

Дьявол в деталях

Давно подмечено, что истинная суть «сущего» частенько кроется в мелких, на первый взгляд, незначительных, деталях. Порой они могут кардинально перевернуть наши представления о рассматриваемом предмете или явлении. Вот любопытный пример из практики моторной экспертизы, подтверждающий важность «мелочей» в установлении причинно-следственных связей.



СЕРГЕЙ САМОХИН



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

В начале — о «предметах». Две одинаковые машины: Ford Mondeo 2,0i, примерно одного «возраста» (2008 и 2009 года выпуска), с одинаковыми моторами — 2,0-литровыми бензиновыми «дюротеками», с «механикой» и одинаковым пробегом порядка 20 тыс. км. То есть практически «однойцевые близнецы».

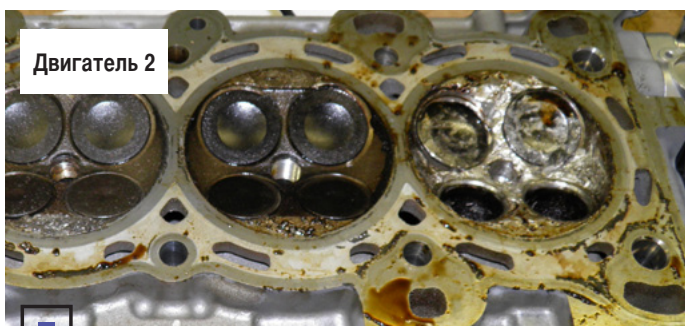
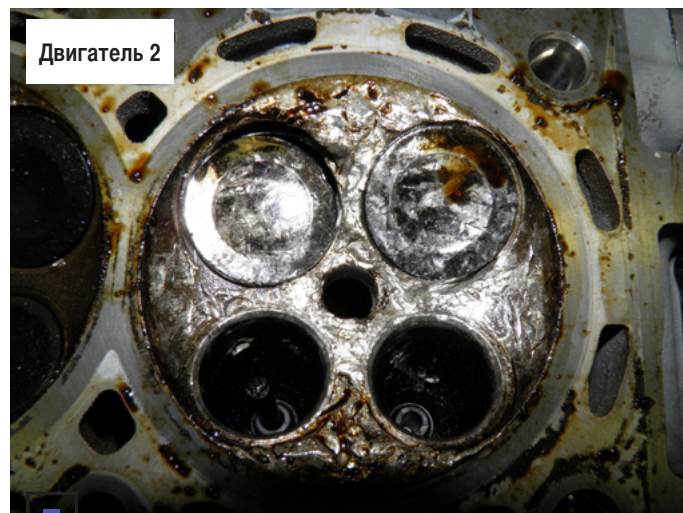
Теперь — о «явлении». С обоими «предметами» приключилась одна и та же неприятность. Оба автовладельца описывали ее одинаково: «Машина ехала-ехала и вдруг, ни с того ни с сего, ба-бах — и все взорвалось». Говоря техническим языком, произошло тотальное разрушение мотора. Впрочем, хозяин одного из «Фордов» упоминал предварительно ощутившиеся потерю мощности и посторонние шумы.

Вскрытие обоих моторов являло картину, написанную как будто под копирку. Самое подходящее ей название — «взрыв на макаронной фабрике». Причем в обоих «дюротеках» очаг взрыва располагался в одном из цилиндров. Блок в районе очага разбит, цилиндр и камера сгорания покоржены, выпускные клапаны оборваны, впускные — забиты. Шатун сильно погнут, на нем торчит одинокий палец. Поршень — в поддоне в виде груды обломков, среди которых валяются оторванные тарелки клапанов. В общем, последствия аварии в обоих моторах абсолютно одинаковые. Напрашивается вывод, что и ее причина должна быть одной и той же. Но, как говорят мудрецы, дьявол кроется в деталях...

Шаблонный анализ

При анализе похожих неисправностей большинство экспертов следует трем «шаблонам»: плохое топливо, гидроудар и превышение допустимых оборотов.

Действительно, встречались такие случаи (и такие эксперты), которые винили в тотальном разрушении поршня плохое топливо. Скажем сразу: напрасно. Локальные повреждения головки поршня, поломка колец или перемычек — да, но чтобы «в хлам», «в лоскуты», «в дребадан» — это нереально. То, что этот шаблон не годится, подтверждают и «гуру» моторного ремонта. В их «гроссбух фюр моторист» таких примеров не



Двигатель 1

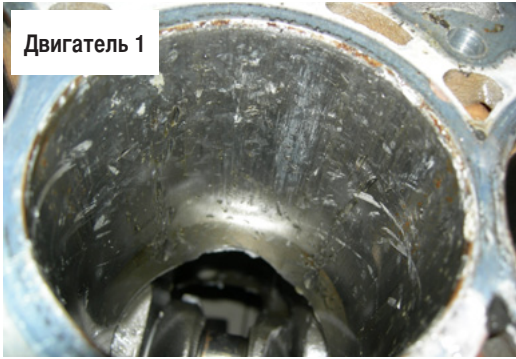
Двигатель 2

Двигатель 1

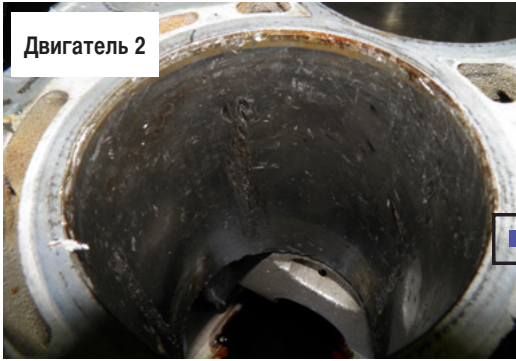
Двигатель 2

Очаг взрыва находился в одном из цилиндров

Выпускные клапаны оборваны, впускные — забиты

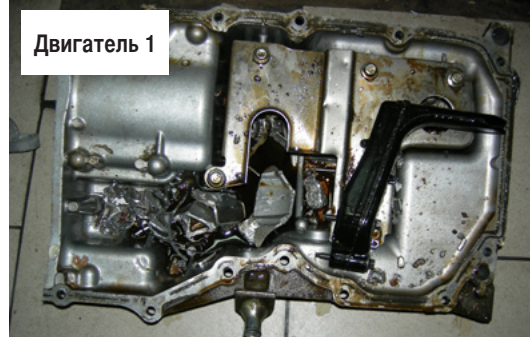


Двигатель 1

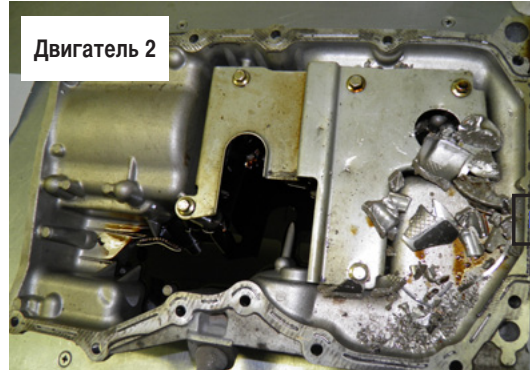


Двигатель 2

Стенки цилиндра жестко изуродованы



Двигатель 1



Двигатель 2

Поршень осыпался в поддон кучей обломков

найти. Поэтому и копать в этом направлении (например, проводить анализ топлива) бессмысленно.

Что касается гидроудара, во-первых, этот шаблон «климатическиситуационный», в том смысле, что для подобной беды необходимо сочетание определенных погодных условий и невезения. Бессмысленно подозревать в случившемся гидроудар, если на дорогах и вне дорог сухо. Во-вторых, как мы когда-то выяснили, гидроудар характеризуется, ни много ни мало, семью признаками.

■ Картина аварии в обоих моторах абсолютно одинаковая. Напрашивается вывод, что и ее причина должна быть одной и той же

Если большинство из них налицо, этот шаблон имеет право на жизнь. Если нет — извините... Получается, что и это не наш случай.

Остается третья версия — превышение оборотов. Если «корень зла» в перекручивании мотора, то сценарий происшествия обычно таков.

При превышении допустимой частоты вращения коленчатого вала, как правило, первыми страдают хрупкие выпускные клапаны. Из-за инерционности ГРМ они не успевают закрыться к моменту прихода поршня в ВМТ. Поршень злобно бьет по клапанам, один из них не выдерживает и ломается. Оборвавшаяся тарелка попадает между «молотом и наковальной» — между поршнем и сводом камеры сгорания, что немедленно приводит к поломке второго выпускного клапана. При этом более податливые впускные клапаны, как правило, просто гнутся.

Дальнейшее развитие событий предсказуемо. «Летающие тарелки» хаотично наносят удары в разные зоны поршня. Так продолжается до тех пор, пока поршень не развалится и не осыплется в картер вместе с двумя оторвавшимися тарелками, по пути дополнительно перемолотыми



Двигатель 1

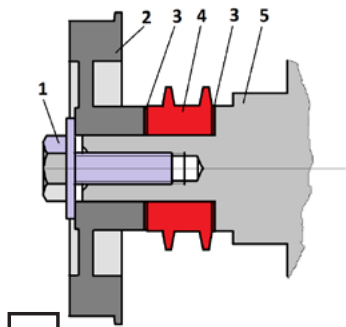


Двигатель 2

Шатун побит и деформирован



Следы от клапанов есть на всех поршнях



□ Конструкция бесшпоночной посадки звездочки коленвала.
1 — болт; 2 — шкив; 3 — шайбы; 4 — звездочка; 5 — коленвал



□ Шайбы обработаны для придания поверхностям повышенной шероховатости

«коленом». Лишившись поршня, шатун мотается в цилиндре, бьет по стенкам и деформирует палец. На высоких оборотах мотора все это происходит в считанные доли секунды.

Непродолжительное превышение оборотов теоретически возможно, например, из-за ошибочного включения пониженной передачи при движении с высокой скоростью (припомним, что оба «Форда» с механическими коробками). Нарочно воспроизвести такую ситуацию сложно, но чего только не бывает в жизни. Эту причину держим в уме, хотя возможны и другие, пока что оставшиеся за кадром.

Причины «большого взрыва»

Где искать улики, которые укажут причину аварии? От поршня остались «рожки да ножки», шатун и головка сильно покорежены, впускные клапаны забиты в седла оборвавшимися деталями. Логика подсказывает, что надо искать первоисточник «большого взрыва», т.е. выяснить, почему оборвался клапан. Для этого можно, во-первых, осмотреть оставшиеся неповрежденными цилиндры — было ли в них соприкосновение

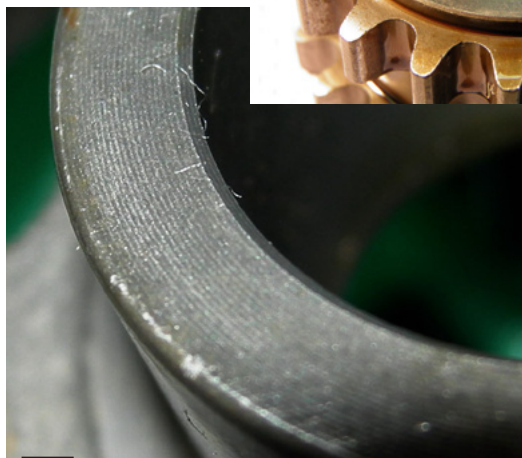
поршней с клапанами или нет? Если они не касались, значит, клапан в поврежденном цилиндре сломался сам собой (например, в результате скрытого дефекта и усталости материала или эксплуатационного уменьшения теплового зазора). Во-вторых, можно и нужно посмотреть характер разрушения стержня клапана в месте излома. Излом стержня, который после обрыва клапана скрывается в головке блока, обычно остается неповрежденным осколками.

Осмотр выявил, что у обоих «дюралектов» следы встречи поршней с клапанами есть во всех цилиндрах. Просто один из клапанов оказался самым слабым звеном и «дрогнул» первым. Но по какой причине поршни стали догонять клапаны? На этот вопрос возможны несколько ответов:

- что-то случилось с цепью (сломался натяжитель, успокоитель или цепь перескочила);
- провернулась звездочка на валу двигателя;
- злую шутку сыграл «шаблон № 3», т.е. действительно произошло превышенное «превышение допустимых оборотов» двигателя.

Исследование цепных приводов показало, что они исправны, а все детали как новые. Может ли провернуться звездочка? В этом моторе все шестерни цепи, включая и звездочку на «колене», фиксируются на валах без шпонок. Пакет деталей при сборке мотора выставляется с помощью кондукторов и затягивается. Заметим — с двух сторон звездочки на коленчатом валу установлены шайбы. Это можно было бы считать вредительством, способствующим ее проворачиванию, если бы поверхности шайб не были специально обработаны с целью придания им повышенной шероховатости. Следовательно, вариант с проворачиванием возможен, причем у шестерни на валу двигателя больше шансов провернуться: она одна крутит две «распредвальных», а ее диаметр вдвое меньше. Поэтому она испытывает в несколько раз большее усилие на сворачивание.

Бесшпоночное крепление шестерен — не новость в моторостроении, оно использовалось и раньше, например, в моторах VW. Правда, для надежной фиксации деталей применялись конические посадки, и особых проблем никогда не возникало. Воспользуемся поводом и выскажем мнение о плюсах и минусах креплений...



□ На торце шкива (слева) заметны потертости и стружка. Звездочка (справа) и контактирующие с ней детали другого мотора никаких следов проворачивания не имеют



Двигатель 1

Двигатель 2

□ Глубокая ровная воронка в месте контакта клапанов с поршнями (справа) и четкая «лесенка» (слева) показывают на совершенно разную причину поломки

...со шпонкой и без нее

Действительно, уже давно конструкторы пришли к пониманию того, что шпонка — всего лишь установочный элемент, который не спасает шестерню или шкив от проворачивания на валу. Эти детали удерживаются силами трения, возникающими при затягивании. Если затяжка ослабеваает, шпонка (и шпоночный паз) будут неминуемо разбиты, и шестерня рано или поздно все равно повернется. Так зачем в конструкции соединения использовать лишний элемент (читай — переводить металл, увеличивать трудозатраты и себестоимость)? В этом умозаключении все красиво, за исключением одного «но».

Наличие шпонки оставляет время на реакцию. Когда посадка шестерни ослабляется,

каждый последующий удар становится слабее предыдущего, а его точка постепенно смещается. В результате на поршне образуется выемка от тарелки клапана в виде «лесенки» со ступенями разной глубины. Три-пять ударов-ступенек, и затем происходит хрупкое разрушение клапана. Причем на тарелках клапанов будет явный след стертости нагара в местах контакта с поршнем.

Если процесс развивается медленно (как при постепенном проворачивании звездочки), клапан долбит практически в одну и ту же точку, раз за разом увеличивая глубину «воронки». В этом случае лесенки не будет, или она будет еле выраженной, а сама воронка будет глубже, чем в первом случае. Края тарелки клапана будут чистыми по кругу (от множества ударов

■ «Летающие тарелки» хаотично наносят удары в разные зоны поршня до тех пор, пока он не развалится и не осыплется в картер

соединение начинает люфтить и грохотать. И чем дальше — тем больше. Это позволяет вовремя заметить неисправность и адекватно на нее отреагировать. В отличие от шпоночных соединений в бесшпоночных конструкциях нет ничего, что сигналило бы о проворачивании звездочки. Значит, опасность серьезного повреждения двигателя увеличивается.

Дьявольские «детали»

Можно представить массу причин, которые могут привести к ослаблению посадки и постепенному смещению звездочки: недостаточный момент затяжки болта, болт «не той системы», недосверленное отверстие, недорезанная резьба, повышенное торцевое биение одной из деталей или не та шероховатость и т.д. При ослаблении затяжки проворачивание звездочки наиболее вероятно в режиме прокрутки двигателя стартером или резкого перехода на пониженную передачу, т.е. тогда, когда усилия на звездочке максимальны. Если звездочка сместилась, на сопряженных поверхностях остаются характерные следы: круговые полосы и даже стружка. Это признаки, которые следует искать.

Также нужно обратить внимание на картину в месте контакта клапанов с поршнями. Если рассогласование взаимного положения поршня и клапана происходит скачкообразно (что характерно для перекручивания мотора), то события развиваются так: первый удар — изгиб клапана — второй удар приходится рядом — изгиб клапана увеличивается — точка следующего удара смещается еще даль-

ше. Каждый последующий удар становится слабее предыдущего, а его точка постепенно смещается.

Получается, что для установления причины аварии нужно выполнить следующие действия: поискать признаки проворачивания звездочки коленвала, исследовать следы на поршнях и проанализировать характер разрушения клапанов. Данная программа была реализована для обоих моторов. Результаты поисков, исследования и анализа представлены на иллюстрациях. Они однозначно свидетельствуют, что, несмотря на идентичность «предметов» и «явлений» в целом, оба случая отличаются в деталях. Именно незначительные, на первый взгляд, мелочи кардинально меняют и картину происшествия, и его отдаленные последствия.

В одном случае мотор разрушился из-за проворачивания звездочки. Значит, у владельца машины есть козыри, чтобы выиграть судебный процесс и восстановить двигатель по гарантии, с минимальными материальными затратами. В другом случае во взрыве мотора виноват сам автовладелец, который своими ошибочными действиями спровоцировал его перекручивание. Доказать, что это гарантийный случай, ему едва ли удастся, а значит, и расплачиваться за все придется из своего кармана. Такова цена «мелких деталей»!

Найди в этом номере

Питерская школа Bosch



Телефон бесплатной горячей линии

8 800 555-41-45



LUC 304

LUC 306

LUC 308

Установка для тестирования и ультразвуковой очистки форсунок

Установка предназначена для диагностики и очистки бензиновых форсунок системы электронного и механического впрыска топлива. Качество очистки гарантируется ультразвуковой технологией, а точность результатов диагностики — микропроцессорным управлением, длительностью впрыска и давлением топлива в закрытом контуре.

Данная установка позволяет полностью имитировать работу двигателя автомобиля в различных режимах, что необходимо при полной диагностике форсунок.

Основные функции

- ультразвуковое удаление отложений из форсунок;
- микропроцессорная система управления и контроля подачи топлива;
- обратная промывка для удаления грязи из форсунок;
- симулирование рабочих условий инжекторного двигателя на различных режимах;
- сравнительный анализ объема топлива, впрыскиваемого различными форсунками;
- сравнительный анализ факела распыления;
- проверка форсунок на наличие утечки при высоком давлении;
- электронное управление сливом жидкости из тестовых колб;

Всегда в наличии расходные материалы для форсунок и технологические жидкости для установки

Официальное представительство в России
 Компания "Лан Тех", Москва
 пр-т Ангстрема дом 22

Тел.: (495) 972-63-12; 543-73-77

www.LAN-TECH.ru