

ЕСЛИ ДВИГАТЕЛЬ



СТУЧИТ...

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук

—...Посмотрите — у меня коленвал стучит!

— И давно это у Вас?

— Да уже год так езжу!

— ???!

— Точно, коленвал, что же еще у меня может стучать?

(Из разговора на «АБС-сервис»)

Не ошибемся, если скажем, что посторонние шумы и стуки сопровождают автомобиль на протяжении значительной части его автомобильной «жизни». Сильные и слабые, глухие и звонкие — они не только раздражают слух и снижают комфорт.

Обычно эти звуки сигнализируют о неполадках в узлах и агрегатах. Источники звуков в автомобиле весьма многочисленны, но главные из них — ходовая часть, рулевое управление, трансмиссия, двигатель. В этом ряду двигатель занимает особое место. Значительные нагрузки на его детали носят знакопеременный периодический характер в соответствии с частотой вращения коленчатого вала. Не удивительно, что 3000 ударов за одну минуту или, к примеру, 30000 ударов за 10 минут одной детали по другой вполне могут привести к весьма неприятным последствиям.

В отношении стука, появившегося в двигателе, водителя чаще всего интересуют два вопроса: сколько еще можно так проехать и насколько сложным и дорогим может оказаться ремонт?

Последний вопрос важен и для механика-моториста, только сформулируем его иначе: в чем причина стука? Правильный ответ на этот главный вопрос легко расставит все на свои места — и возможность дальнейшей эксплуатации двигателя, и степень сложности предстоящего ремонта.

К сожалению, дать точный ответ на вопрос о том, что является причиной стука в конкретном случае, не всегда возможно. Даже моторист высокой квалификации (с большим опытом и отличным, прямо-таки «абсолютным» слухом), может ошибиться. Что уж говорить о его менее опытных коллегах и водителях?

Но цена ошибки слишком велика. Представьте: успокоенный тем, что ничего страшного нет, водитель включает музыку погромче, нажимает на

газ и ... — через некоторое количество километров шатун пробивает блок цилиндров. Или: механик «приговорил» двигатель к капитальному ремонту, а разобрав его, убедился, что к самому двигателю (т.е. к его механической части) стук отношения не имеет.

Еще сложнее без разборки и проверки всех деталей и агрегатов двигателя ответить на вопрос, почему вообще возник стук? Конечно, известны случаи установки при сборке двигателя некачественных комплектующих, быстрый износ которых стал причиной стука. Но, как правило, дефекты деталей, вызывающие стук, — следствие нарушения правил эксплуатации двигателя, а также их естественный износ. Задача многократно усложняется в том случае, если дефекты деталей, вызывающие стук, появляются вследствие скрытых неисправностей других деталей или узлов двигателя.

В общем, возникновение моторных шумов и стуков — дело «темное», и выявить первопричину совсем непросто. Поэтому попробуем внести некоторую ясность. Именно некоторую, поскольку многообразие стуков и связанных с ними неисправностей столь велико, что описать их все просто невозможно. А вот сформулировать общие принципы, с помощью которых легче определить истинную причину, возможно. Но сначала надо выяснить...

Что такое стук?

В подавляющем большинстве случаев стук в двигателе возникает в зоне сопряжения деталей при увеличении зазора между ними выше некоторой критической величины. В условиях нормальной смазки и охлаждения деталей повышенная шумность возникает при зазоре примерно в два раза большем максимальной величины номинального зазора. Непосредственно стук выявляется при зазоре в сопряжении, приблизительно в три раза и более превышающем номинальный, причем чем больше зазор, тем сильнее стук.

Очевидно, стук — это удар одной детали по другой. А значит, и очень высокие нагрузки в местах их соударения. Не вдаваясь подробно в физику этих процессов, отметим, что ударные нагрузки постепенно разрушают сопрягаемые поверхности, причем тем быстрее, чем больше сила удара. А поскольку эта сила зависит от величины зазора, то с его увеличением скорость износа деталей возрастает. Другими словами, в большинстве случаев стук (читай — ударные нагрузки, зазор, износ) прогрессирует, т.е. становится все сильнее и сильнее.

Насколько быстро идет этот процесс, зависит от многих факторов: конструкции, материала, технологии изготовления деталей, действующих нагрузок, условий смазки, охлаждения и др. Поэтому некоторые узлы (к примеру, газораспре-

лительный механизм) способны работать в изношенном состоянии со стуком многие тысячи километров. В других, напротив: после возникновения стука поломка деталей происходит через несколько сотен или даже десятков километров (кривошипно-шатунный механизм).

Иногда стук возникает и при нормальном зазоре в сопряжении деталей при отсутствии их явного износа. Причины такого стука связаны с очень большими нагрузками, перекосом и заеданием одной из деталей, снижением вязкости масла из-за перегрева или разбавления его иной жидкостью (например, топливом). В таких случаях после устранения неблагоприятных факторов стук пропадает, конечно, если сопряженные детали не успели получить заметных повреждений.

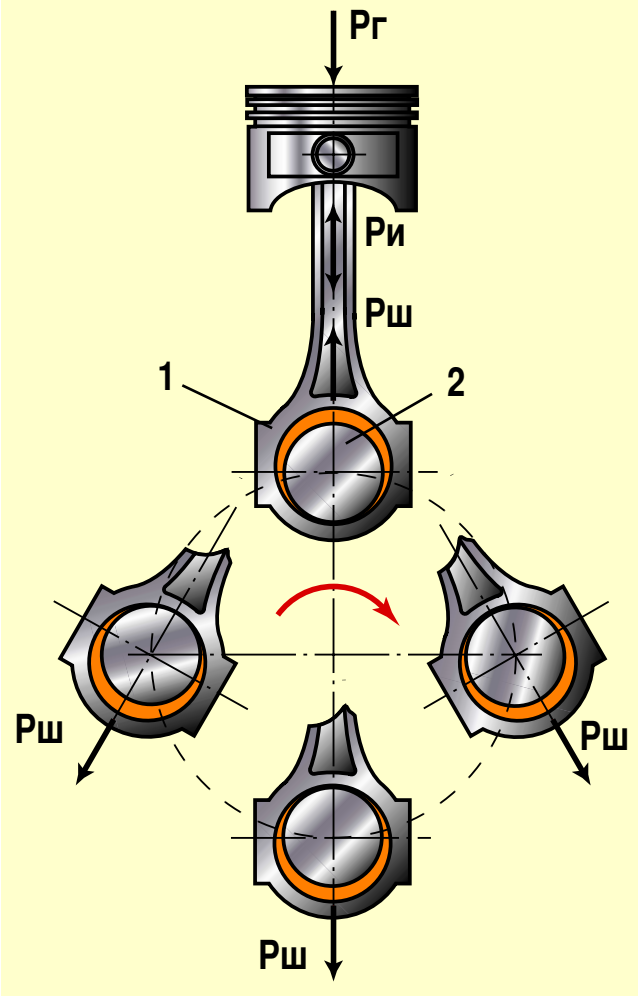
Так или иначе, но стук, появившийся в двигателе, — безотлагательный повод для диагностики. От верно поставленного диагноза зависит объем ремонтных работ: возможно, что для устранения стука необходимо снять и полностью разобрать двигатель, хотя совершенно нельзя исключить варианты, когда требуется только его частичная разборка, либо причина стука вообще не связана с двигателем.

Практика показывает: чтобы не ошибиться, мало знать причину возникновения стука. Не менее, а иногда и более важно знать...

От чего зависит стук?

Откроем какую-нибудь инструкцию по ремонту автомобиля и прочитаем: «...стук коренных подшипников коленчатого вала... глухого тона... лучше прослушивается...» И т.д. и т.п. Действительно, когда на СТО ремонтируется только одна модель автомобиля, подобные рекомендации помогут установить причину стука. А вот для совершенно разных машин хуже: особенности конструкции их двигателей являются причиной разных шумов и стуков при одинаковых неисправностях. Стук коренного подшипника у малолитражного «японца» вполне может оказаться звонче шатунного стука у 5-литрового «американца». Поэтому «звонкость» или «глухость» стука — понятия весьма относительные и

При вращении коленвала силы инерции P_i и давления газов P_g прижимают шатун поочередно к разным сторонам шатунной шейки. Если зазор в шатунном подшипнике велик, возникает стук:
1 — шатун; 2 — шатунная шейка коленчатого вала.



могут быть приняты во внимание только как второстепенные признаки.

А какие же признаки главные? По нашему мнению, их несколько. Например, это характер стука — регулярный, с определенной частотой, или нерегулярный. Последний появляется эпизодически (через неравные промежутки времени), что не позволяет указать его частоту.

Параметры регулярных стуков всегда можно связать с частотой вращения коленчатого вала двигателя. Причем частота стуков может как совпадать, так и отличаться от частоты вращения коленвала.

Еще один параметр стука — интенсивность. В определенной степени этот параметр носит субъективный характер: кому-то может показаться, что двигатель практически не стучит, другому же данный стук слышится довольно сильным. Но главное здесь в другом — связь интенсивности стука с режимом работы двигателя.

Чем определяется режим работы двигателя, понятно — частотой вращения и нагрузкой. С ростом частоты вращения увеличиваются силы

инерции возвратно-поступательно движущихся деталей (шатунно-поршневая группа, клапанный механизм), и если стук связан с их повреждением, то обычно он усиливается. Правда, при этом общий шум работающего двигателя может заглушать стук, поэтому часто не удается точно установить, усиливается конкретный стук с ростом частоты вращения или нет.

Увеличение нагрузки (открытие дроссельной заслонки) ведет к росту давления в цилиндрах и, соответственно, к возрастанию нагрузки на движущиеся детали, в первую очередь кривошипно-шатунного механизма и поршневой группы. Поэтому в большинстве случаев стук, связанный с дефектами этих деталей, усиливается с ростом нагрузки.

Читатель, наверное, заметил, что при описании стуков нам приходится употреблять слова «часто», «иногда», «в большинстве случаев». Действительно, многообразие конструкций двигателей — причина неоднозначного проявления стуков. Более того, степень повреждения «стучащих» деталей тоже может быть совершенно различной, тогда будет и стук стуку рознь.

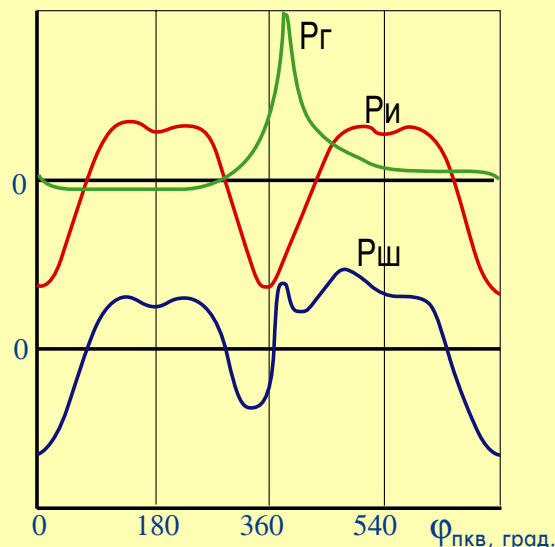
Как показывает практика, на стук может заметно повлиять изменение подачи масла к различным соединениям деталей. К примеру, с ростом частоты вращения увеличивается давление масла и его подача, в том числе и к поврежденным «стучащим» деталям. Масло обладает демпфирующим эффектом, и с ростом частоты вращения некоторые стуки могут «затихать», даже несмотря на резкое увеличение действующих на детали сил.

В связи с этим особое значение имеет температура двигателя. Густое, холодное масло отлично держится в больших зазорах между уже изношенными и даже разбитыми деталями. При этом двигатель, на слух буквально разваливающийся на части в горячем состоянии, холодным может работать почти идеально.

Но зависимость интенсивности стука от температуры связана не только со смазкой. Вспомним, что целый ряд сопряженных деталей в двигателе изготовлены из металлов (бронзы, алюминиевых сплавов, стали, чугуна), имеющих разные коэффициенты температурного расширения. Естественно, величина зазора в сопряжениях деталей из разнородных металлов изменяется в зависимости от температуры.

Подобных соединений в двигателе не так много: «поршень — цилиндр», «поршень — поршневой палец», «распределительный вал — алюминиевая головка блока цилиндров» и «коленчатый вал — алюминиевый блок цилиндров». Сюда же можно отнести соединения типа «коромысло — ось», «клапан — бронзовая направляющая втулка», а также «клапан — головка блока». Что касается последнего соединения, заметим: при

Сила $P_{ш}$, передаваемая шатуном на шейку коленвала, периодически меняет знак с положительного (шатун «толкает» коленвал) на отрицательный (коленвал «тянет» шатун) и обратно. Изношенный шатунный подшипник в этот момент будет источником стука.
 $\Phi_{пкв}$ — угол поворота коленвала.



изменении температуры деталей меняется не только длина клапана, но и высота головки блока, вызывая существенное изменение зазора в приводе клапана.

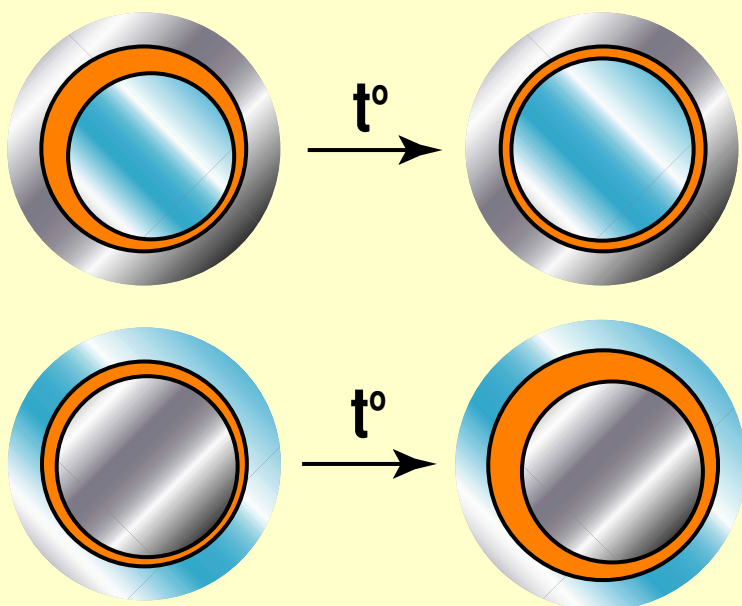
Очевидно, все эти типы соединений могут оказаться источниками стуков, усиливающихся либо, напротив, затихающих при прогреве двигателя. На практике же вопрос об изменении интенсивности стука в зависимости от температуры часто является ключевым в поиске причины неисправности.

И последнее. Для правильной диагностики «стучащего» двигателя иногда имеет решающее значение, как изменяется стук в процессе эксплуатации. Одни стуки, раз возникнув, остаются практически неизменными долгое время и по характеру, и по интенсивности. Другие, напротив, быстро прогрессируют. По этому признаку обычно удается сузить круг возможных причин неисправности: если первые связаны чаще всего с износом в сопряжении двух деталей из твердых материалов (клапанный механизм), то вторые — с износом мягкого материала в паре с твердым (шатунные, коренные вкладыши, подшипники распределительного вала).

Теперь, зная факторы, приводящие к появлению стука и изменению его интенсивности, можно перейти к рассмотрению наиболее часто встречающихся стуков и причин, их вызывающих. Но об этом — в наших следующих публикациях. **АБС**

Справка «АБС-авто». Определить причину стука двигателя и выполнить необходимый ремонт можно на «АБС-сервисе». Тел.: (095) 945-7440.

Нагрев пары сопряженных деталей, из которых алюминиевая деталь — охватываемая, приводит к уменьшению рабочего зазора (вверху). Если алюминиевая деталь — охватывающая, зазор будет увеличиваться (внизу):
■ — алюминиевая деталь; ■ — стальная или чугунная деталь.



Если двигатель стучит...

(Окончание. Начало в № 8, 2000)

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ
кандидат технических наук

В предыдущем номере журнала мы рассмотрели причины возникновения различных стуков в двигателе и выяснили, от чего зависят характер и интенсивность этого звукового сопровождения. Но главное – это суметь определить конкретную неисправность двигателя, приводящую к тому или иному характерному стуку.

Напомним основной вывод, который мы сделали ранее, – стук появляется в результате недопустимого увеличения зазоров в сопряженных деталях двигателя и является одним из симптомов его неисправности. Логично допустить и обратное: по характеру стука, его изменению в зависимости от режима работы двигателя можно определить причину неисправности и в конечном счете даже указать поврежденную деталь.

К сожалению, решить эту задачу не так просто. Более того, может оказаться, что возможных решений имеется сразу несколько, например, когда стуки похожи, а причины их возникновения разные. Поэтому для того, чтобы не запутаться, мы попытаемся описать некую общую схему поиска неисправности по характеру стука.

Прежде всего отметим: неисправности двигателя, являющиеся причиной стуков, имеют разную природу. Чаще всего стуки появляются в результате естественного износа деталей при больших пробегах. Однако нередко детали получают повреждения при неграмотной эксплуатации или неквалифицированном техобслуживании, что также служит поводом появления стуков. Но для нас это не главное – в конечном счете важно знать...

Что же стучит в двигателе?

Стук как следствие увеличенных зазоров в сопряжениях деталей – самый распространенный случай. О нем мы уже подробно рассказывали в предыдущей статье. Чаще всего такая картина



характерна для двигателей с большими пробегами и, соответственно, износами деталей. То есть основная причина стука в данном случае – естественный износ при длительной эксплуатации. Правда, возможны и другие причины, связанные с нарушением правил эксплуатации и ремонта, но для данного случая это будет скорее исключением, чем правилом.

Стук в результате перекоса деталей, в отличие от предыдущего случая, сам по себе не возникает. Чаще всего этому способствует человек. К примеру, прогиб шатуна в результате гидроудара после форсирования лужи или установленная механиком при сборке заведомо кривая (в прямом и переносном смысле) деталь. Нарушение геометрии деталей всегда приводит к значительному росту нагрузок на них. При этом ухудшаются условия смазки, нарушается температурный режим работы деталей. В результате – быстрый износ, увеличение зазоров, и как следствие – стук.

Стук может возникать и в сопряжениях с нормальными зазорами. Такое случается при разру-



«Убитый» шатунный вкладыш – типичная причина стука под нагрузкой.

шении пленки масла между трущимися деталями в результате превышения допустимых нагрузок.

Известно, что слишком малые зазоры между сопрягаемыми деталями приводят к уже упомянутому росту нагрузок, температуры и ухудшению условий смазки. Сами по себе малые зазоры не возникают, а чаще всего являются делом рук чересчур «радивых» мотористов, стремящихся обеспечить в двигателе как можно более «плотные» соединения. Иногда стук данной категории может возникнуть и в результате эксплуатации перегретого двигателя.

Стук при соприкосновении несопряженных деталей – последний и весьма экзотический случай. Причина – сильная деформация одной из деталей. Например, гидроудар в цилиндре так «укорачивает» шатун, что поршень начинает задевать за противовесы коленвала в нижней мертвой точке. В ремонтном деле тоже не без чудес. Представьте: край окантовки прокладки головки свисает в цилиндр (такая вот прокладка!), а поршни чуть выступают вверх над плоскостью блока. Результат очевиден. А про неверную установку фаз, особенно на дизелях, когда клапаны «немного» достают до поршней, и говорить нечего – бывает. Хотя и довольно редко.

Для чего мы приводим подобные примеры? Чтобы попытаться объяснить: помимо характера стука и его изменения в зависимости от режима работы двигателя правильно определить причину стука помогает анализ обстоятельств, при которых он впервые появился.

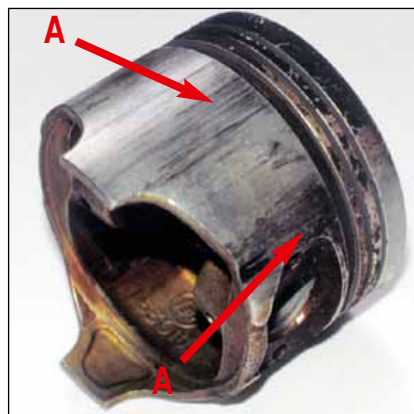
Но, так или иначе, а проанализировать в одной журнальной статье причины и внешние проявления всех стуков – задача практически нереальная. Поэтому остановимся только на самой распространенной категории стуков – тех, что связаны с большими зазорами в сопряжениях деталей. По ним в большинстве случаев удается достаточно точно определить неисправность без разборки двигателя.

«По ком стучит...» двигатель?

Интенсивность стука в общем случае зависит от частоты вращения, нагрузки и температуры двигателя. Вначале рассмотрим только равномерный стук с частотой, равной частоте вращения коленчатого вала.

Как показывает практика, при увеличении частоты вращения интенсивность стука растет, если рабочие поверхности деталей уже достаточно из-

После перегрева двигателя на юбке поршня образовались задиры (места А), она деформировалась, зазор в цилиндре увеличился, и появился стук под нагрузкой, «затихающий» с прогревом двигателя.



«Нечто», попавшее в цилиндр, вызвало стук, резко усиливающийся с ростом частоты вращения.

ношены. При малых износах, а следовательно, и зазорах высокая частота вращения, наоборот, может и «заглушить» стук. Поэтому при определении причины стука важно выяснить влияние нагрузки и температуры двигателя.

Увеличение нагрузки двигателя приводит к усилению стука в кривошипно-шатунном механизме и поршневой группе, т.е. там, где действуют пропорциональные ей силы. А вот температура в этой ситуации влияет по-разному – с ее ростом вязкость масла падает, и, к примеру, поврежденный подшипник в кривошипно-шатунном механизме начинает стучать сильнее. В то же время дефектный поршень при нагревании расширяется, а зазор в сопряжении с ци-



линдром уменьшается, что вызывает «затихание» стука.

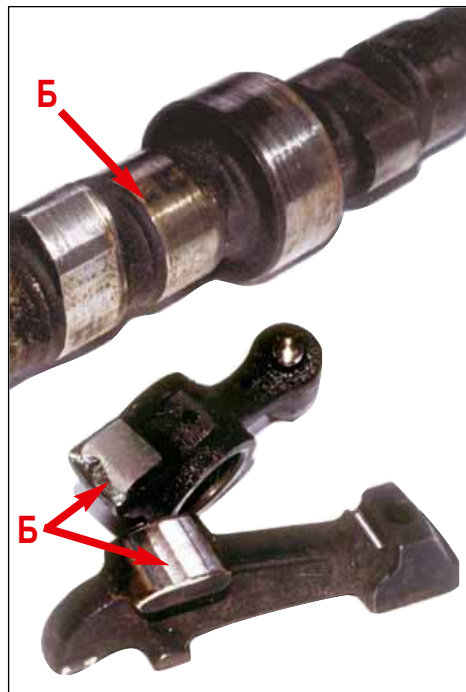
Стуки, интенсивность которых не зависит от нагрузки, как правило, явно усиливаются с ростом частоты вращения. Подобные стуки могут быть вызваны ударами клапанов о поршни, попаданием посторонних предметов в цилиндр между поршнем и головкой блока, дефектами подшипников балансирных валов. При этом с ростом частоты вращения возрастают нагрузки на дефектные детали, возможна их деформация под действием сил инерции. Температура здесь усугубляет дело из-за снижения вязкости масла и температурного расширения более горячих деталей.

Стуки с частотой, меньшей, чем у коленвала, обычно связаны с распределительным механизмом. С ростом температуры их интенсивность усиливается из-за увеличения зазоров в механизме привода клапанов. Влияние частоты вращения здесь может быть разное. Нагрузка, как правило, влияния не оказывает, за исключением стука гидротолкателей, который нередко усиливается под нагрузкой. Этот факт, кстати, может сбить с толку: дефект шатунного подшипника иногда дает практически тот же стук с частотой, вдвое меньшей, чем у коленвала, усиливающийся под нагрузкой и с прогревом.

Интенсивность неравномерных стуков (частоту которых уверенно определить трудно) с ростом частоты вращения обычно снижается, а на изменение нагрузки не реагирует. Так происходит, например, при износе упорных подшипников валов, ослаблении посадки или дефектов в шкивах и маховиках (последние иногда «затихают» при включении передачи или выключении сцепления).

Перечисленные выше стуки связаны с естественным износом, а также с нарушениями правил эксплуатации и обслуживания двигателя. В то же время по неопытности и неграмотности механика во время ремонта двигателя могут быть внесены такие дефекты, которые при обычной его

эксплуатации не встречаются. Это уже упомянутая «кривая» прокладка головки блока, несоосность постелей коленвала или распредвала, непараллельность осей отверстий шатуна, перпендикулярность осей цилиндров и коленвала и многое другое. В таких случаях диагностика стука часто превращается в ребус, разгадать который непросто. Хотя, справедливости ради, заметим, что общие закономерности стука справедливы и здесь.



Износ любой из деталей распределительного механизма (места Б) вызывает стук с частотой, вдвое меньшей частоты вращения.

Стуки – «обманщики»

Некоторые стуки создают иллюзию совершенно конкретного дефекта. На самом же деле причина стука совершенно иная.

О том, что стук гидротолкателей иногда очень похож на стук шатунных вкладышей (и наоборот), мы уже сказали. Вот еще пример: резкий стук под нагрузкой у дизеля очень похож на шатунный, а на самом деле неисправна топливная аппаратура. Или такой случай: механик при сборке забыл затянуть болт шкива распредвала. Грохот, появившийся через некоторое время, был больше похож на стук коленвала, и только случайность «спасла» двигатель от повторной разборки.

Встречаются и курьезы. Владелец автомобиля, приехав на СТО, потребовал сделать «застучавшему» двигателю капремонт. Его удивлению не было предела, когда ему показали дефект ручейкового ремня, вызвавший стук при контакте дефектного участка со шкивами и роликами.

Подобных примеров множество. Но уже ясно, что многие «хитрые» дефекты плохо вписываются в рамки каких-либо схем диагностики стучащего двигателя. Поэтому большинство встречающихся на практике неисправностей под силу диагностировать только опытному персоналу СТО. Но здесь, как ни парадоксально, кроется еще одна сложность на пути к правильно поставленному диагнозу.

Диагност или моторист?

Куда попадает автомобиль со стучащим двигателем, если приедет на иную СТО? Правильно, на участок диагностики. Вот здесь и возможны первые проблемы.

Дело в том, что многие диагносты по природе своей не мотористы, а электронщики. Что и неудивительно, ведь разбираться им приходится в основном именно в электронных системах управления двигателем.

Поскольку электронный блок или датчик – еще не двигатель, то самая большая практика диагностики и ремонта электронных систем никак не заменит практику моторного ремонта с его маслом, грязью и прочими «прелестями». Вот почему хороший «электронный» диагност может не знать истинной причины стука. Даже вооруженный стетоскопом (который, безусловно, у него есть), чтобы точнее определить источник стука.

Что уж тут говорить о начинающих? Известны случаи, когда владельцу автомобиля со стучащим двигателем вручали распечатку, где все было ОК, и, разведя руками, отправляли восвояси.

А нужно, в общем-то, не так уж много – дефекты в механической части двигателя, в том числе стук, должен диагностировать моторист. Соответственно, поставить правильный диагноз «стучащему» мотору смогут скорее всего лишь на той СТО, где на практике ремонтируют двигатели.

По правде сказать, мотористы бывают тоже разной квалификации. И поскольку стук, как мы выяснили, дело «темное», то «приговорить» двигатель к сложному и дорогому, но ненужному, ремонту, весьма просто. Грамотный специалист ни-

когда не скажет, послушав двигатель: «это стучит поршень». Скорее всего, укажет вероятность той или иной неисправности – опыт практика не допустит категоричности.

Но все это – когда машина уже приехала на СТО. А если до сервиса далеко? И вообще, можно ли ехать куда-либо...

Если двигатель стучит?

С застучавшим в пути двигателем вряд ли удастся что-либо сделать на месте. Можно проверить уровень масла – с недостатком смазки чаще всего и связаны повреждения деталей, вызывающие стук.

Далее следует выяснить две вещи: усиливается ли стук под нагрузкой и как быстро он прогрессирует по времени движения. Если ответы положительные, то скорее всего повреждены подшипники коленвала. Ехать дальше с таким дефектом опасно – двигатель вскоре будет выведен из строя с перспективой сложного и дорогого капитального ремонта. Поврежденный шатунный подшипник будет сильно перегреваться, и тем сильнее, чем больше обороты и нагрузка, пока перегретый до 700-800°C шатун не оборвется по одному из сечений нижней головки и не пробьет блок цилиндров. После этого, не исключено, ремонтировать будет уже нечего. Поэтому лучше сразу брать машину на буксир или вызывать «техничку».

Правда, известны отдельные случаи, когда двигатель со «стучащим» коленвалом «проезжал» не малое расстояние. Двигаться подобным образом водителям удавалось на самых минимальных оборотах и нагрузках, чтобы шатун как можно меньше стучал по шейке коленвала. К сожалению, у вала в подобном случае все равно оказывается слишком большой износ, и его уже не удается спасти.

Разного рода «затихающие» стуки, как правило, не столь опасны и позволяют добраться до места ремонта. Некоторые из них (например, «холодный» стук поршня) могут проявляться в двигателе без видимых изменений не один десяток тысяч километров. Поэтому в принятии решения о дальнейшем движении определяющим фактором должно явиться наличие увеличения интенсивности стука. Если таковое замечено, движение необходимо прекратить, а двигатель заглушить. Есть шанс, что детали не успели получить необратимых повреждений. Считайте, что вам крупно повезло и ваши затраты на ремонт будут минимальны. **АБС**

Справка «АБС-авто». Определить причину стука в двигателе и выполнить необходимый ремонт можно на «АБС-сервисе», тел. (095) 945-7440.



Организаторы:



Министерство экономики РФ,
M.S.I.
при содействии
ЗАО "Экспоцентр"

290-4013
202-9349
www.msi-vystavki.ru

Третья международная специализированная выставка

INTERTOOL 2000



Все многообразие инструмента

18-21 октября 2000 г.

Москва, Экспоцентр, павильон «Форум»

Информационная поддержка:



Приглашаем Вас принять участие в Международной специализированной выставке сварочного оборудования и родственных технологий

Министерство экономики РФ,
РНТСО,
M.S.I.
Издательский Центр "Технология Машиностроения" при содействии ЗАО "Экспоцентр"

ОРГАНИЗАТОРЫ:




Международная специализированная выставка

ЭКСПО 2000 СВАРКА



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ ПРОЙДЕТ КОНФЕРЕНЦИЯ «СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» И СЕМИНАРЫ

18 – 21 октября 2000 г.

Москва, Экспоцентр павильон "Форум", павильон № 4

Адрес M.S.I. : **290 4013**
Россия, 121069, Москва, **202 9349**
ул. М. Никитская, 23 **290 6002**
Http://www.msi-vystavki.ru

Информационная поддержка: 