двигатель может перегреться самым что ни есть тривиальным образом?



Потеря герметичности прокладки ГБЦ при сильном перегреве – видны характерные участки прорыва газов из цилиндров



□ Задиры на цилиндре при сильном перегреве – снизу доверху

сти, допускают возникновение перегрева. Но вот можно ли назвать их виноватыми?

Чтобы понять, почему и что происходит, следует внимательно и детально изучить некоторые особенности работы системы охлаждения.

Водитель спит, а машина идет?

Чтобы более подробно рассказать о процессах, происходящих в двигателе и радиаторе, следует рассмотреть конкретный пример: вполне реальный случай, произошедший с опытным водителем, имевшим стаж вождения более 30 лет.

Проблема возникла на самой обычной и относительно новой легковушке с двухлитровым двигателем. Во время движения с постоянной скоростью 100 км/час по загородной трассе в радиатор автомобиля попал камень и повредил одну из трубок, вызвав полную и быструю (за несколько минут) потерю жидкости из радиатора.

Но датчик температуры, по словам водителя, не показывал ее повышения, поэтому он, не заметив удара камня, продолжал движение, не догадываясь о течи. Как назло, случай этот произошел летом минувшего года, когда погода на улице стояла жаркая и весьма способствующая быстрому перегреву. Что и случилось — через некоторое весьма небольшое время двигатель на ходу заглох и более не завелся.

Вскрытие показало, что мотор встал на ходу по причине вытягивания болтов из блока и деформации головки блока цилиндров. Головка по привалочной плоскости прогнулась аж на целый миллиметр, а стенки двух камер сгора-

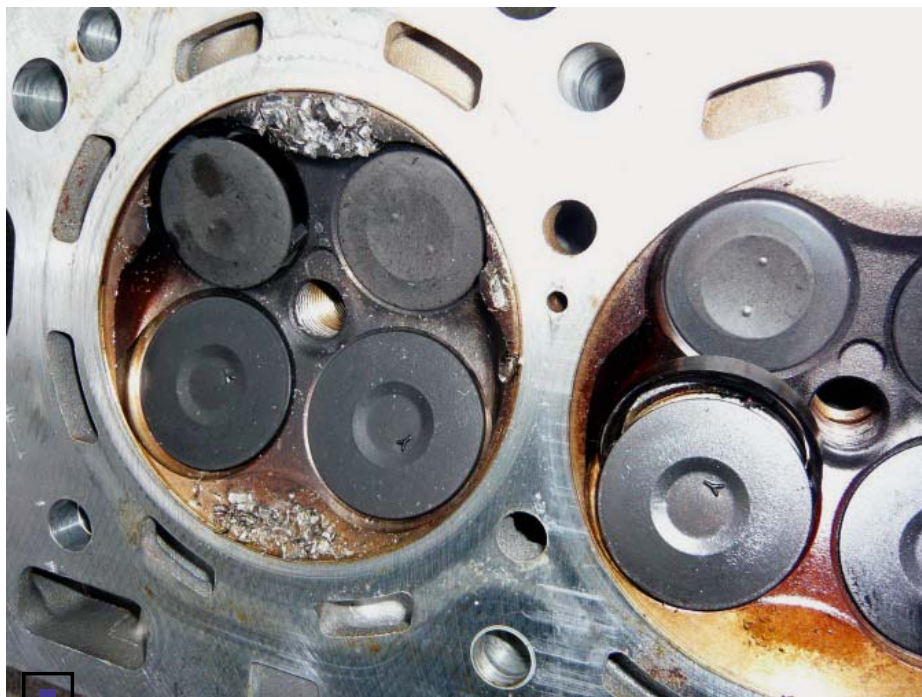
Никакой особой тайны нет — можно даже сказать, что причина лежит прямо под ногами. На дороге. В виде камней-булыжников, железок типа саморезов, болтов, гвоздей и даже обломков рессор, а также всевозможных коряг и предметов прямо-таки «инопланетного» происхождения. Да и вообще — мало ли всякого «добра» притаилось на наших дорогах, особенно, когда и дорогой некое направление, обозначенное глубокой колеей в старом асфальте, назвать как-то язык не поворачивается.

Не к ночи упомянутое, традиционное российское бездорожье, вообще говоря, не имело бы отношения к теме нашей статьи, если бы не одно «но». Все, что там валяется, способно при определенных условиях прыгать и летать, причем отнюдь не «кузнечиком» или «ласточкой», а скорее пулей или даже снарядом.

Кто из водителей не видел, что бывает с лобовым стеклом при попадании такого «снаряда»? Но ударить он может и ниже, в переднюю часть автомобиля, и как раз в то место, где расположен радиатор. Правда, в подавляющем большинстве современных автомобилей радиатор системы охлаждения хорошо защищен — перед ним расположен конденсатор системы кондиционирования, имеющий хорошую прочность вследствие необходимости держать высокое давление фреона. Однако конденсатор обычно несколько меньше радиатора по размерам, что оставляет некоторую брешь в естественной защите радиатора, особенно снизу. Отсюда и вытекают главные опасности, которые могут вызвать повреждения радиатора.

Характер этих повреждений может быть различным. В системе охлаждения могут воз-

никнуть как неплотности в соединениях трубок, так и повреждения нижней «банки» радиатора. При этом течь может оказаться как значительной, иногда даже с мгновенной потерей жидкости из радиатора (в таких случаях возникновение течи является наиболее опасным), так и не очень большой, с медленным вытеканием охлаждающей жидкости. Но в обоих случаях, если вовремя не принимать меры, то перегрев неизбежен. Другое дело, что даже опытные водители, оказываясь в подобных ситуациях, особенно в случаях с быстрой потерей жидко-



□ Выпадение седла из головки блока, одно уже разрушено, другое разрушиться не успело — типичный результат сильного перегрева



Плавление стенки камеры сгорания между выпускными седлами – еще один признак сильного перегрева

рубашку головки с входным патрубком насоса системы (рис. 2).

Преимуществом указанной системы является меньший объем жидкости, более высокая скорость ее прогрева, а также более высокая эффективность охлаждения, в том числе за счет более высокой циркуляции жидкости. Но нам интересно другое. Например, тот факт, что на оборотах двигателя менее 2000 об/мин, соответствующих движению со скоростью 100 км/час на высшей передаче, насос не обладает большим напором. В таких условиях радиатор и двигатель представляют собой два сообщающихся сосуда, в которых уровень жидкости примерно одинаков. Тогда в случае значительной утечки жидкости из радиатора можно утверждать, что ее уровень упадет не только в радиаторе, но и в рубашке охлаждения двигателя, оголяя стенки головки блока. При этом циркуляция по малому кругу через байпасный канал продолжится, а по большому — нет, поскольку выходной патрубок головки расположен выше байпасного канала. Фактически при значительном падении уровня жидкости радиатор (даже при полностью открытом термостате) автоматически выключится из системы — вместе с остановкой ее циркуляции по большому кругу.

Как следствие, некоторое время нижняя часть мотора (блок цилиндров с поршнями) как-то еще охлаждается за счет циркуляции жидкости по малому кругу, а верхняя, оставшись вовсе без жидкости, начинает неумолимо греться. Это и вызывает в ней локальный перегрев, деформацию ГБЦ, плавление и целый ряд других повреждений, перечисленных выше, — а это как раз признаки, не характерные для традиционного перегрева, возникающего при отказе элементов системы или при медленном падении уровня. Причем процесс такого

ния попросту расплавились между выпускными клапанами. Повредились и поршни, но только сверху, куда попали расплавленные частицы с головки, в то время как никаких задигов на юбках поршней не обнаружилось. Да и сам блок цилиндров пострадал незначительно.

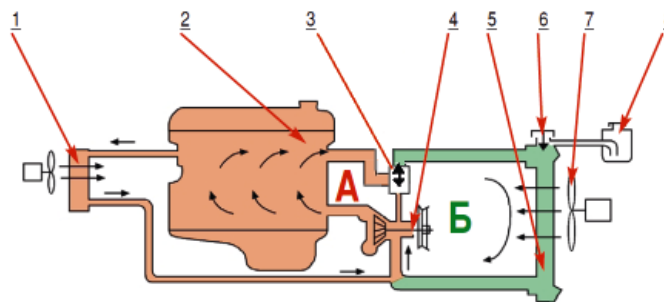
Очевидно, такая картина нехарактерна для обычного перегрева и не соответствуют всем перечисленным выше признакам, хотя перегрев был очень сильным — с плавлением деталей. При этом локализация повреждений в верхней части мотора без обычного для подобных случаев распространения дефектов вниз ставила определенные вопросы, на которые нужно было найти ответ. В том числе и на один из самых главных вопросов — действительно ли указатель температуры не показал перегрев, или водитель попросту его «проспал»?

Разумеется, раз указатель есть, то водитель обязан его видеть и реагировать на него адекватно — выключением двигателя, как только температура двигателя приблизится к опасному пределу. Поэтому велик соблазн объявить водителя «спящим» и на этом исследование закончить. Что, кстати, многие специалисты, исследующие подобные неисправности, и делают в подобных случаях. Однако специфика перегрева не только заставляет задуматься, но и усомниться в том, что температура на указателе прибора соответствовала действительной температуре мотора.

Для того чтобы разобраться в проблеме, стоит в первую очередь вспомнить, что системы охлаждения автомобильных моторов двухконтурные: нагретая охлаждающая жидкость попадает из выходного патрубка головки блока в термостат, где в зависимости от положения его клапана — открытого или закрытого, —

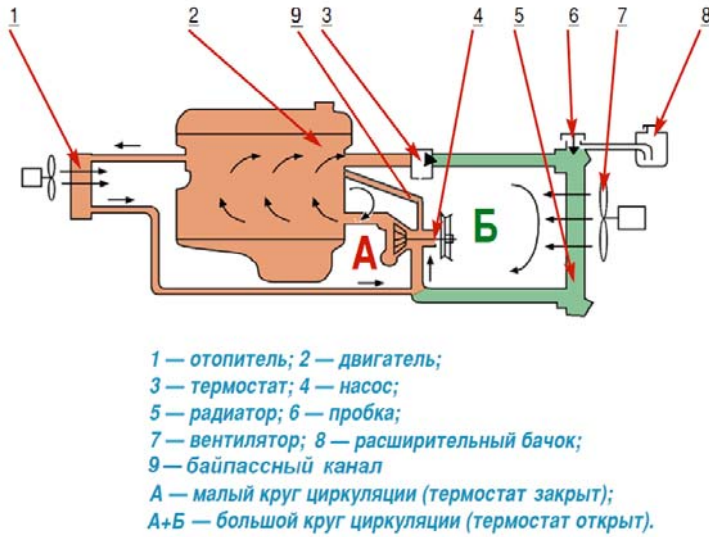
циркулирует по малому кругу (блок — головка блока — отопитель) на прогреве или по большому кругу через радиатор в полностью прогретом состоянии.

В старых двигателях термостаты чаще всего имели два клапана, из которых один управлял малым кругом, другой — большим. Однако со временем производители отошли от этой схемы в пользу более простых и эффективных решений. Например, в системах охлаждения многих современных двигателей термостаты стали простыми по конструкции и имеют только один клапан. В такой системе циркуляция по малому контуру осуществляется уже без участия термостата и непрерывно — через байпасный канал, расположенный ниже выходного патрубка головки блока и соединяющий



1 — отопитель; 2 — двигатель;
3 — термостат; 4 — насос;
5 — радиатор; 6 — пробка;
7 — вентилятор;
8 — расширительный бачок;
А — малый круг циркуляции (термостат закрыт);
Б — большой круг циркуляции (термостат открыт).

□ Система охлаждения старых двигателей с двухклапанным термостатом — когда малый круг циркуляции закрыт, жидкость циркулирует по большому кругу, даже если ее мало. Перегрев будет хорошо виден на указателе температуры



Типичная система охлаждения современных двигателей – за счет открытого байпасного канала большой круг циркуляции автоматически выключается, если жидкости мало, а обороты двигателя невелики. Скорее всего, двигатель от перегрева уже встанет, а указатель температуры перегрева так и не покажет

«нетрадиционного» перегрева длится совсем недолго — с помощью нехитрых расчетов удалось даже посчитать, что с момента потери приблизительно одной трети жидкости и остановки циркуляции по большому кругу до начала процессов плавления в моторе проходит не более 30 секунд.

А что же датчик, сработал? Ответ прост. Как правило, температурный датчик расположен на стенке выходного патрубка головки. Но когда уровня жидкости там нет, он просто-напросто не зафиксирует увеличение температуры. Горячие пары кипящей жидкости, которые поступают к нему вместо самой жидкости, не успевают нагреть чувствительную часть датчика за столь короткий срок — время реакции датчика на изменение температуры пара в десятки раз больше, чем на изменение температуры жидкости. Отсюда и возникает неожиданный перегрев и повреждение мотора, без каких либо изменений в показаниях приборов. Получается, что водители, утверждавшие о вполне нормальных показаниях термодатчика, скорее всего, за рулем «не спали»...

А был еще случай...

Приключился он с автомобилем дорогой премиальной марки, двигатель которой — серьезный V-образный восьмицилиндровый агрегат.

В жаркую погоду во время движения с большой скоростью на трассе в автомобиль попал солидный инородный предмет, повредив бампер и разрушив нижнюю банку радиатора. Потеря жидкости, очевидно, была моментальной — она успела вытечь еще задолго до остановки автомобиля. После того, как водитель, услышав удар, свернул на обочину

и осмотрел автомобиль, он смог обнаружить только поврежденный бампер. Пока проводилась оценка степени повреждений, двигатель продолжал работать на месте с небольшой нагрузкой от включенного кондиционера. Но проработал он всего пару минут — и встал. Как потом оказалось, получив очень серьезные дефекты от перегрева. Однако водитель утверждал, что специально смотрел на приборы — никакого повышения температуры на указателе не было.



Специфика перегрева современных двигателей при быстром падении уровня охлаждающей жидкости: возник сильный перегрев и плавление головки блока, но поршень пострадал только в верхней части — от расплавленных частиц с головки.

После первичной диагностики у дилера в дело включилась страховая компания. В заключении привлеченных ею независимых экспертов, больших «профессионалов» своего дела, был сделан явно нетривиальный вывод. По их оценкам, после потери охлаждающей жидкости водитель злонамеренно продолжал движение еще около 30 км, упрямо игнорируя показания температурного датчика. Об этом якобы свидетельствовали задиры на задних цилиндрах, которые не обдувались воздухом при движении (на самом деле эти цилиндры находятся в худших условиях и при работе двигателя на месте). Если согласиться с этим утверждением, но учесть реально возможное время работы двигателя без охлаждения под нагрузкой до заклинивания или потери компрессии от повреждения деталей (не более минуты-двух), то скорость автомобиля могла достигнуть невероятные 30 км в минуту или 1800 км/ч! А с такой скоростью только сверхзвуковой самолет-истребитель летает!

В действительности же данный случай совершенно аналогичен рассмотренному выше. Потеря жидкости привела к перегреву при отсутствии реакции датчика на повышение температуры — датчик просто не успел среагировать на нагрев пара за то короткое время, пока двигатель еще работал после вытекания жидкости.

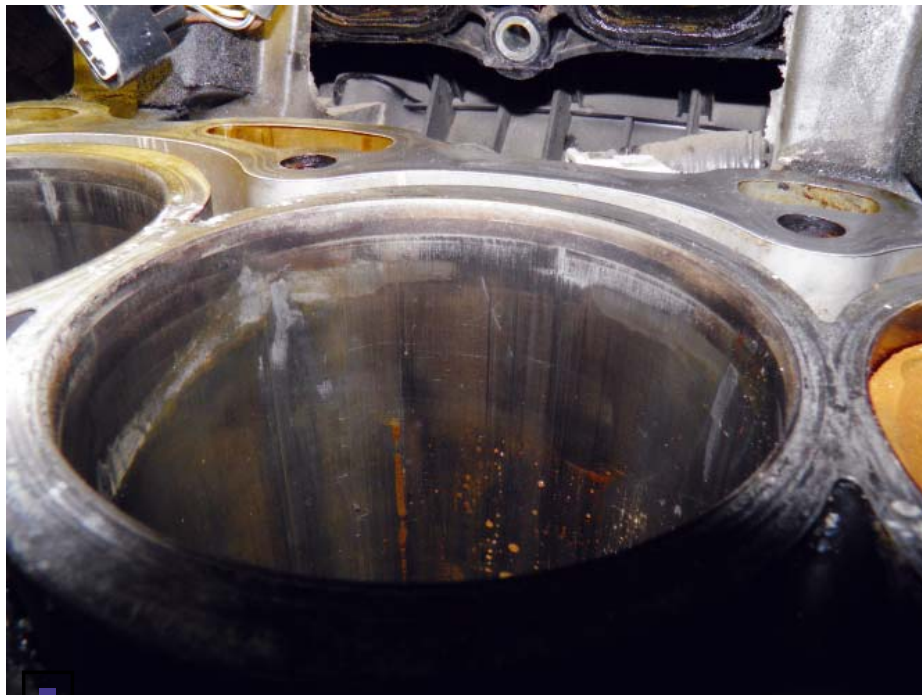
Эх, дороги...

Возникает вопрос — если прибор не может контролировать аварийный режим, может

быть, надо в конструкции что-то подправить? К сожалению, ответ на этот вопрос не так однозначен. Да, можно было бы, к примеру, рекомендовать производителям установить дополнительный температурный датчик в нижней части системы охлаждения — вдруг сработает? Или применить в радиаторе датчик уровня жидкости с соответствующей лампой на панели — авось поможет. Или даже вернуться к старым добрым термостатам о двух клапанах — с ними-то режим перегрева при невозможности контроля повышения температуры не возникает, поскольку при открытом большом круге циркуляции малый будет надежно закрыт своим клапаном. Можно придумать и еще с десяток аналогичных «рацпредложений», но...

Подобные конструктивные решения не панацея — аварийный режим, связанный с быстрой потерей рабочей жидкости, даже в случае его своевременного обнаружения (например, срабатывание сигнализации недостаточного давления при вытекании масла через пробитый поддон картера), обычно все равно приводит к тем или иным повреждениям деталей. Не случайно в некоторых агрегатах автомобиля, к примеру, в коробках передач, вообще нет никаких средств непрерывного контроля уровня: вытекла рабочая жидкость при движении (пробит поддон, порвался шланг, потек сальник) — и коробка в ремонт.

С другой стороны, легковой автомобиль — не танк, зачем ему противоснарядное бронирование? И если снаряды все-таки на дороге летают, то, может быть, причину поломки следует искать в дороге, а не в отсутствии брони? Тем



Повреждения цилиндра только в верхней части — еще один характерный признак перегрева при быстром падении уровня жидкости.

более модернизация легковушки в танк, как бы глубоко она ни выполнялась — от установки специальных систем контроля до навешивания броневых листов, неминуемо приводит к росту цены автомобиля. О чем нередко забывают водители, пострадавшие от дорожных «снарядов».

Что остается? Дороги, которые мы выбираем для поездки, — будут ли они когда-нибудь удивлять хотя бы в малой степени минимуму

требований для безопасного движения? Вряд ли... Исходя из этого, есть все основания считать рассмотренные выше повреждения автомобиля, в том числе его системы охлаждения, неким форс-мажором, случайным фактором, который на то и случайный, что водитель не мог ни его предвидеть, ни предотвратить его последствия.

А это тот самый «страховой случай», который рассматривает страховая компания. С привлечением независимых экспертов. К сожалению, и это давно не секрет, подавляющее большинство экспертиз неисправностей двигателя выполняется крайне непрофессионально. Эксперты, не обладая в своей массе ни знаниями реальных процессов и конструкции, ни опытом эксплуатации и ремонта двигателей, вполне способны на такие «ляпы», как упомянутый выше «полет» автомобиля со сверхзвуковой скоростью. В результате перегрев двигателя почти всегда расценивается ими как неправильная эксплуатация машины, за которую отвечает водитель. При более же глубоком рассмотрении речь идет об особенностях конструкции и работы системы охлаждения современных двигателей, которые просто не позволили водителям увидеть и предотвратить перегрев. А экспертам — показать реальные знания и сделать обоснованное заключение о причине поломки.



Когда значительная часть жидкости вытекла, забитый пухом радиатор уже не влияет на процесс — даже если его полностью очистить, циркуляция по большому кругу не появится, и охлаждение двигателя не восстановится.

Найди в этом номере

...



Если двигатель перегрелся...



Александр ХРУЛЕВ
кандидат технических наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Весна всегда приносит автовладельцам проблемы. Они возникают не только у тех, кто всю зиму держал машину в гараже или на стоянке, после чего долго бездействовавший автомобиль преподносит сюрпризы в виде отказов систем и агрегатов.

Но и у тех, кто ездит круглый год. Некоторые дефекты, «дремавшие» до поры до времени, дают о себе знать, как только столбик термометра устойчиво перевалил в область положительных температур. И один из таких опасных сюрпризов — перегрев двигателя.

Перегрев в принципе возможен в любое время года — и зимой, и летом. Но, как показывает практика, на весну приходится наибольшее число подобных случаев. Объясняется это просто. Зимой все системы автомобиля, в том числе и система охлаждения двигателя, работают в весьма тяжелых условиях. Большие перепады температур — от

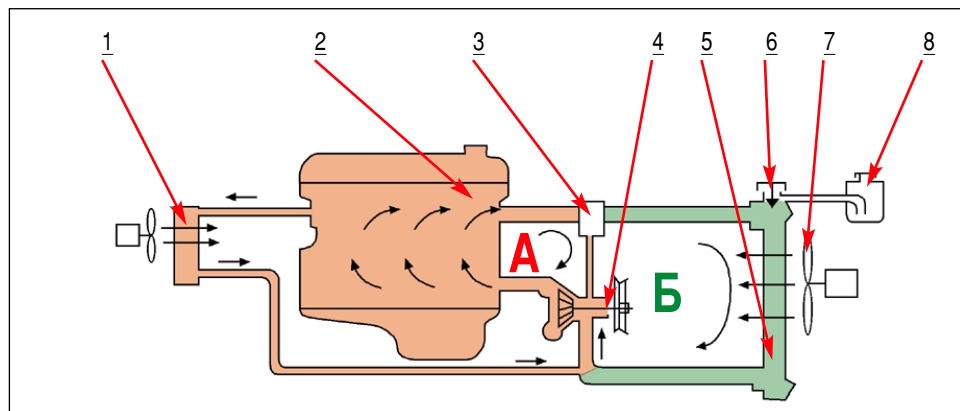
«минусовых» по ночам до весьма высоких рабочих после непродолжительного движения — негативно действуют на многие агрегаты и системы. «Масла в огонь» добавляют соляные растворы, которыми обильно политы дороги — соль агрессивно действует на электрические разъемы, резиновые шланги, радиаторы и многие другие детали.

Зимой не самые благоприятные условия для ремонтных работ, и многие автовладельцы, не имея теплого гаража, стараются протянуть до весны, чтобы не дрожать с гаечными ключами на морозе. В результате автомобиль, лишенный обслуживания в течение зимы (особенно если он не новый), отказывается в самый неподходящий момент.

Вот как обычно это происходит. Зимой, естественно, у вас не было проблем с системой охлаждения: отвод тепла от радиатора при низких температурах сам по себе достаточен, да и включенный отопитель снимает с двигателя заметную часть калорий. В результате электровентилятор, которым оснащается большинство современных автомобилей, в холодное время включался очень редко. Но как только наступила оттепель, вдруг обнаружилось, что он не работает. И узнали вы об этом, конечно, тогда, когда двигатель уже перегрелся, а охлаждающая жидкость закипела.

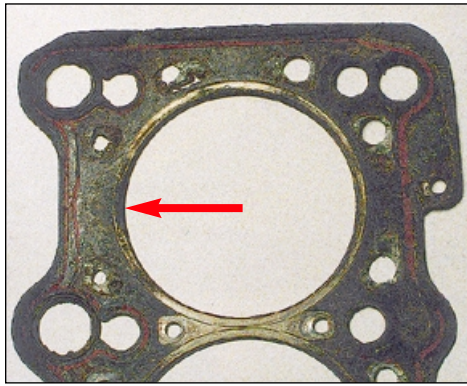
Как обнаружить перегрев?

Ответ, вроде бы, очевиден — посмотреть на указатель температуры охлаждающей



Типичная система охлаждения двигателя:

- 1 — отопитель; 2 — двигатель;
- 3 — термостат; 4 — насос;
- 5 — радиатор; 6 — пробка;
- 7 — вентилятор;
- 8 — расширительный бачок;
- A — малый круг циркуляции (термостат закрыт);
- A+B — большой круг циркуляции (термостат открыт).



После перегрева двигателя усилие обжатия прокладки уменьшилось, и она потеряла способность обеспечивать уплотнение.

жидкости. На самом деле все куда сложнее. Когда движение на дороге интенсивное, водитель не сразу замечает, что стрелка указателя сдвинулась далеко в сторону красной зоны шкалы. Однако есть ряд косвенных признаков, зная которые можно уловить момент перегрева и не глядя на приборы.

Так, если перегрев возникает из-за малого количества антифриза в системе охлаждения, то первым на это отреагирует отопитель, расположенный в высокой точке системы, — горячий антифриз перестанет туда поступать. То же произойдет и при кипении антифриза, т.к. оно начинается в самом горячем месте — в головке блока цилиндров у стенок камеры сгорания, — а образовавшиеся паровые пробки запирают проход охлаждающей жидкости к отопителю. В результате **подача горячего воздуха в салон прекращается.**

О том, что температура в системе достигла критического значения, точнейшим образом свидетельствует внезапно появившаяся детонация. Поскольку температура стенок камеры сгорания при перегреве значительно выше нормы, это непременно провоцирует возникновение ненормального горения. В результате **перегретый двигатель при нажатии на педаль газа напомнит о неисправности характерным звонким стуком.**

К сожалению, и эти признаки нередко могут остаться незамеченными: при повышенной температуре воздуха отопитель выключают, а детонацию при хорошей шумоизоляции салона можно просто не услышать. Тогда при дальнейшем движении автомобиля с перегретым двигателем **начнет падать мощность, и появится стук, более сильный и равномерный, чем при детонации.** Тепловое расширение поршней в цилиндре приведет к увеличению их давления на стенки и значительному росту сил трения. Если же и этот признак не будет замечен водителем, то при дальнейшей работе двигатель получит основательные повреждения, и без серьезного ремонта уже, к сожалению, не обойтись.

Отчего возникает перегрев

Внимательно присмотритесь к схеме системы охлаждения. Практически каждый ее элемент в определенных обстоятельствах может стать отправной точкой перегрева. А его первопричины в большинстве случаев такие: плохое охлаждение антифриза в радиаторе; нарушение уплотнения камеры сгорания; недостаточное количество охлаждающей жидкости, а также негерметичность в системе и, как следствие — уменьшение избыточного давления в ней.

Первая группа, помимо очевидного наружного загрязнения радиатора пылью, тополиным пухом, листвой, включает еще неисправности термостата, датчика, электродвигателя или муфты включения вентилятора. Встречается и внутреннее загрязнение радиатора, однако не из-за накипи, как бывало много лет назад после длительной эксплуатации двигателя на воде. Тот же эффект, а иной раз намного более сильный, дает применение различных герметиков для радиатора. И если последний действительно забит таким средством, то прочистить его тонкие трубки — довольно серьезная проблема. Обычно неисправности этой группы легко обнаруживаются, а чтобы доехать до стоянки или СТО, достаточно бывает пополнить уровень жидкости в системе и включить отопитель.

Нарушение уплотнения камеры сгорания — тоже довольно распространенная причина перегрева. Продукты сгорания топлива, находясь под большим давлением в цилиндре, через неплотности проникают в рубашку охлаждения и вытесняют от стенок камеры сгорания охлаждающую жидкость. Образуется горячая газовая «подушка», дополнительно нагревающая стенку. Подобная картина возникает из-за прогара прокладки головки, трещин в головке и гильзе цилиндра, деформации привалочной плоскости головки или блока, — чаще всего вследствие предшествовавшего перегрева. Определить, что подобная негерметичность имеет место, можно по запаху выхлопных газов в расширительном бачке, вытеканию антифриза из бачка при работе двигателя, быстрому повышению давления в системе охлаждения сразу после запуска, а также по характерной водомасляной эмульсии в картере. Но установить конкретно, с чем связана негерметичность, удастся, как правило, только после частичной разборки двигателя.

Явная негерметичность в системе охлаждения возникает чаще всего из-за трещин в шлангах, ослабления затяжки хомутов, износа уплотнения насоса, неисправности крана отопителя, радиатора и других причин. Отметим, что течь радиатора часто появляется после «разъедания» трубок так называемым «Тосолом» неизвестного происхождения, а течь уплотнения насоса — после длительной эксплуатации на воде. Установить, что охлаждающей жидкости в системе мало, визуально так же просто, как и определить место утечки.

Негерметичность системы охлаждения в ее верхней части, в том числе из-за неисправности клапана пробки радиатора, приводит к падению давления в системе до атмосферного. Как известно, чем меньше давление, — тем ниже температура кипения жидкости. Если рабочая температура в системе близка к 100°C, то жидкость может закипеть. Нередко кипение в негерметичной системе возникает даже не при работе двигателя, а после его выключения. Определить, что система действительно негерметична, можно по отсутствию давления в верхнем шланге радиатора на прогревом двигателя.

Что происходит при перегреве

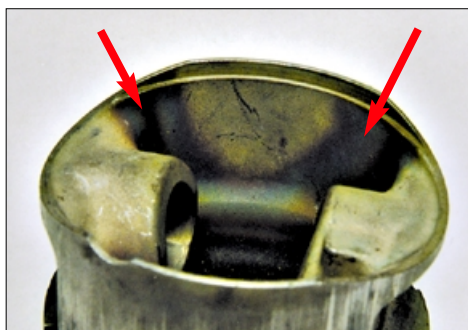
Как отмечено выше, при перегреве двигателя начинается кипение жидкости в рубашке охлаждения головки блока цилиндров. Образующаяся паровая пробка (или подушка) препятствует непосредственному контакту охлаждающей жидкости с металлическими стенками. Из-за этого эффективность их охлаждения резко уменьшается, а температура значительно возрастает.

Такое явление носит обычно местный характер — вблизи области кипения температура стенки может быть заметно выше, чем на указателе (а все потому, что датчик устанавливается на наружной стенке головки). В результате в головке блока могут появиться дефекты, в первую очередь — трещины. В бензиновых двигателях — обычно между седлами клапанов, а в дизелях — между седлом выпускного клапана и крышкой форкамеры. В чугунных головках иногда встречаются и трещины поперек седла выпускного клапана. Трещины возникают также в рубашке охлаждения, например, по постелям распределительного вала или по отверстиям болтов крепления головки блока. Такие дефекты лучше устранять заменой головки, а не сваркой, которую пока не удастся выполнить с высокой надежностью.

При перегреве, даже если трещин не возникло, головка блока часто получает значительные деформации. Так как по краям головка прижата к блоку болтами, а перегревается ее средняя часть, происходит

Задир на юбке поршня — типичный результат перегрева двигателя.





В тех местах юбки, где силы трения поршня о цилиндр были весьма высоки, появились цвета побежалости.

следующее. У большинства современных двигателей головка изготовлена из алюминиевого сплава, который при нагреве расширяется больше, чем сталь крепежных болтов. При сильном нагреве расширение головки приводит к резкому возрастанию усилий сжатия прокладки по краям, где расположены болты, в то время как расширение перегретой средней части головки болтами не сдерживается. Из-за этого происходит, с одной стороны, деформация (провал от плоскости) средней части головки, а с другой — дополнительное обжатие и деформация прокладки усилиями, значительно превышающими эксплуатационные.

Очевидно, после охлаждения двигателя в отдельных местах, особенно у краев цилиндров, прокладка уже не будет зажата должным образом, что может вызвать течь. При дальнейшей эксплуатации такого двигателя металлическая окантовка прокладки, потеряв тепловой контакт с плоскостями головки и блока, перегревается, а затем прогорает. Особенно это характерно для двигателей со вставными «мокрыми» гильзами или если между цилиндрами слишком узкие перемычки.

В довершение всего деформация головки приводит, как правило, к искривлению оси постелей распределительного вала, расположенных в ее верхней части. И без серьезного ремонта эти последствия перегрева устранить уже не удастся.

Не менее опасен перегрев и для цилиндропоршневой группы. Поскольку кипение охлаждающей жидкости распространяется постепенно от головки на все большую часть рубашки охлаждения, то резко снижается и эффективность охлаждения цилиндров. А это значит, что ухудшается отвод тепла от нагреваемого горячими газами поршня (тепло от него отводится в основном через поршневые кольца в стенку цилиндра). Температура поршня растет, одновременно происходит и его тепловое расширение. Поскольку поршень алюминиевый, а цилиндр, как правило, чугунный, то разница в тепловом расширении материалов приводит к уменьшению рабочего зазора в цилиндре.

Конструкция поршня всегда предусматривает компенсацию его теплового расширения

соответствующим профилем наружной поверхности (см. «АБС-авто», 1997, №№ 11-12). Например, верхняя часть поршня всегда нагрета больше, поэтому диаметр здесь меньше, поршень получается коническим. С другой стороны, нижняя часть поршня — юбка — при нагреве сильнее расширяется по оси поршневого пальца. Поэтому ее делают в сечении эллипсной с большой осью, перпендикулярной оси пальца. А чтобы сделать зазор в цилиндре совсем малым (до 0,02-0,03 мм), применяют дополнительную компенсацию теплового расширения с помощью стальных пластин, пазов и др.

Но от перегрева и это не спасает. Сильно нагреваясь, поршень расширяется в основном по оси пальца. Давление юбки на стенку цилиндра растет, причем наиболее сильно — вблизи отверстий под палец. Силы трения поршня о стенку увеличиваются, температура юбки — тоже, а масляная пленка из-за разогрева масла и роста давления поршня на стенку утоньшается. В конечном счете это приводит к разрыву пленки, полусухому трению, а затем «схватыванию» алюминия с чугуном, т.е. к задиру, а иногда — к заклиниванию поршня в цилиндре.

Задир характеризуется взаимным переносом материалов, т.е. чугуна на поверхность поршня, а алюминиевого сплава — на цилиндр с образованием глубоких рисок и борозд. Естественно, такие повреждения цилиндра приводят в дальнейшем к уменьшению компрессии и повышенному расходу масла.

Но и это не все. После охлаждения перегретый поршень, оказывается, может сохранить большую остаточную деформацию, а его размер по юбке способен уменьшиться на 0,2-0,4 мм.

Это значит, что поршень застучит, особенно после запуска холодного двигателя.

Действие перегрева на поршень этим не ограничивается. Ведь наиболее нагретая его часть — верхняя, и ее тоже может заклинивать при чрезмерном расширении. Последствия будут еще хуже — задиры в верхней части поршня распространяются и на поршневые кольца, нередко их буквально завальцевывает в канавках. Как результат — кольца полностью теряют подвижность. Такой цилиндр способен выключиться, т.к. компрессия в нем упадет практически до нуля.

Иногда от перегрева поршневые кольца теряют упругость. Но это — редкое явление. Практика показывает, что раньше наступает задир и заклинивание, поэтому кольца чаще теряют подвижность в канавках, чем упругость.

Дальнейшая судьба такого двигателя известна — капитальный ремонт с расточкой блока и заменой поршней и колец на ремонтные. Перечень работ по головке блока вообще получается непредсказуемым. Лучше все-таки мотор до этого не доводить. Открывая периодически капот и проверяя уровень жидкости, можно в какой-то степени себя обезопасить. Можно. Но не на все 100 процентов.

Если двигатель все-таки перегрелся

Почему у одного водителя автомобиль все время ломается, а у другого точно такой же — нет? Может быть, первому с автомобилем не повезло? Чаще всего дело в другом. Просто второй водитель более грамотен и знает, что происходит внутри его автомобиля, а первый — даже не догадывается.

То же самое и в случае с перегревом мотора. Почему? Да потому что зная процессы, происходящие в двигателе, совсем нетрудно понять, что можно и нужно делать при перегреве, а чего — нельзя категорически.

Напомним, как следует поступать, если перегрев все-таки произошел.

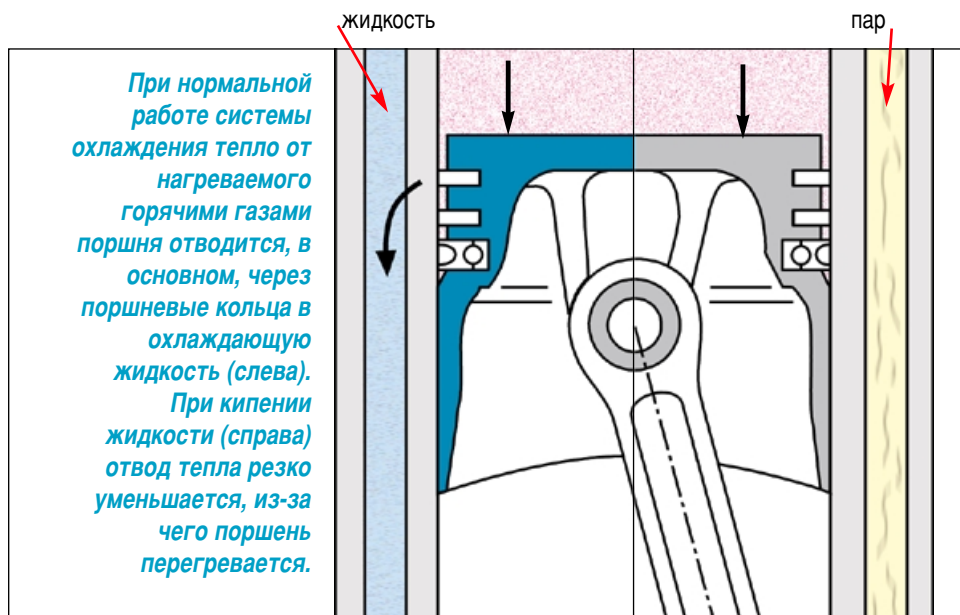
Очевидно, надо сразу остановиться на обочине дороги или у тротуара, выключить двигатель и открыть капот — так двигатель будет охлаждаться быстрее. Кстати, на этой стадии в подобных ситуациях так поступают все водители. А вот дальше они допускают серьезные ошибки, от которых мы хотим предостеречь.

Ни в коем случае нельзя открывать пробку радиатора. На пробках иномарок не зря пишут «*Never open hot*» — никогда не открывайте, если радиатор горячий! Ведь это так понятно: при исправном клапане пробки система охлаждения находится под давлением. Очаг кипения расположен в двигателе, а пробка — на радиаторе или расширительном бачке. Открывая пробку, мы провоцируем выброс значительного количества горячей охлаждающей жидкости — пар вытолкнет ее наружу, как из пушки. При этом ожог рук и лица почти неизбежен — струя кипятка ударяет в капот и рикошетом — в водителя!

К сожалению, от неведения либо от отчаяния так поступают все (или почти все) водители, видимо, полагая, что тем самым разряжат ситуацию. На самом деле они, выплеснув остатки антифриза из системы, создают себе дополнительные проблемы. Дело в том, что жидкость, кипящая «внутри» двигателя, все-таки выравнивает температуру деталей, тем самым снижая ее в наиболее перегретых местах.

Сильный перегрев поршня привел к задиру и завальцевыванию поршневых колец в канавках.





При нормальной работе системы охлаждения тепло от нагреваемого горячими газами поршня отводится, в основном, через поршневые кольца в охлаждающую жидкость (слева). При кипении жидкости (справа) отвод тепла резко уменьшается, из-за чего поршень перегревается.

кунд температура уже будет меньше), снова запустите двигатель и повторяйте все сначала, непрерывно следя за стрелкой указателя температуры.

При определенной аккуратности и подходящих дорожных условиях (нет крутых подъемов) таким способом можно проехать десятки километров, даже когда охлаждающей жидкости в системе осталось совсем мало. В свое время автору удалось таким образом одолеть около 30 км, не причинив двигателю заметного вреда. **AEC**

Но кое-кто умудряется пойти еще дальше. Если рядом оказалась вода, они льют ее, холодную, на двигатель ведром — чтобы он, родимый, поскорее остыл. Последствия почти всегда одни — головка блока треснет наверняка.

Перегрев двигателя — это как раз тот случай, когда, не зная, что делать, лучше не делать ничего. Минут десять-пятнадцать, по крайней мере. За это время кипение прекратится, давление в системе упадет. И тогда можно приступать к действиям.

Убедившись, что верхний шланг радиатора потерял былую упругость (значит, давления в системе нет), аккуратно открываем пробку радиатора. Теперь можно долить выкипевшую жидкость.

Делаем это аккуратно и медленно, т.к. холодная жидкость, попадая на горячие стенки рубашки головки блока, вызывает их быстрое охлаждение, что может привести к образованию трещин.

Закрыв пробку, запускаем двигатель. Наблюдая за указателем температуры, проверяем, как нагреваются верхний и нижний шлан-

ги радиатора, включается ли после прогрева вентилятор и нет ли утечек жидкости.

Самое, может быть, неприятное — отказ термостата. При этом, если клапан его «завис» в открытом положении, — беды нет. Просто двигатель будет медленнее прогреваться, поскольку весь поток охлаждающей жидкости направится по большому контуру, через радиатор.

Если же термостат остается закрытым (стрелка указателя, медленно достигнув середины шкалы, быстро устремится к красной зоне, а шланги радиатора, особенно нижний, останутся холодными), движение невозможно даже зимой — двигатель тут же снова перегреется. В этом случае нужно демонтировать термостат либо хотя бы его клапан.

Если обнаружена течь охлаждающей жидкости, ее желательно устранить или хотя бы уменьшить до разумных пределов. Обычно «течет» радиатор из-за коррозии трубок на ребрах или в местах пайки. Иногда такие трубки удается заглушить, перекусив их и загнув края пассатижами.

В случаях, когда полностью устранить серьезную неисправность в системе охлаждения на месте не удастся, нужно хотя бы доехать до ближайшей СТО или населенного пункта.

Если неисправен вентилятор, можно продолжить движение с включенным на «максимум» отопителем, который берет на себя значительную часть тепловой нагрузки. В салоне будет «немножко» жарко — не беда. Как известно, «пар костей не ломит».

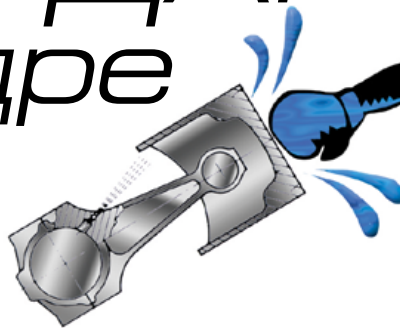
Хуже, если отказал термостат. Выше мы уже рассмотрели один вариант. Но если вы не можете справиться с этим прибором (не хотите, не имеете инструментов и т.п.), можно попробовать еще один способ. Начните движение, — но, как только стрелка указателя приблизится к красной зоне, выключайте двигатель и двигайтесь накатом. Когда скорость упадет, включите зажигание (легко убедиться, что по прошествии всего 10-15 се-

Длительная работа перегретого двигателя привела в конечном счете к расплавлению верхней части поршня.



ГИДРОУДАР В ЦИЛИНДРЕ

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ
кандидат технических наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»



«...Дорога была хорошая, а вот лужу не заметил — стемнело уже. А она глубокая оказалась», — взволнованно жестикулируя, рассказывал хозяин BMW 318. — «Мотор заглох, конечно. Завести сразу не смог, стартер не прокручивал. Пришлось на тресе, за грузовиком — завел-таки. Только слышу: стучит... А потом — все!» — и он обреченно махнул рукой.

Было от чего расстроиться! В блоке цилиндров зияла огромная дыра, а из нее торчал бесформенный обломок, который в «прошлой жизни», видимо, назывался шатуном. Подобные, почти детективные, истории встречаются не так уж редко. Пик их приходится на весну, когда на дорогах возникают глубокие лужи из-за таяния снега. Но и летом нет-нет да и случится ливень. И тогда от водителя требуется максимум осторожности и внимания.

Что же грозит автомобилю, попавшему в глубокую лужу? Конечно, вода легко может залить свечи, высоковольтные провода, катушку зажигания, распределитель. Тогда, не исключено, откажет система зажигания, и двигатель встанет. Если далее автомобиль по инерции выкатится из лужи — значит, повезло. Иначе водителю придется выбираться из застрявшей машины разве что не вплавь.

Но это еще «цветочки». «Ягодки» будут, когда вода попадет в воздухозаборник и далее окажется

ся в цилиндрах. Именно так и случилось с BMW, о котором мы рассказали выше. А причина всех несчастий, постигших эту машину и ее хозяина, проста — в одном из цилиндров двигателя произошел гидроудар, который и вывел двигатель из строя.

Выходит, если на пути автомобиля встретилась лужа, надо разворачиваться и ехать обратно? Нет, конечно. Но осторожность все-таки не помешает. И уж тем более следует знать, что вода может натворить в двигателе. Иначе беды не избежать, а ремонт «выпившего водички» двигателя обойдется в весьма кругленькую сумму.

Что такое гидроудар?

Гидроудар в цилиндре происходит тогда, когда объем жидкости, попавшей в цилиндр, превышает объем камеры сгорания при положении поршня в верхней мертвой точке (ВМТ). В отличие от воздуха или топливовоздушной смеси вода несжимаема. А раз так, то происходит следующее. На такте сжатия оба клапана закрыты, а поршень движется вверх, сжимая топливовоздушную смесь. Наличие воды в цилиндре делает процесс нарастания давления более быстрым, а при подходе поршня к ВМТ он может попросту «упереться» в воду. Давление в цилиндре вырастет тогда многократно.

Деформированный шатун — типичный результат гидроудара (а). Поршень его не выдержал и разрушился (б).



Сила давления, приложенная к поршню, передается через поршневой палец на шатун, вызывая в последнем большие напряжения сжатия. Инерция вращающегося коленчатого вала велика: не надо забывать, что при включенной передаче коленвал дополнительно прокручивается за счет инерции движущегося автомобиля. И шатун попадает «между молотом» и наковальней»: с одной стороны поршень (его не пускает дальше вода), а с другой — коленвал, вращаемый другими цилиндрами и всей массой автомобиля.

Результат? Его вы видите на фотографиях. Шатун деформируется — его стержень изгибается в плоскости вращения коленвала. Точнее, теряет устойчивость под действием сжимающей нагрузки, причем расстояние между центрами отверстий верхней и нижней головок уменьшается.

А что с двигателем? В такой ситуации он, как правило, останавливается — слишком велико тормозное усилие воды. Причем остановка происходит независимо от частоты вращения. Но при высокой частоте вращения последствия могут носить просто катастрофический характер.

Что еще может пострадать при гидроударе?

Гнутым шатуном последствия гидроудара не исчерпываются. Например, на поршневой палец действует та же сила, и он изгибается. Это легко проверить, приложив к деформированному пальцу лекальную линейку или палец нормальный.

Для поршней гидроудар также не проходит бесследно — известно немало случаев их повреждения. Обычно деформируется нагруженная сторона юбки. Происходит это следующим обра-

зом. Сила давления на поршень вблизи ВМТ очень велика, а это значит, что резко возрастает сила трения в соединении поршня с пальцем. В результате при переключке в ВМТ поршню трудно повернуться на пальце. Поэтому он поворачивается вместе с шатуном, причем юбка поршня упирается в стенку цилиндра, деформируется и даже может треснуть.

Ситуация ухудшится, когда затем коленвал прокрутится дальше и поршень опустится к нижней мертвой точке (НМТ). У современных двигателей при положении поршня в НМТ зазор между ним и противовесами коленвала редко превышает несколько миллиметров. А деформация шатуна, как правило, больше. Что происходит в такой ситуации, ясно: шатун потянет поршень вниз и «посадит» его на противовесы. Подобного насилия не выдержат бобышки поршня, обязательно треснут.

А теперь представим, что двигатель продолжает работать. Возникший при этом стук — отнюдь не самое страшное. Дело в том, что и шатун и поршень испытывают большие знакопеременные нагрузки, которые резко возрастают при деформации шатуна и упоре поршня в противовесы в момент нахождения в НМТ. Практика показывает, что через некоторое время шатун или поршень разрушаются. И сломанный шатун пробивает блок цилиндров.

При гидроударе страдают и другие детали и элементы двигателя. Например, в верхней части цилиндра, где давление очень велико, могут появиться трещины. Особенно это характерно для алюминиевых блоков цилиндров с «мокрыми» или «сухими» гильзами, уступающих чугунным моноблокам в прочности. Но даже если трещин не обнаружено, возможна деформация верхней части цилиндра, и без ремонта уже никак не обойтись.

Давление в цилиндре способно деформировать и головку блока: на привалочной плоскости вблизи поврежденного цилиндра, как правило, обнаруживается деформация около 0,03-0,05 мм. А вот коленчатый вал, несмотря на запредельные нагрузки, как ни странно, страдает редко — его остаточная деформация обычно не превышает 0,01-0,02 мм.

При гидроударе большие нагрузки возникают в приводе распределительного вала. Ведь в момент практически мгновенной остановки двигателя распредвал, продолжая вращаться, резко натягивает цепь или ремень. Значит, ударные нагрузки испытывают и другие элементы привода — особенно натяжитель. Поэтому все эти детали после гидроудара рекомендуется менять.

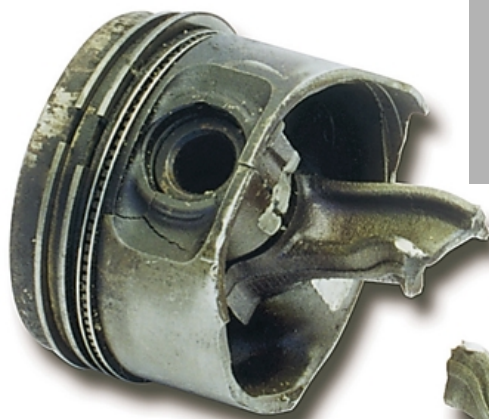
Итак, главные проблемы в двигателе возникают не столько в момент гидроудара, сколько при последующей работе мотора с дефектными деталями. Так что от действий водителя во многом зависит, насколько серьезными будут повреждения. Поэтому не менее важен вопрос...

Что делать после гидроудара

Самый лучший вариант, как ни странно, — это когда двигатель при гидроударе заклинил. Обычно такой «клин» происходит из-за упора деформированного шатуна в стенку блока цилиндров. Тогда у ретивого водителя, выкатившегося из лужи с заглушим мотором, не останется шансов прокрутить коленвал («ломом» либо с троса) — и прикончить двигатель. Ремонт же заклинившего мотора обычно сводится к замене шатуна и поршня с пальцем.

Гораздо хуже (а так случается часто) если двигатель, набрав воды в цилиндры, останавливается, но не заклинивает: коленвал вращается, но полного оборота сделать нельзя — вода не пускает. Вот здесь и подстерегает незадачливого водителя опасность. Судите сами.

Попадание воды в цилиндры при невысокой частоте вращения коленвала приводит к тому, что двигатель глохнет, автомобиль останавливается, но никаких явных повреждений детали не полу-



Поработав немного после гидроудара, деформированный шатун сломался пополам (а). На бобышках поршня видны вмятины и трещина от ударов противовесов коленвала в НМТ (б).

чают. Пока за дело не возьмется водитель.

Ему бы остановиться, подумать, но нет, он топчется, достает трос из багажника... Такому можно сразу, не отцепляя трос, буксировать автомобиль на СТО, на замену шатунов, по меньшей мере. А всего-то надо было свечи вывернуть и стартером прокрутить коленвал, чтобы воду из цилиндров удалить. Дальше заворачивая свечи, запускать — и поехали! Однако такое почему-то редко приходит в голову.

Что делать с двигателем после гидроудара

Придется разбирать такой двигатель и детали очень тщательно проверять и измерять. Но для

начала желательно удостовериться, что причиной является именно вода, попавшая в цилиндры. Для этого достаточно снять крышку воздушного фильтра: наличие в корпусе фильтра воды подтвердит ваши опасения.

Очень важно, сколько времени простоял автомобиль после гидроудара. Если день-два — нормально, а если месяц? Тогда цилиндры и поршневые кольца будут повреждены коррозией, и может потребоваться расточка блока под ремонтные поршни. Ну а если двигатель с водой оставили на год (такие случаи тоже были), то изъеденные ржавчиной цилиндры могут не пройти даже в ремонт +0,5 мм

Очень редко после гидроудара удается поправить деформированные шатуны, даже если на вид они не слишком кривые. Причина — в сжатии шатуна по оси стержня. Из-за этого



поврежденный шатун так и останется укороченным — в лучшем случае на 1-2 мм. Использовать его нельзя не только вследствие уменьшения степени сжатия в цилиндре, но и по причине задевания поршня за противовесы коленвала.

Больше всего хлопот доставит ремонт блока, особенно если будут обнаружены трещины или пробоины. Правда, практика показывает, что эта беда поправима (см. «АБС-авто», № 1, 2000). В остальном же ремонт мало отличается от обычного капитального, проводимого во многих мастерских и СТО.

И все-таки, лучше до ремонта двигатель не доводить. То есть, не попадать в лужу в любом смысле. Для этого следует знать...



(а)

То, что причина неисправности двигателя — именно гидроудар, свидетельствует нормальный вид нижней головки деформированного или сломанного шатуна (а). Если же на нижней головке видны задиры и следы перегрева, то деформация шатуна произошла по другой причине, к примеру, вследствие обрыва шатунных болтов и удара по блоку после разрушения шатунных вкладышей (б).



(б)

Как избежать гидроудара

Главное правило — никогда не проезжать по глубокой луже на высокой скорости. Езжайте на повышенных оборотах, но медленно! Даже если у вашего автомобиля очень мощный мотор. Ведь именно тогда ремонт его будет особенно недешевым. При большой скорости движения перед автомобилем возникает волна, которая накрывает капот и, будьте уверены, заполняет водой переднюю часть подкапотного пространства, где располагается воздухозаборник впускной системы.


Автомобили разных марок ведут себя «на воде» тоже по-разному. Дело в конструктивных особенностях — где конкретно расположен воздухо-

заборник, как поступает под капот вода и при каких условиях она может попасть в двигатель. Некоторые автомобили проявляют повышенную склонность к гидроудару — в том смысле, что для этого им нужны меньшие скорость и глубина лужи. Что совершенно неудивительно, потому что зачастую в конструкции автомобиля не приняты во внимание условия его эксплуатации.

Особенно опасен гидроудар для дизелей: из-за высокой степени сжатия у них мал объем камеры сгорания, а дроссельная заслонка, как правило, отсутствует. Поэтому вывести дизель из строя может даже незначительное количество попавшей в него воды

В заключение отметим, что причиной гидроудара в цилиндре иной раз может стать вовсе не вода из лужи. Например, негерметичная прокладка головки блока цилиндров при стоянке автомобиля может привести к натеканию охлаждающей жидкости в один из цилиндров. И тогда при запуске возможен гидроудар.

Известны и совсем экзотические случаи гидроудара — к примеру, из-за разрыва мембраны регулятора давления топлива. Тогда в двига-

тель через вакуумный шланг под давлением быстро поступает большое количество топлива. Гидроудар возможен и при быстром разрушении подшипников и уплотнений ротора турбокомпрессора, когда в цилиндры сразу поступает большое количество масла. Поскольку эти дефекты являются следствием эксплуатации автомобиля, их рекомендуем устранять заранее, не дожидаясь наступления катастрофических последствий. 

Гидроудар «замедленного действия»

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, канд. техн. наук,
директор фирмы «АБ-Инжиниринг»
СЕРГЕЙ САМОХИН

Если машина заехала в лужу, мотор хлебнул водички, «схватил клина» вследствие гидроудара и заглох, это не самая большая беда. Гораздо хуже, когда попадание воды в двигатель проходит незамеченным. Ведь это событие никогда не остается без последствий. Внезапно проявляясь, они становятся полной неожиданностью для автовладельца и загадкой для многих сервисменов и экспертов. Между тем технически грамотные и наблюдательные специалисты легко ее разгадают.



Постоянные читатели журнала припомнят, что к теме гидроудара мы обращаемся не в первый раз. Причина проста: с течением времени она, к сожалению, не утрачивает актуальности. Автопарк быстро молодеет, качество сервиса понемногу улучшается и количество моторов, попадающих в ремонт по причине естественной смерти или неграмотного обслуживания, заметно сокращается. Но стоит лишь случиться очередному природному катаклизму, сопровождающемуся обильными осадками, как тут же появляются жертвы гидроудара. Они вылезают снова и снова, как грибы после дождя. В эту беду попадают любые автомобили: импортные и отечественные, бензиновые и дизельные, старые или не очень. Перефразируя великого

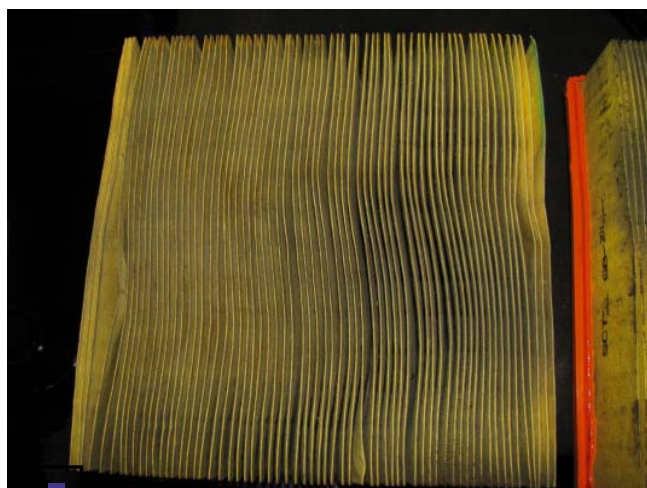
поэта, справедливо сказать, что «гидроудару все возрасты покорны». Покорны ему и совсем новые, гарантийные машины, оснащенные современными, высокотехнологичными моторами. В таких случаях особенно остро встают вопросы: «кто виноват?», «гарантийный случай или нет?», «как ремонтировать и можно ли это делать?». Да и вообще, как распознать, что в моторе случился гидроудар?

Что такое хорошо...

Допустим, машина въехала в лужу, утонула, мотор захлебнулся и заглох. Выход один — вызывать эвакуатор и везти обездвиженный автомобиль в автосервис. Казалось бы, чего тут хорошего. Действительно, хорошего мало, и все же такой сценарий вовсе не самый плохой.

«Одновременность» происшествия позволяет с большой вероятностью предположить, что произошел гидроудар, и уже заранее представить возможные последствия. Проверить догадку несложно: достаточно заглянуть в воздушный фильтр — он наверняка будет полон воды. Естественно, вода будет в одном или нескольких цилиндрах, причем она может оставаться в них несколько дней и даже недель.

Как правило, вскрытие мотора не выявляет повреждений, «несовместимых с жизнью». Ведь глубокие лужи никто не форсирует на высокой скорости и в режиме предельной мощности. Обычно обнаруживается один или несколько погнутых шатунов. В общем случае такая авария надежно лечится заменой шатунно-поршневой группы (ШПГ) в сборе.



Первый признак гидроудара — коробление гофр шторы воздушного фильтра



Признак второй — каемка нагара вверху цилиндра «двухступенчатая» и заметно шире, чем в неповрежденных горшках



Признак третий — характерная «змеяка» на шатуне, потерявшем устойчивость в результате осевого сжатия



Диагональное пятно контакта на юбке поршня

С одной стороны огневой пояс поршня вытерт

С другой — с избытком покрыт слоем нагара



Признак четвертый — следы перекоса поршня в цилиндре

Почему рекомендуется заменить ШПГ целиком? Во-первых, как будет пояснено ниже, если шатун в той или иной степени деформировался, то и геометрия поршня однозначно нарушена. Во-вторых, определить отсутствие повреждений шатуна «на глаз» невозможно, а специальных приспособлений для контроля его геометрии в России не найти днем с огнем. Оставлять шатун «наудачу» очень опасно — в этом мы убедимся далее.

Из этого общего случая есть исключения. Если машина старенькая, ее остаточная стоимость невысока, да и жить ей осталось недолго, возможны менее затратные, но и более рискованные варианты вроде частичной замены ШПГ с использованием деталей с разборки. Другое дело, когда машина сравнительно новая и находится на гарантии. Если владельцу не удастся доказать, что гидроудар произошел в результате цунами, аварию, скорее всего, не признают страховым случаем, а квалифицируют как неграмотную эксплуатацию. Мол, не зная броду, не суйтесь в воду! Оплачивать ремонт двигателя придется автовладельцу. Наиболее правильным решением в этом случае будет замена «шорт-блока», то есть блока цилиндров в сборе с «внутренностями».

Почему не замена ШПГ, что более экономно? Новый автомобиль — это, как правило, современный, технологически сложный двигатель:

алюминиевый блок, коренные крышки в виде единой постели, в ее разъеме зачастую проходят каналы, требующие герметизации и т.д. Поэтому замена ШПГ и проверка коленвала, связанная с его снятием-установкой, не только трудоемки, но и требуют высокой квалификации персонала. Не на всех дилерских станциях есть специалисты по сложному агрегатному ремонту — у дилеров специфика работы иная. Поэтому разумнее заплатить больше денег, но быть уверенным в надежности отремонтированного мотора. Если мотор 4-цилиндровый, то «шорт-блок» не будет чрезмерно дорогим, и экономить не стоит. «Шорт-блок» многоцилиндрового V-образника, напротив, может ока-

камеры сгорания и количества попавшей в цилиндр воды. Когда воды немного (она занимает лишь часть камеры сгорания или чуть больше нее), гидроудар не приводит к кокауту двигателя, но по-любому мотор получает увесистый «прямой в голову». Зачастую это событие происходит незаметно для автовладельца, но не без последствий для двигателя.

И вот, когда прошедшее ненастье давным-давно забыто, в погожий день человек неспешно едет на дачу и вдруг... бах-трах-тарарах — машина встает! Владелец в изумлении: ехал себе спокойно, никого не трогал! Везет машину в сервис, мотор вскрывают и обнаруживают полный «сталинград»: оборванный шатун, покоренный, застрявший в камере сгорания поршень, разбитый «в хлам» цилиндр, пробитый блок.

Если автомобиль куплен недавно и находится на гарантии, ситуация обостряется до предела. Обе стороны назревающего конфликта задаются неприятным вопросом: «кто за это заплатит?». Хозяин машины в силу естественной неосведомленности начинает подозревать, что ему продали «неправильный» автомобиль или неправильно его обслуживали. Работники сервиса недоумевают не меньше владельца. Им также важно установить причину произошедшего, но немногие сервисмены способны распознать, что причиной аварии стал именно гидроудар, полученный двигателем в прошлом. И уж тем более они не могут убедительно доказать это клиенту.

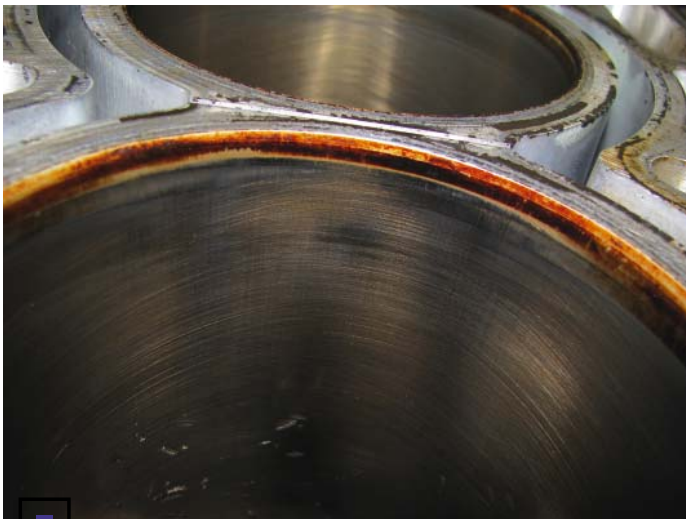
■ Перефразируя великого поэта, справедливо сказать, что «гидроудару все возрасты покорны». Покорны ему и старые, и совсем новые, гарантийные машины

заться непомерно дорогим, но и здесь опять-таки возможны варианты.

В любом случае «гидрококаут», немедленно вызвавший заклинивание мотора, однозначно диагностируется, а его последствия достаточно просто устраняются.

...и что такое плохо

Гидроудар гидроудару — рознь. Его сила и, соответственно, степень повреждения деталей двигателя зависят от соотношения объема



Признак пятый — след от перекошенного поршня в верхней части цилиндра



Признак шестой — диагональный след работы шатунных вкладышей с перекосом

По требованию автовладельца назначается экспертиза, но и она чаще всего оказывается не в силах объяснить, что же на самом деле произошло. Как показала практика, большая часть экспертов, смело берущихся за расследование причин поломки двигателей, даже не знает, каковы признаки гидроудара, и не может вразумительно объяснить, как двигатель мог отказать в сухую погоду во время обычной поездки по шоссе. Есть и такие «эксперты», которые из корыстных побуждений намеренно искажают истину. В зависимости от того, кто «заказал музыку» — автовладелец или автоцентр, — они списывают все на заводской дефект или, наоборот, усматривают последствия гидроудара там, где им и не пахнет. Нерешенный спор приводит к длительному судебному процессу. Не имея убедительных доказательств, через год-полтора «Фемида» принимает решение, как ей и положено, с завязанными глазами. Немудрено, что ее вердикт оказывается справедливым далеко не всегда.

И такое происходит сплошь и рядом. Чтобы пресечь сие зло раз и навсегда, нужно немного — научиться за обломками шатунов и поршней безошибочно распознавать гидроудар. Сделать это не сложно — гидроудар легко «читается», его признаки практически невозможно спутать с чем-то иным. Нужно лишь ясно представлять, какими явлениями и процессами он сопровождается.

Картина гидроудара

Когда при движении вверх поршень упирается в водяную «стену», на шатун начинает действовать гигантское усилие сжатия. Его

источник — огромная инерция движущегося автомобиля, через колеса и трансмиссию проворачивающая коленвал и способная сломать упорное сопротивление поршня и шатуна. Под действием силы сжатия шатун теряет устойчивость и изгибается, чтобы пройти положение ВМТ. В момент деформации в соединении поршня с шатуном возникает колоссальное усилие, сила трения в парах шатун/палец и палец/поршень резко увеличи-

■ «Гидронокаут», немедленно вызвавший заклинивание мотора, однозначно диагностируется, а его последствия достаточно просто устраняются

вается, и подвижность поршня относительно шатуна падает. В результате поршень стремится повернуться в цилиндре вместе с шатуном, нагрузка на одну сторону его юбки становится чрезвычайно высокой, и юбка деформируется. Внешне поршень может выглядеть идеально, но стоит лишь взять в руки микрометр, как нарушение геометрии станет очевидным.

Дальнейшее развитие событий зависит от величины деформации шатуна (в основном от того, сколько воды было в цилиндре). Он может согнуться так сильно, что упрется в нижний край стенки цилиндра, и мотор заклинит. Двигатель может «дать клина» и по другой причине. Сгибаясь, шатун укорачивается, и если он стал короче примерно на 3 мм и более, поршень в НМТ «сядет» на противовесы коленвала, повредится частично или развалится полностью.

Если водички было немного, деформация шатуна будет небольшой. На следующем цикле воду «выплюнет» через систему выпуска, и машина помчится дальше... Такое незначительное повреждение ШПГ — самое хитрое следствие гидроудара. Оно может давать о себе знать слабым, едва заметным стуком, который возникает из-за нарушения параллельности осей отверстий в нижней и верхней головках шатуна. Иногда стука может и не быть вовсе. Укорачивание шатуна приводит к изменению положения поршня в ВМТ и, как следствие, к снижению степени сжатия в цилиндре. Небольшое падение степени сжатия в одном или двух «горшках» бензинового мотора не оказывает заметного влияния на его работу. Такие изменения можно зарегистрировать только методами аппаратной диагностики. Поскольку никаких явных признаков повреждения может и не быть, владелец автомобиля не будет ведать о том, что мотор в опасности.

В дальнейшем события развиваются так. На шатун всегда действуют циклические осевые нагрузки растяжения/сжатия. Когда шатун погнут, осевые нагрузки приводят к возникновению в его теле дополнительных знакопеременных изгибающих напряжений. Это нерасчетный режим работы, который вызывает усталостное разрушение шатуна. Чтобы произошло усталостное разрушение, требуется немалое время, которое может измеряться несколькими сотнями или тысячами (обычно до 5–7) тыс. км пробега. Некоторые «знатоки» для обозначения описанного явления часто используют термин «отложенный гидроудар», что, согласитесь, абсолютно неверно. Сам гидро-



Признак седьмой — повышенное нагарообразование в поврежденной (крайней левой) камере сгорания

удар происходит безотлагательно, откладываясь лишь его финальные последствия.

Кстати, для дизельных двигателей такой сценарий нехарактерен. Из-за меньшего объема камеры сгорания и отсутствия в большинстве моторов дросселирования воздуха дизели «держат гидроудар» гораздо хуже бензиновых двигателей. Образно говоря, дизель если уж хлебнет воды, так «по полной» и сразу — в кокаут. Последствия гидроудара в дизельных двигателях обычно проявляются немедленно, и как проявляются: могучие шатуны нередко гнет и ломает так, что диву даешься!

Семь признаков

Как же определить спустя тысячи километров пробега, действительно ли гидроудар был причиной разрушения шатуна? Для этого не надо иметь семь пядей во лбу — достаточно знать семь верных признаков гидроудара.

Признак первый. Если двигатель в результате гидроудара не заглох, а проработал довольно долго, то воды в нем не будет совсем. Искать ее бесполезно — она давно испарилась (правда, некоторые «эксперты», действующие по принципу: «кто ищет, тот всегда найдет», все же умудряются ее отыскать. Единственное место, где можно обнаружить явные следы воды, — воздушный фильтр. Если фильтр бумажный, попадание воды и последующее ее испарение вызовут характерную деформацию и коробление гофр. Обнаружив такую картину, расследование можно считать практически законченным, а причину поломки выявленной. Однако многие современные моторы комплектуются фильтрами из синтетики, которая на воду никак не

реагирует. Тогда следов воды не будет нигде, и придется искать другие верные признаки гидроудара.

Признак второй. На стенке цилиндра, выше того места, где останавливается верхнее кольцо поршня в положении ВМТ, всегда есть нагар. Поскольку деформированный шатун укорачивается, поршень в ВМТ опускается ниже начального положения. При этом ширина каемки нагара ступенчато увеличивается, что хорошо заметно и невооруженным глазом. Величину, на которую опустился поршень, можно легко замерить обычной линейкой. Даже после обрыва деформированного шатуна «двухступенчатая» каемка нагара однозначно укажет, что пока он был «жив», его длина была меньше положенной.

Признак третий. Нередко вода попадает не в один, а в несколько цилиндров двигателя. В результате повреждения могут получить несколько шатунов, из которых первым сломается самый гнутый. Остальные легко проверить «на глаз» — если шатун испытал гидроудар, его стержень при наблюдении в плоскости качания будет иметь вид характерной «змейки».

Признак четвертый. Когда шатун гнется, нарушается параллельность осей его отверстий. Перекос осей, который в норме измеряется сотыми долями миллиметра, после гидроу-

■ Когда воды немного (она занимает лишь часть камеры сгорания или чуть больше нее), гидроудар не приводит к кокауту двигателя, но по-любому мотор получает увесистый «прямой в голову»

дара настолько велик, что часто заметен даже «на глаз». Вследствие этого поршень начинает работать в цилиндре с перекосом. Это классический случай, признаки которого хорошо известны. У поршня на юбке будет заметно пятно контакта характерной диагональной формы. С другой стороны поршня появится контактное пятно, расположенное выше поршневого пальца. В то же время противоположная зона огневого пояса, наоборот, будет покрыта большим слоем нагара.

Признак пятый. На стенках цилиндра, в котором поршень работал с перекосом, будут ответные следы. Вверху цилиндра, в месте касания поршня пояска нагара будет стерт, его кромка будет неровной, в некоторых случаях — с рисками. Иногда в нижней части цилиндра появляются характерные блестящие следы.

Признак шестой. После деформации шатуна вкладыши также начнут работать с перекосом. На них появятся следы «диагонального» износа — блестящие полоски по краям.

Признак седьмой. Увеличение «мертвого» надпоршневого пространства и одновременное снижение степени сжатия в цилиндре с деформированным шатуном вызывают нарушение процессов газообмена и сгорания топливовоздушной смеси. Непростая «физика» этого явления не является предметом данной статьи. Уместно лишь сказать, что в результате смесь становится богаче и сгорает менее полно, чем в неповрежденных цилиндрах. Поэтому нагарообразование в камере сгорания, перенесшей гидроудар, идет интенсивнее. Об этом «расскажет» более темный цвет нагара на ее стенках, хорошо заметный после демонтажа головки блока цилиндров.

Этих признаков более чем достаточно, чтобы убедиться самому и убедить других, что шатун длительное время работал изогнутым и, вероятнее всего, по причине перенесенного гидроудара. Можно даже примерно определить, когда он произошел, если «отмотать кинолентку» назад, на время, за которое автомобиль прошел несколько тысяч километров. И все же находятся умники, которые выдумывают свои собственные признаки, свидетельствующие о незнании механизмов гидроудара. Другие прикрываются общими фразами наподобие «характер, объем и месторасположение дефектов указывают на гидроудар», забывая при этом уточнить и характер, и объем, и место.

Некоторые игнорируют любые аргументы и упрямо доказывают, что причина аварии — производственный

брак шатуна (в зависимости от фантазии «эксперта» — дефект материала, термической или механической обработки), случившийся через 50–100 тыс. км пробега после покупки автомобиля. Мы же утверждаем, что любые скрытые дефекты деталей двигателя, вызывающие подобные поломки, как правило, выявляются при пробегах до 10 000 км (в редких случаях — до 20 тыс. км пробега). Если «сталинград» в моторе случился при большем пробеге, можно с закрытыми глазами утверждать, что заводской брак тут ни при чем. А чтобы установить действительную причину, нужно глаза открыть пошире и немного пошевелить мозгами. Только и всего.

АБС

Найди в этом номере

Об антифризах хороших

