

ДВС ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Всеукраинский научно-технический журнал

2'2016

Издание основано Национальным техническим университетом
"Харьковский Политехнический Институт" в 2002 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета информационной политики,
телевидения и радиовещания Украины КВ №6393 от 29.07.2002 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

А.П. Марченко, *д. т. н., проф.*

Заместители главного редактора

С.В. Епифанов, *д. т. н., проф.*

И.В. Парсаданов, *д. т. н., проф.*

Ответственный секретарь

И.В. Рыкова, *к. т. н., с.н.с.*

Ф.И. Абрамчук, *д. т. н., проф.*

А.В. Белогуб, *д. т. н., проф.*

А.Л. Григорьев, *д. т. н., проф.*

А.В. Грицюк, *д.т.н., с.н.с.*

Ю.Ф. Гутаревич, *д. т. н., проф.*

П.М. Канило, *д. т. н., проф.*

Л.П. Клименко, *д. т. н., проф.*

Г.М. Кухаренко, *д. т. н., проф.*

Е. Моргенштерн, *д. н., проф.*

В.И. Мороз, *д. т. н., проф.*

В.А. Пылев, *д. т. н., проф.*

А.П. Поливянчук, *д. т. н., проф.*

А.А. Прохоренко, *д.т.н., доц.*

С. Радковский, *д.н., доц.*

В. Сенчила, *д.н., проф.*

Б.Г. Тимошевський, *д. т. н., проф.*

Н.А. Ткачук, *д. т. н., проф.*

Р.М. Андрес, *к.т.н.*

Х.М. Чо, *д.н., проф.*

Н.Д. Чайнов, *д. т. н., проф.*

СОДЕРЖАНИЕ

РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ ДВС

О.О. Осетров, С.С. Кравченко, В.С. Яровий

Відключення циклів як захід покращення показників стаціонарного двигуна 11ГД100М на режимах часткових навантажень і холостого ходу. 3

А.П. Марченко, А.А. Прохоренко, А.В. Савченко

Экспериментальное определение энергии активации водотопливной эмульсии. 9

Р.Н. Радченко, Н.С. Богданов

Методология определения установленной холодильной мощности теплоиспользующей установки охлаждения наддувочного воздуха главного двигателя транспортного судна. 14

А. И. Воронков, И.Н. Никитченко

Влияние подогрева сжатого воздуха на эффективные показатели рабочего процесса пневмодвигателя. 19

КОНСТРУКЦИЯ ДВС

А.В. Грицюк, И.С. Ревелюк, В.К. Савич, В.И. Вахрушев

Методический подход к разработке экспериментальной установки для проверки эффективности силиконовых демпферов крутильных колебаний. 25

О.В. Триньов, С.О. Самійленко

Використання теплозахисного покриття для поліпшення теплового стану випускних клапанів форсованого дизеля. 32

Т.М. Колеснікова, В.Г. Заренбін

Аналіз двигунів з модульним відключенням циліндрів. 40

В.И. Кубич, А.В. Юдиценок, Н.В. Блощинская

Феноменологический подход к оценке трибологического состояния сопряжений ЦПГ ДВС. 44

А.А. Лисовал, А.В. Вербовский, Ю.А. Свистун

Моделирование работы электронного пид-регулятора скорости двигателя внутреннего сгорания. 51

В.А. Пылев, А.В. Белогуб, О.Ю. Линьков, В.В. Пылев, С.В. Лыков,

П.С. Баглай, Романенко И.С., А.А. Терно

Повышение надежности поршня форсированного быстроходного дизеля. 55

В.А. Пылев, Р. Ариан

Влияние формоизменения выборок в зоне кромки камеры сгорания поршня дизеля на температурное состояние кромки 59

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ДВС

І.В. Парсаданов, М.Д. Сахненко, В.О. Хижняк, Г.В. Каракуркчі

Підвищення екологічності дизелів шляхом внутрішньоциліндрової нейтралізації токсичних речовин відпрацьованих газів. 63

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21

НТУ «ХПИ», кафедра ДВС

Тел. (057)707-68-48, 707-60-89

E-mail: rykova@kpi.kharkov.ua,

dvs@kpi.kharkov.ua

А.Н. Кондратенко

Концепция оценки эффективности управления экологической безопасностью процесса эксплуатации энергетических установок с поршневым ДВС. 68

О.М. Клименко, В.О. Пильов, І.М. Шульга

Оцінка впливу регулювання температурного стану поршнів на техніко-економічні показники дизеля 73

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДВС

Л.П. Клименко, В.І. Андреев, О.Ф. Прищепов, В.В. Шугай, О.І. Случак

Конструкція кришки кокіля для відцентрового лиття гільз циліндрів ДВЗ 82

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВС

Н.М. Луков, О.Н. Ромашкова, А. С. Космодамианский

Автоматическая самонастраивающаяся микропроцессорная система регулирования частоты вращения вала дизельной энергетической установки локомотива. 85

Л.А. Стрелковская

Анализ существующих методов определения технического состояния судового двигателя. 91

ГИПОТЕЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

П.М. Канило

Ледниковые эпохи и глобальное потепление климата. 97

А.Э. Хрулев, Ю.В. Кочуренко

Проблемы терминологии и субъективные факторы в исследовании неисправностей ДВС и их роль в правильном определении причин неисправностей. 107

Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ "ХПИ". – 2016. – №2. – 123 с.

Всеукраинский научно-технический журнал по вопросам усовершенствования конструкций, эксплуатации, технологии производства и расчетов двигателей внутреннего сгорания. Материалы статей были рекомендованы Программным комитетом XXI Международного конгресса двигателестроителей к открытой публикации в журнале и приняты редакционной коллегией.

С апреля 2013 г. Всеукраинский научно-технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания» включен в справочник периодических изданий базы данных *Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*, научнометрические системы *GoogleScholar; WorldCat; DOAJ; DRIVER; BASE, Index Copernicus, РИНЦ*.

Издается по решению Ученого совета НТУ "ХПИ" протокол № 6 от 08.07.2016 г.

© Национальный технический университет "Харьковский Политехнический Институт", 2016.

А.Э.Хрулев, Ю.В.Кочуренко

ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИНОЛОГИИ И СУБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ В ИССЛЕДОВАНИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВС И ИХ РОЛЬ В ПРАВИЛЬНОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Приведен общий подход к использованию стандартов и нормативной технической документации при исследовании и описании причин неисправностей ДВС, в том числе, дан анализ противоречий в терминологии, устанавливаемой различными стандартами и нормативными документами, а также влияния этих противоречий на результаты исследований причин неисправностей. На конкретных примерах рассмотрены виды производственных дефектов ДВС, наиболее сложно выявляемых при исследованиях. Выполнен анализ влияния субъективных факторов на выявление причин производственных дефектов и показаны наиболее распространенные ошибки, препятствующие получению правильных результатов исследований. На основании практического опыта даны рекомендации о применении стандартов и нормативно-технической документации в исследовании причин неисправностей ДВС, связанных с производственными дефектами.

Постановка проблемы

В практике эксплуатации ДВС встречаются различные виды неисправностей, причины которых связаны с нарушениями при производстве, эксплуатации или обслуживании двигателя, а также с естественными процессами старения. В целом ряде практических случаев возможны споры между различными сторонами, имеющими отношение к рассматриваемому объекту, когда требуется исследование причин неисправности.

Очевидно, для понимания процессов, которые привели к неисправности, необходим правильный подход и методы исследования, а для объяснения причин неисправности требуется использовать правильную терминологию при описании объекта и его свойств, а также применять надежные данные. Но именно здесь, понятная на первый взгляд работа может натолкнуться на самые неожиданные трудности, когда вследствие различных факторов, в том числе, субъективных, неправильного понимания и/или даже использования неправильной терминологии и непроверенных данных, возникает неоднозначное толкование причин или источников неисправности и даже появляются, так называемые, "мнимые" причины неисправности ДВС, которых на самом деле не существует.

Совершенно очевидно, что в исследованиях неисправностей ДВС должна быть использована терминология, устанавливаемая стандартами и соответствующими нормативными документами. Данный принцип позволяет исследователю (в том числе, эксперту), по крайней мере, показать, что он обладает соответствующими специальными знаниями в данной области, поскольку одним из признаков этого знания является владение правильной терминологией. Напротив, если исследователь использует ошибочную терминологию, это может быть признаком недостоверности, и его заключение, составленное на основании полученных им

результатов исследования, может быть оспорено и/или отведено по формальным основаниям (например, вследствие некомпетентности исследователя).

Использование терминов, определяющих свойства продукции, включая продукцию (изделия) двигателестроения, в том числе, показатели качества и недостатки продукции, считается обязательным для применения в документации всех видов, в том числе, учебниках, учебных пособиях, технической и справочной литературе. В остальных случаях применение этих терминов рекомендуется. Это означает, что в документах и заключениях о причинах неисправностей ДВС также должна использоваться правильная и установленная стандартами терминология.

Цель работы

Показать важность использования правильной терминологии и проверенных данных нормативно-технической документации, выработать общий подход и рекомендации к исследованию причин наиболее сложных неисправностей ДВС, связанных, главным образом, с производственными дефектами.

Определение термина "дефект" и особенности его применения на практике

Как известно, стандарты определяют термин "качество продукции", как технико-экономическое понятие [1], которое охватывает только те свойства продукции, которые связаны с возможностью удовлетворения продукцией определенных общественных или личных потребностей в соответствии с ее назначением.

Показатель качества продукции количественно характеризует пригодность продукции удовлетворять определенные потребности и выражается в различных единицах. Допускаемое отклонение показателя качества продукции определяется сопоставлением фактического и допустимого значений

этого показателя. Выход фактического значения показателя за установленные пределы означает, что рассматриваемая продукция (ее единица) имеет дефект.

Согласно общетехническим стандартам [1-6], дефектом называется каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Таким образом, если рассматриваемая единица готовой продукции имеет дефект, то это означает, что, по меньшей мере, один из показателей ее качества или параметров вышел за допустимое значение, или не выполняется (не удовлетворяется) одно из требований нормативной документации к признакам продукции.

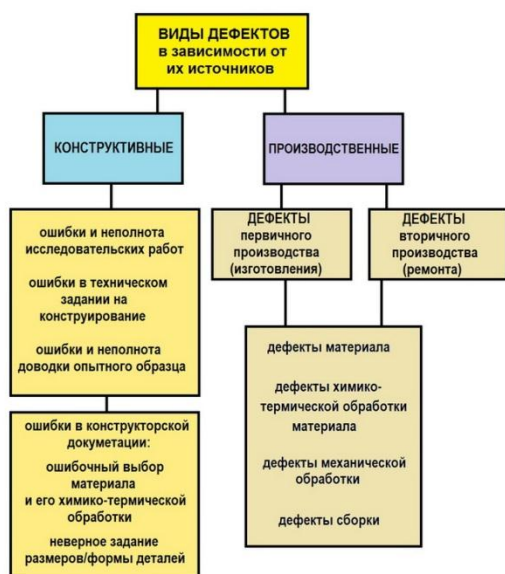


Рис.1. Источники и виды дефектов ДВС

Как известно, для производства продукции необходимо как собственно производство, так и конструкторская документация (чертежи), по которым данная продукция (изделие) изготавливается. В соответствии с этим в зависимости от источника возникновения дефектов различают конструктивные и производственные дефекты (рис.1).

Дефект сам по себе может и не приводить к полной неработоспособности изделия, однако ухудшает его потребительские свойства и снижает в той или иной степени его качество, показатели качества и параметры [1-7]. В последующей эксплуатации дефектной продукции (т.е. продукции, имеющей дефект) дефекты могут приводить к отказам (нарушению работоспособности).

Несмотря на простоту определения, на практике исследователи, выполняющие исследования причин неисправностей ДВС, нередко путают термин "дефект" с терминами "неисправность", "повреждение", "отказ". В результате в заключениях

используется терминология, по меньшей мере, не вполне соответствующая стандартам, что требует более подробного рассмотрения.

Согласно более старым стандартам (например, [1]) термин "дефект" применяется для готовой продукции промышленного производства - при контроле качества при ее изготовлении и ремонте. В то же время термин "дефект" не распространяется на последующее использование (эксплуатацию) продукции.

Напротив, термин "неисправность" применяют при использовании (эксплуатации), хранении и транспортировании продукции. Так, например, словосочетание "характер неисправности" означает конкретное недопустимое изменение в изделии, которое до его повреждения было исправным (находилось в исправном состоянии). В отличие от термина "дефект" термин "неисправность" распространяется, главным образом, на сложную продукцию, состоящую из многих узлов и деталей (в том числе, на ДВС), и не относится ко всем видам изделий, например, неисправностями не называют недопустимые отклонения показателей качества материалов, топлива, масла и т. п.

Очевидно, для ДВС, как сложной продукции, термин "дефект" связан с термином "неисправность", но не является его синонимом. Неисправность представляет собой определенное состояние изделия, вызванное определенным предшествующим этому состоянию событием – повреждением, которое заключается в нарушении исправного состояния готового изделия вследствие влияния внешних воздействий, превышающих уровни, установленные нормативно-технической документацией на изделие [1-6].

Таким образом, в отличие от дефекта, возникающего при производстве, повреждение возникает в эксплуатации (также при хранении и транспортировании готовой продукции). В то же время, находясь в неисправном состоянии, изделие может иметь один или несколько дефектов, возникших при производстве или эксплуатационных повреждениях.

При возникновении неисправности исследуемый узел (агрегат) может остаться работоспособным, когда он может выполнять заданные функции, сохраняя при этом значения заданных выходных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией, или стать неработоспособным, когда значение хотя бы одного выходного параметра не соответствует установленным требованиям.

Термин "дефект" также следует отличать от термина "отказ". Отказом называется событие в

эксплуатации, заключающееся в нарушении работоспособности изделия, которое до возникновения отказа было работоспособным. Отказ может возникнуть в результате наличия в изделии одного или нескольких дефектов (отказ возможен и без каких-либо дефектов), но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ, т. е. изделие стало неработоспособным, или такой отказ возникнет в будущем.

Таким образом, часто встречающиеся в отчетах и заключениях фразы типа "эксплуатационный дефект" или "дефект имеет эксплуатационный характер", являются примером не вполне правильной терминологии. Возможно, более правильно было бы указывать в подобных случаях на "эксплуатационное повреждение" или на "эксплуатационный характер неисправности", т. е. на недопустимое изменение в изделии, которое произошло в эксплуатации. Это различие в терминологии может быть принципиальным, поскольку на практике может привести к совершенно различным результатам.

Различия в терминологии, применяемой в различных стандартах, их причины и последствия

Рассмотрим на конкретных примерах, как стандарты, вроде бы преследующие "благую" цель, могут запутать любого исследователя при описании им состояния исследуемого объекта. Действительно, в ряде стандартов обнаруживается как внутреннее противоречие, так и противоречие с технической литературой в области эксплуатации и ремонта ДВС. Например, в [1] указано, что "находясь в неисправном состоянии, изделие имеет один или несколько дефектов". Но если дефект возникает при производстве (ремонте), а неисправность возникает в процессе эксплуатации, то совершенно очевидно, что при неисправном состоянии изделие имеет неисправность (неисправности), вызванные повреждениями, но не обязательно дефекты.

Обращает на себя внимание, что некоторые более поздние стандарты [4] вообще дают разные определения терминам, даже не ссылаясь на уже существующие, но не отмененные (действующие) стандарты, причем используют свою собственную терминологию. Так, стандарт [2,4] в отношении неисправности указывает, что они могут быть "конструкционными" (а не "конструктивными", как в стандарте [1]), и "производственными", при этом термин "эксплуатационная неисправность" вообще не устанавливается, т. е. неисправность в результате эксплуатации, в том числе, естественных процессов старения, согласно данному стандарту, даже не возникает.

По стандартам [2,4] "неисправность – состоя-

ние изделия, характеризующееся неспособностью выполнять требуемую функцию...", "отказ – потеря изделием способности выполнять требуемую функцию", т. е. событие, а "неработоспособное состояние – состояние изделия, при котором оно не способно выполнять требуемую функцию...". Отсюда следует, что при неисправности, согласно [4], наступает отказ, и изделие становится неработоспособным. Что, вообще говоря, прямо противоречит стандарту [1].

Далее, по стандарту [4] вроде бы все правильно – при наличии повреждения нарушается исправное состояние объекта, а работоспособное состояние сохраняется. Но это не соответствует другому стандарту [5], по которому при возникновении неисправности наступает неработоспособное состояние изделия, а в определении термина "повреждение" термин "неисправность" вообще не применяется.

Таким образом, определения терминов в одних стандартах явно не соответствуют определениям в других. При этом в стандартах не говорится, что они заменяют другие, и они все могут числиться как действующие. В результате для эксплуатации вообще не остается надежных терминов для описания неисправностей, которые бы не вызвали противоречий с каким-либо из известных общетехнических стандартов.

Причины противоречий в терминологии в стандартах и техдокументации связаны с несколькими процессами, проходившими в течение нескольких десятилетий. Так, стандарты требуют развития не только путем введения новых, но и отмены устаревших, поскольку одновременное действие взаимоисключающих стандартов невозможно. Однако в настоящее время, судя по всему, этого никто не делает. Если же стандарт отменяется, то найти сведения о его отмене нередко представляет собой отдельную и не всегда простую задачу. Единственным отрадным фактом тогда является лишь нынешний рекомендательный характер стандартов, в виде отсутствия указания о преследовании по закону при их несоблюдении, как это было в прошлом (что, тем не менее, не мешает некоторым исследователям трактовать стандарты как обязательные и считать любое отклонение от них дефектом).

Еще больше терминология запутывается при адаптации иностранных стандартов, когда возникают не только противоречия между разноязычной терминологией, но и просто ошибки перевода вследствие множественного значения слов. То же самое может происходить и с нормативно-технической документацией производителей.

Например, один из автопроизводителей дает для эксплуатации своих двигателей в русскоязычных странах русский перевод своего руководства по ремонту, где по смыслу должны быть использованы разные термины "зазор" и "люфт", но по факту для всех случаев в переводе дан только "зазор".

Совершенно очевидно, что зазор (clearance) находится непосредственно в сопряжении деталей, а люфт (play) может быть и вне сопряжения и в общем случае по величине даже в несколько раз больше зазора (рис.2). Такоевольное обращение с терминологией и отождествление двух разных терминов прямо ведет к "мнимому" дефекту – несоответствию зазора. Причем даже у нового двигателя.

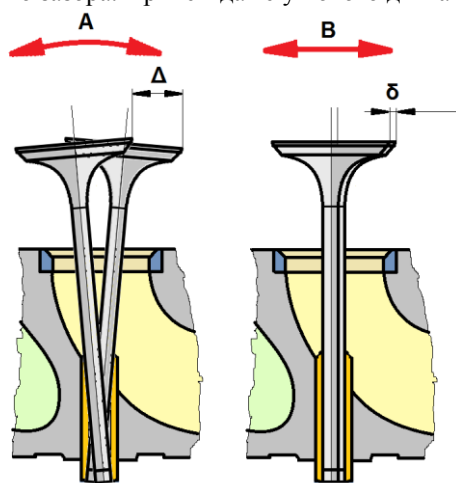


Рис.2. Люфт клапана, измеренный на головке (слева), не совпадает с зазором стержня клапана во втулке (справа)

Практические особенности некоторых характерных видов дефектов, устанавливаемых стандартами

Стандартами [1-4] установлены различные виды дефектов, среди которых необходимо выделить наиболее важные – конструктивные и производственные.

Практика показывает, что конструктивные дефекты являются наиболее сложными как с точки зрения их выявления, так и их устранения при дальнейшем выпуске продукции.

Примером конструктивного дефекта может служить заклинивание редукционного клапана маслососа бензинового двигателя объемом 4,6 л автомобиля 2009г. выпуска [11,16]. Конструкция клапана представляет собой плунжер с пружиной, установленный с малым зазором в цилиндрический корпус (рис.3). Отверстие для сброса масла выполнено большого диаметра сбоку, а плунжер имеет малую относительную длину (отношение длины к диаметру).

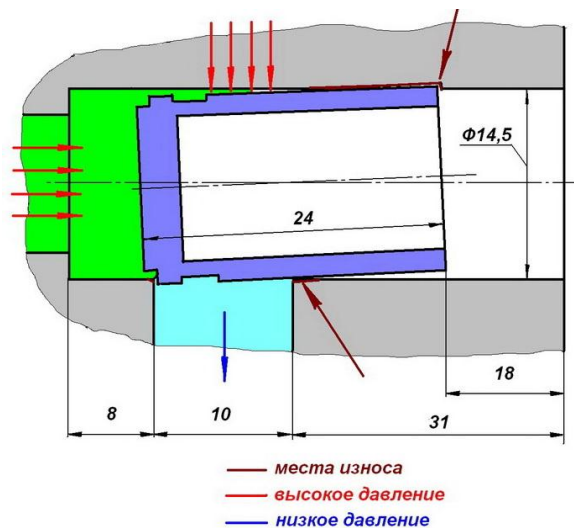


Рис.3. Диагональный износ гнезда плунжера вследствие неправильного выбора размеров узла

При работе двигателя плунжер перемещается, и в момент открытия бокового отверстия возникают силы, перекашивающие плунжер. Это вызывает характерный диагональный износ отверстия (как типичный эксплуатационный износ), проявляющийся в виде ступени. С течением времени ступень может привести к заклиниванию плунжера, значительному росту давления в системе смазки и выдавливанию уплотнительного кольца масляного фильтра (что, в свою очередь, очень похоже на ошибку при обслуживании – неправильную установку масляного фильтра или дефект фильтра).

Несоответствие продукции требованиям нормативной документации на изготовление относится к производственным дефектам. По характеру проявления производственные дефекты можно разделить в общем случае на несоответствия свойств материалов, несоответствия геометрических размеров, формы и шероховатости, и механические дефекты. Как показывает практика, производственные дефекты не менее сложны для экспертного исследования, чем конструктивные.

Примером производственного дефекта может служить разрушение выпускного клапана бензинового двигателя 2,0 л автомобиля 2008 года выпуска [15] при пробеге 18.000 км вследствие проворачивания на коленчатом валу ведущей звездочки цепи привода газораспределительного механизма по причине грубой обработки поверхностей сопряжения деталей.

При каждом запуске ДВС происходило небольшое круговое смещение звездочки, пока не появился стук от касания поршня тарелок выпускных клапанов, в результате чего на днище поршней постепенно образовались чрезмерно глубокие

плавные выемки (рис.4) от контакта с головками выпускных клапанов.



Рис.4. Выемка от ударов головки клапана на поршне при длительном воздействии (вверху) - в отличие от кратковременного при превышении допустимой частоты вращения (внизу)

Далее, после пробега с данной неисправностью около 1000 км, произошло усталостное разрушение одного из выпускных клапанов (рис.5), что привело к разрушению поршня и выходу двигателя из строя.

Термин "дефект" применяют не только при контроле качества продукции при ее изготовлении, но также при ее ремонте (обслуживании). В данном случае речь идет о ремонте, как о виде производства, который условно может быть назван вторичным производством [10]. На практике [8,9,11-16] чаще всего встречаются дефекты вторичного производства, связанные с некачественной сборкой изделия, хотя применение некачественных комплектующих также не является редкостью.



Рис.5. Типичный усталостный излом стержня клапана при длительном воздействии нештатной изгибающей нагрузки при ударах по поршню

Пример дефекта вторичного производства (ремонта) – сильный износ цилиндропоршневой группы бензинового двигателя автомобиля объе-

мом 2,5 л автомобиля 2005 года выпуска, прошедший за несколько тысяч километров пробега после капитального ремонта.

Дефект вызван некачественной мойкой и очисткой впускного коллектора от нагара и абразивных частиц, т.е. вызван ошибкой при сборке отремонтированного двигателя. В результате поступления частиц из коллектора в цилиндры верхние поршневые кольца оказались чрезвычайно сильно изношены специфическим образом (рис.6) – по верхней плоскости, что вызвало быстрое падение компрессии и увеличение расхода масла выше допустимого.

В ряде случаев на практике не удастся четко разделить все дефекты строго на конструктивные и производственные, поскольку точное определение источника дефекта – конструкторские это или производственные ошибки, нередко затруднено отсутствием необходимой для этого информации от завода-изготовителя. Чтобы точно указать вид дефекта, во многих случаях необходимо провести сравнение параметров дефектной детали с техническими требованиями чертежа на ее изготовление, который практически невозможно получить от производителей.

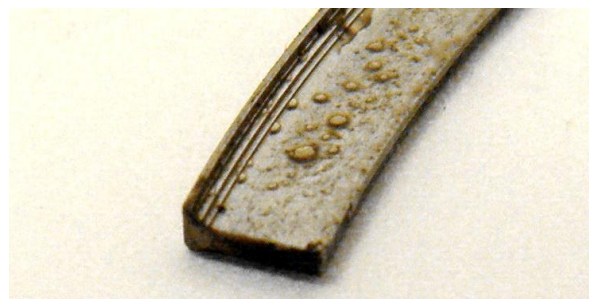


Рис.6. Чрезвычайно сильный износ верхней плоскости верхнего поршневого кольца от попадания абразивных частиц в цилиндр

В результате не всегда удастся точно установить, появился ли дефект вследствие отклонения параметров детали от требований чертежа, или в самом чертеже содержится ошибка, вызывающая дефект при определенных условиях (например, при выполнении размера детали на границе поля допуска, и т.д.).

В подобных случаях, особенно, когда на практике у одной модели ДВС один и тот же дефект встречается многократно, он может быть назван конструктивно-производственным. Пример конструктивно-производственного дефекта – проворачивание коренных вкладышей коленчатого вала в отверстиях коренных опор подшипников блока

цилиндров бензинового двигателя 2,5 л автомобиля 2008 года выпуска (рис. 7).



Рис. 7. Пример конструктивно-производственного дефекта коренных подшипников коленвала, который привел к проворачиванию вкладыша и выходу ДВС из строя

При этом никаких характерных следов масляного голодания на других вкладышах не выявлено, что свидетельствует о нормальной работе системы смазки.

Такой дефект может быть вызван особенностями материала основы вкладышей (пластичность), или даже недостаточной затяжкой крышки подшипника перед окончательной обработкой отверстия, однако проявлению дефекта в эксплуатации в значительной степени могут способствовать особенности конструкции узла – например, недостаточный натяг вкладышей в отверстия опоры и/или отсутствие установочных замков на вкладышах, маслосборной круговой канавки в отверстиях опоры и др.

Некоторые особенности практического выявления и устранения дефектов ДВС

Практика показывает, что если выявление дефекта всегда непросто для исследователя, то его устранение нередко представляет особую сложность для производителя.

Это связано с большими трудностями методологического, технологического, организационного и экономического характера, например, в связи с большой программой выпуска продукции, высокой автоматизацией производственных процессов и нередко с жесткой привязкой используемого дорогостоящего технологического оборудования к конфигурации выпускаемых деталей. В результате при выявлении дефекта, особенно, конструктивного, его устранение может быть настолько сложным и

затратным, что будет возможно только при полном снятии продукции с производства [15].

На практике нередко производитель знает о наличии конструктивного или производственного дефекта, но он проявляется только у части агрегатов, и поскольку его устранение связано с большими техническими сложностями и затратами, то принимается решение ничего не менять до смены модели, а уже в новой модели агрегата внести соответствующие коррективы.

В качестве примера конструктивного дефекта можно привести бензиновый двигатель объемом 1,8 л автомобиля выпуска 2007 года. Данный двигатель был спроектирован производителем на базе двигателя меньшего рабочего объема путем увеличения диаметра цилиндра. При этом одно из резьбовых отверстий для болта крепления коробки передач на блоке цилиндров оказалось вблизи поверхности 4-го цилиндра, что при затяжке болтов крепления коробки передач приводило к деформации цилиндра и снижению долговечности двигателя в несколько раз. Однако производитель, получая информацию о данном дефекте, предпочел выполнять замену или ремонт дефектных двигателей в рамках заводской гарантии, как экономически более целесообразную. В дальнейшем двигатель с данным конструктивным дефектом был снят с производства только по окончании выпуска данной модели автомобиля.

При установлении причины неисправности дополнительные трудности вносит, в среднем, невысокая квалификация персонала дилеров (торговых представителей) производителя, не всегда позволяющая правильно оценить признаки, причины и последствия неисправности ряда узлов ДВС. Аналогичные проблемы возникают и при привлечении к исследованию причин неисправности независимых экспертов – практика показывает, что далеко не все из них могут надлежащим образом исследовать неисправность, установить и доказать наличие дефекта. В результате дефекты часто становятся предметом длительного судебного разбирательства потребителя с продавцом транспортного средства, на котором установлен неисправный ДВС. В таком случае информация о дефекте, особенно, имеющем единичный характер, нередко не доходит до производителя, что не позволяет производителю своевременно выполнить соответствующие мероприятия по установлению и устранению дефектов выпускаемой продукции.

Производственные дефекты нередко проявляются в начальной фазе эксплуатации ДВС – для автомобильной техники обычно при пробегах нескольких тысяч км, в виде износов и поломок дета-

лей. Однако при соответствующих условиях эксплуатации (пониженные нагрузки, частота вращения) проявление дефектов возможно и при более длительной эксплуатации. Во многих случаях, особенно при единичном (случайном) характере дефекта, это затрудняет установление причины, причем, чем более длительной была эксплуатация до появления признаков, тем это сложнее сделать.

Пример такого дефекта – разрушение верхнего поршневого кольца бензинового двигателя объемом 2,3 л автомобиля 2008 г. выпуска при сборке на заводе-изготовителе [14].

В связи с использованием в эксплуатации преимущественно режимов пониженных нагрузок и частоты вращения дефект начал проявляться только при значительном пробеге в 40.000 км в виде возрастания расхода масла.

При исследовании двигателя было установлено, что кольцо было сломано у замка и не выполняло свои уплотнительные функции с самого начала эксплуатации, что подтверждалось не только сильным "размыванием" канавки на поршне (рис.8), но и полным отсутствием следов приработки на самом кольце (рис.9) и цилиндре.



Рис.8. Чрезвычайно сильное "размывание" верхней канавки поршня при длительной работе со сломанным кольцом



Рис.9. Разрушение поршневого кольца при сборке двигателя легко определяется по отсутствию нормальной приработки (справа) по сравнению с исправным кольцом (слева)

Однако данный дефект, ошибочно или намеренно переведенный продавцом (дилером) в разряд "имеющих эксплуатационный характер", оказался предметом длительного судебного разбирательства с потребителем, что, очевидно, могло быть препятствием для своевременного получения производителем информации о дефекте.

Все производственные дефекты в приведенных выше примерах являются скрытыми, то есть не выявляются методами, обычно применяемыми при контроле готовой продукции, что указывается в соответствующих стандартах [1]. Такие скрытые дефекты составляют большинство всех дефектов, выявляемых в эксплуатации ДВС, и представляют значительную проблему как для производителей и эксплуатантов, так и для исследователей.

Вместе с тем в отчетах и заключениях исследователей установленный стандартами термин "скрытый дефект" нередко используется совершенно недопустимо – когда под скрытым понимается такой дефект (или повреждение), который исследователь просто не смог обнаружить при внешнем, часто очень беглом поверхностном, осмотре.

При этом правила и методы контроля на самом деле существуют, и, кроме того, многие из таких мнимо "скрытых дефектов" скорее надо называть повреждениями, а не дефектами.

Свойство устранимости дефектов ДВС

При исследовании дефектов исследователю неизбежно приходится решать вопрос не только о правильной терминологии и методах исследования, но и об устранимости (или неустраимости) дефектов. Стандартами устанавливается достаточно четкое определение неустраимости, когда устранение дефекта технически невозможно или экономически нецелесообразно [1-5]. При этом устранимость или неустраимости дефекта принято определять применительно к конкретному объекту, рассматриваемым конкретным условиям его производства и ремонта с учетом необходимых затрат и других факторов. В результате один и тот же дефект может быть отнесен к устранимым или неустраимым – в зависимости от самого узла, его конструктивных особенностей и от того, обнаружен ли дефект на ранних или на заключительных этапах процесса производства (ремонта) или эксплуатации.

Действительно, дефекты могут переходить из одной категории в другую не только в связи с изменением технологии производства (ремонта) и затрат на устранение дефекта, но также при изменении состояния ДВС в эксплуатации. Так, приведенные выше примеры дефектов показывают, что некоторые из них было практически невозможно

обнаружить какими-либо доступными методами (включая разборку агрегата) длительное время до появления внешних признаков.

Поэтому на данной стадии можно говорить о неустранимости дефектов, которая, тем не менее, носит в целом условный характер (дефект нельзя устранить потому, что его нельзя обнаружить).

Далее, после обнаружения внешних признаков неисправности (стук, потеря мощности и т.д.), но до серьезных повреждений и/или поломок деталей (нарушение работоспособности агрегата) дефекты являлись устранимыми – путем замены изношенных или поврежденных деталей и ремонта или замены сопряженных с ними деталей. Однако после разрушения деталей дефекты вновь становились неустранимыми, теперь уже безусловно, поскольку вследствие полученных повреждений агрегат уже не мог подлежать ремонту (рис.10).



Рис.10. Пример скрытого производственного дефекта, имеющего "неустранимый" характер - нештатная "двойная" галтель в отверстии поршневых пальцев. Дефект было невозможно обнаружить и устранить до тех пор, пока он не привел к полному разрушению ДВС при пробеге 1000 км

Несмотря на все указанные особенности и свойства дефектов, в практике исследований причин неисправностей ДВС они нередко полностью игнорируются, в результате чего дефекту ошибочно (а иногда и намеренно) априори приписывается неустранимость, которая к тому же легко и без достаточных оснований распространяется с самого агрегата на все транспортное средство в целом. Хотя совершенно очевидно – в случае если агрегат действительно имеет неустранимый дефект, это означает, что требуется замена только данного агрегата, а не замена всего транспортного средства.

Субъективные факторы при исследовании причин неисправности ДВС

Исследователь имеет дело, как правило, с эксплуатацией ДВС, когда признаки дефекта, которые выявляются на новой продукции, могли к моменту исследования быть уничтожены в результате износа или поломки детали, произошедших при развитии дефекта в эксплуатации. В таком случае уста-

новление дефекта возможно только путем подробного анализа всей совокупности признаков неисправности и сопутствующей информации, включая полную историю эксплуатации и обслуживания узла (агрегата).

Практика исследований причин неисправностей ДВС показывает, что в общем случае для выявления производственных дефектов требуется не только высшая квалификация и опыт исследователя, но и большой объем исследований. Это связано с указанной выше неочевидностью дефектов и неоднозначностью причинно-следственных связей с признаками. В такой ситуации для определения дефекта требуется всесторонний анализ всех возможных причин с применением всего комплекса методов установления дефектов и подробного анализа всей истории ДВС.

Несмотря на это, на практике нередко применяется упрощенный подход к подобным исследованиям, при котором допускается целый ряд ошибок, не позволяющих строго доказать, что конкретная неисправность была вызвана именно дефектом, а не, к примеру, нарушением правил эксплуатации, и наоборот.

В некоторых стандартах [2,4] даже устанавливается специальный вид неисправности – так называемый "деградационный отказ", т.е. отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления в эксплуатации, в контексте как ранних, так и поздних отказов. Якобы, ранние "деградационные" отказы происходят, когда проявляется влияние дефектов, не обнаруженных в процессе изготовления, испытаний и (или) приемочного контроля, а поздние – на заключительной стадии эксплуатации объекта, когда вследствие естественных процессов старения, изнашивания и т. п. объект или его составные части приближаются к предельному состоянию по условиям физического износа [2,4].

Опыт многочисленных исследований неисправностей и дефектов ДВС показывает, что термин "деградационный отказ" вообще не вполне отражает сути процессов ДВС. Более того, его использование в отчетах и заключениях в подавляющем большинстве случаев является попыткой прикрыть ссылкой на официальный документ неполное исследование с ошибочными выводами, в котором вообще не установлена истинная причина неисправности. Фактически данный термин устанавливает "скрытые" дефекты, но не по причине отсутствия методик и средств для их выявления, а скорее, с целью оказать помощь недостаточно ком-

патентным или даже недобросовестным исследователям.

Типичные неточности и ошибки исследователей, выполняющих работы по исследованию неисправностей и дефектов ДВС, сводятся, помимо большого количества прочих ошибок, и к таким, которые непосредственно связаны с неправильным использованием стандартов и нормативно-технической документации. Причем данные стандартов и нормативно-технической документации нередко используются не как вспомогательная информация, а непосредственно в качестве доказательства. Тогда данные принимаются априори без анализа их объективности и правильности, а также на соответствие и пригодность к рассматриваемому случаю, т.е. на наличие причинно-следственной связи между причиной (дефект) и ее последствиями (отклонение параметров, износ, разрушение).

Одним из самых распространенных примеров таких ошибок является необоснованное применение специальных металлографических и химических исследований. Так, даже если возможные причины и признаки конкретной неисправности подробно описаны в соответствующей литературе и не имеют связи с качеством топлива, исследование топлива, тем не менее, проводится, на основании чего (в случае отклонения параметров топлива от требований стандартов) делается необоснованный вывод об эксплуатационном характере неисправности, даже при отсутствии причинно-следственной связи признаков с выявленным отклонением.

Точно так же некоторые исследователи готовы списать любую поломку в ДВС на самое незначительное отклонение свойств материала детали (химический состав и твердость) от общепринятых, не проводя никакого анализа реальных условий, причин разрушения и не имея технических условий производителя.

Очевидно, установить истинную причину неисправности с таким подходом невозможно. А поскольку определение причины неисправности, вызванной дефектом, является наиболее сложной экспертно-исследовательской работой, подобные ошибки, с одной стороны, не позволяют точно установить, что данная неисправность была вызвана именно дефектом, а не эксплуатационным повреждением, а с другой – дают возможность указать на иную причину, не соответствующую имеющимся признакам дефекта.

Заключение

Выполненное исследование показывает, что определения понятий и терминов в области надеж-

ности и качества продукции в различных стандартах и нормативных документах в некоторых случаях не только не соответствуют, но даже прямо противоречат друг другу. Кроме того, в стандартах и документации, основанных на переводах иностранных источников, встречаются тривиальные ошибки перевода.

В результате анализа выявленных несоответствий и ошибок установлено, что общетехнические стандарты и нормативно-техническая документация не могут приниматься априори в качестве единственной доказательной базы при исследовании неисправностей ДВС без соответствующей проверки на достоверность и применимость.

Для получения надежных результатов исследования и достоверного определения причин неисправностей ДВС следует опираться в первую очередь на имеющийся опыт и логику, используя указанные данные лишь как вспомогательный подтверждающий материал.

Список литературы:

1. ГОСТ 15467-79. "Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения" [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2009. - 22 с.
2. Державний Стандарт України ДСТУ 2860-94. "Надійність техніки. Терміни та визначення" [Текст]. Чинний від 1996-01-01. Офіц.вид. - К.: Держстандарт України, 1995. - 92 с.
3. ГОСТ 15895-77. "Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения" [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 49 с.
4. ГОСТ 27.002-89. "Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения" [Текст]. - М.: Изд-во "Национальные стандарты", 2007. - 24 с.
5. ГОСТ Р 53480-2009 "Надежность в технике. Термины и определения" [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2010. - 27 с.
6. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 "О безопасности колесных транспортных средств" (с изменениями на 14 октября 2015 года) [Текст]. - Официальный сайт Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), 2015.- 465 с.
7. Косточкин В.В. Надежность авиационных двигателей и силовых установок [Текст] / В.В.Косточкин. - М.: Машиностроение, 1976. - 248 с.
8. Greuter E. Engine Failure Analysis / E.Greuter, S.Zima. - SAE International, R-320, ISBN 978-0-7680-0885-2. Warrendale, USA, 2012. - 582 p.
9. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей [Текст] / А.Э.Хрулев. - М.: Изд-во "За рулем", 1999. - 480 с.
10. Асриянц А.И. Технология авторемонтного производства. Учебник для вузов [Текст] / Асриянц А.И., Верещак Ф.П., Кац А.М., Кошкин К.Т. // под ред. К. Т. Кошкина. - М.: Транспорт, 1969. - 568 с.
11. Хрулев А. Усталость бывает разная... или О допустимых оборотах и их превышении [Текст] / А. Хрулев // Автомобиль и сервис. - 2010. - №5. - С. 12-16.
12. Хрулев А. Об экспертизе, причинно-следственных связях и экспертах, ч. 1 [Текст] / А.Хрулев // Автомобиль и сервис. - 2008. - №6. - С. 66-69.
13. Хрулев А. Об экспертизе, причинно-следственных связях и экспертах", ч. 2 [Текст] / А.Хрулев // Автомобиль и сервис. - 2008. - №7. - С.12-16.
14. Хрулев А. Неочевидное и невероятное [Текст] / А.Хрулев // Автомобиль и сервис. -

2011. - №8. - С. 36-40. 15. Хрулев А. Редко, но метко, или Конструктивные дефекты в современных моторах [Текст] / А.Хрулев, С.Козырев // Автомобиль и сервис. - 2012. - №05. - С. 20-22. 16. Самохин С. Дьявол в деталях. ч.1 [Текст] / С.Самохин, А.Хрулев // Автомобиль и сервис. - 2012. - №01. - С. 22-25.

Bibliography (transliterated):

1. GOST 15467-79 (2009), *Product Quality Management. Basic Concepts, Terms and Definitions* [Upravlenie kachestvom produktzii. Osnovnye ponyatiya, terminy i opredeleniya], Standartinform, Moscow 22 p. 2. State Standard of Ukraine DSTU 2860-94 (1995), *Reliability of the Technique. Terms and Definitions, Effective of 01.01.1996. Official edition* [Derjaviy Standart Ukraini DSTU 2860-94. "Nadiynost tekhniki. Termini ta viznachennya". Chinnii vid 1996-01-01. Ofitz.vid.], Derjstandart Ukraini, Kiev, 92 p. 3. GOST 15895-77 (1991), *Statistical Methods of Products Quality Management. Terms and Definitions* ["Statisticheskiye metody upravleniya kachestvom produktzii. Termini i opredeleniya"], Izd-vo standartov, Moscow, 49 p. 4. GOST 27.002-89 (2007), *Reliability of the Technique. Basic Concepts. Terms and Definitions* ["Nadejnost v tekhnike. Osnovniye ponyatiya, terminy i opredeleniya"], Izd-vo "Natsionalnye standarty", Moscow, 24 p. 5. GOST R 53480-2009 (2010), *Reliability of the Technique. Terms and Definitions* ["Nadejnost v tekhnike. Termini i opredeleniya"], Standartinform, Moscow, 27 p. 6. *Technical Regulations of the Customs Union "On Safety of Wheeled Vehicles" (as amended on October 14, 2015)*. - The Official Website of the Eurasian Economic Commission (EEC) [Tekhnicheskii Reglament Tamojennogo Souza "O bezopasnosti kolesnykh

transportnykh sredstv" (s izmeneniyami na 14 oktyabrya 2015 goda). - Ofitsialnyi sait Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii (EEK)], 465 p. 7. Kostochkin, V.V. (1976), *Reliability of Aircraft Engines and Propulsion Systems* [Nadejnost aviatzionnykh dvigateley i silovykh ustanovok], Mashinostroyeniye, Moscow, 248 p. 8. Greuter, E., Zima, S (2010), *Engine Failure Analysis / SAE International, R-320, ISBN 978-0-7680-0885-2*. Warrendale, USA, 582 p. 9. Khrulev, A.E. (1998), *Repair of foreign cars engines* [Remont dvigatelei zarubejnykh avtomobilei], Izdatelstvo Za Rulem, Moscow, 480 p. 10. Asriyanzh, A.I., Vereschak, F.P., Katz, A.M., Koshkin, K.T. (1969), *Technology of Automotive Repair Production. Handbook for high schools* [Tekhnologia avtoremontnogo proizvodstva. Uchebnik dlya vuzov], Transport, Moscow, 568 p. 11. Khrulev, A. (2010), *Fatigue can be different ... or About permissible engine speeds and their exceeding* [Ustalost byvaet raznaya... ili o dopustimykh oborotakh i ikh prevyshenii], Avtomobil i service, No.5, pp. 12-16. 12. Khrulev, A. (2008), *About expertise, causal connections and experts, Part 1* [Ob expertize, prichinno-sledstvennykh svyazyakh i expertakh, ch. 1], Avtomobil i service, No.6, pp. 66-69. 13. Khrulev, A. (2008), *About expertise, causal connections and experts, Part 2* [Ob expertize, prichinno-sledstvennykh svyazyakh i expertakh, ch. 2], Avtomobil i service, No.7, pp. 12-16. 14. Khrulev, A. (2011), *Unobvious and improbable* [Neochevidnoe i neveroyatnoe], Avtomobil i service, No.8, pp. 36-40. 15. Khrulev, A., Kozyrev, S. (2012), *Rarely, but accurately, or Structural defects in modern engines* [Redko, no metko, ili Konstruktivniye defekty v sovremennykh motorakh], Avtomobil i service, No.05, pp. 20-22. 16. Samokhin, S, Khrulev, A. (2012), *Devil in the details. Part 1* [Diavol v detalyakh, ch.1], Avtomobil i service, No.01, pp. 22-25.

Поступила в редакцию 01.06.2016 г.

Хрулев Александр Эдуардович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., руководитель Бюро моторной экспертизы Специализированного моторного центра "АБ-Инжиниринг", член Палаты судебных экспертов, Москва, РФ, email: ab@ab-engine.ru.

Кочуренко Юрий Вильевич – руководитель Центра механической обработки "АБ-Инжиниринг", Одесса, Украина, email: osuma@mail.ru.

ПРОБЛЕМИ ТЕРМІНОЛОГІЇ І СУБ'ЄКТИВНІ ФАКТОРИ В ДОСЛІДЖЕННІ ПОРУШЕНЬ ДВЗ ТА ЇХ РОЛЬ У ПРАВИЛЬНОМУ ВИЗНАЧЕННІ ПРИЧИН ПОШКОДЖЕНЬ

А.Е. Хрулев, Ю.В. Кочуренко

Наведено загальний підхід до використання стандартів і нормативної технічної документації при дослідженні і описі причин несправностей ДВЗ, в тому числі, дано аналіз протиріч в термінології, яка встановлюється різними стандартами і нормативними документами, а також впливу цих протиріч на результати досліджень причин несправностей. На конкретних прикладах розглянуто види виробничих дефектів ДВЗ, які найбільш складно виявляються при дослідженнях. Виконано аналіз впливу суб'єктивних факторів на виявлення причин виробничих дефектів і показані найбільш поширені помилки, що перешкоджають отриманню правильних результатів досліджень. На підставі практичного досвіду надано рекомендації про застосування стандартів і нормативно-технічної документації в дослідженні причин несправностей ДВЗ, пов'язаних з виробничими дефектами.

PROBLEMS OF TERMINOLOGY AND THE SUBJECTIVE FACTORS IN THE STUDY OF THE ICE FAILURES AND THEIR ROLE IN THE PROPER IDENTIFICATION OF THE CAUSES OF MALFUNCTIONS

A.E. Khrulev, Y.V. Kochurenko

Provides a common approach to the use of standards and normative technical documentation in the study and description of the causes of faults ICE, including an analysis of the contradictions in the terminology established by the various standards and regulations, as well as the impact of these conflicts on the results of studies on the causes of malfunctions. Case studies reviewed types of workmanship ICE, the most difficult identified in research. The analysis of the impact of subjective factors on the identification of the causes of manufacturing defects and showing the most common errors that prevent receipt of valid research results. Based on practical experience and recommendations on the application of the standards and normative and technical documentation in the study of the causes of ICE failures related to production defects.