

Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2004. — № 10. — С. 35–36.

5. Ефимцев А.В., Пастухов А.Г. Особенности конструкции карданных валов трактора John Deere // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы IV Международной научно-практической конференции молодых исследователей, посвященной 65-летию

Победы в Великой Отечественной войне (г. Волгоград, 26–28 апреля 2010 года). В 3 ч. — Ч. 1. — Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА ИПК «Нива», 2010. — С. 166–170.

6. John Deere 7020 Series Tractors [Электронный ресурс]. — Mannheim, Germany: Deere & Company, 2004. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

УДК 621.43

В.А. Коченов, канд. техн. наук

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫХ ОТКАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

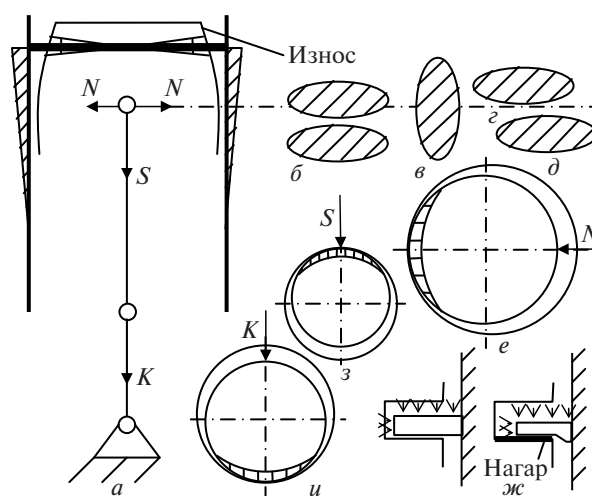
Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) мобильных машин имеют высокий разброс показателей надежности и достаточно часто выходят из строя незапланированно, неожиданно. Выяснение причин преждевременных отказов необходимо для минимизации их повторения и является совместной задачей разработчиков, производителей и эксплуатационников.

Особенностью ДВС является многофакторность показателей надежности и большой диапазон условий и режимов эксплуатации. Аварийный режим складывается из суммарного действия многих, в том числе случайных факторов. Комбинаций факторов, способных вызвать отказ, бесконечно много. Кроме этого, первопричиной отказа может являться трещина на детали, а ее поломка и непосредственный отказ двигателя зафиксироваться в любом режиме работы. Разработчики и производители мобильных машин физически не в состоянии исследовать все возможные эксплуатационные ситуации. Предлагаемый метод определения причин преждевременных отказов двигателей основывается на анализе износов сопряжений и деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) и цилиндропоршневой группы (ЦПГ) [1].

Сопряжения и детали КШМ и ЦПГ в соответствии с циклом двигателя имеют выраженный, естественный, закономерный износ (рисунок). Наибольший износ приходится при прохождении поршнем верхней мертвой точки между тактами сжатия и расширения (см. рисунок, а). Естественный износ цилиндра характеризуется: отсутствием задира на зеркале; овальностью изношенной поверхности с большей осью расположенной в плоскости качания шатуна; конусообразностью с вершиной конуса в направлении коленчатого вала; ступенчатостью изношенной поверхности; переменной интенсивностью изнашивания ступеней в процессе эксплуатации.

Овальность износа объясняется действием нормальной силы N , определяющей рабочие — изнашивающие поверхности цилиндра. Конусообразность — более тяжелыми условиями работы поверхностей, расположенных у камеры сгорания. Ступенчатость — зависимостью износа от компрессионных колец — число ступеней равно числу колец, положение ступеней определяется положением колец в верхней мертвой точке. Переменная интенсивность изнашивания ступеней объясняется в начале эксплуатации интенсивным износом пары «цилиндр—верхнее кольцо», потом перераспределением давления газов и повышением интенсивности изнашивания пар «цилиндр—нижние кольца».

Ошибки проектирования заключаются в неправильном определении температурных деформаций цилиндра, что приводит к нарушению геометрии зеркала, соответственно к задирам и отклонению от естественной формы износа.



Закономерности износа деталей кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы

Нарушение технологии изготовления отражается на свойствах материала, отклонениях от заданных размеров, качестве сборки. Пониженные триботехнические свойства материала цилиндра увеличивают интенсивность изнашивания и не влияют на форму износа. Отклонения от округлой и цилиндрической формы зеркала, по влиянию на износ аналогичны неправильно определенным температурным деформациям. Неправильная микрогеометрия (шероховатость) аналогична пониженным триботехническим свойствам материала. Завышенный диаметр зеркала уменьшает ресурс, не влияя на форму износа. Заниженный диаметр вызывает задиры, поломку колец, заклинивание двигателя. Нарушение соосности деталей КШМ и ЦПГ при сборке двигателя вызывает повышенную интенсивность изнашивания в процессе обкатки, искажает естественную форму износа.

К эксплуатационным причинам преждевременного износа цилиндра относятся некачественные топливосмазочные материалы, плохая очистка воздуха, неправильный температурный режим работы двигателя. Интенсивность изнашивания деталей ЦПГ более зависима от загрязнений, попавших в цилиндр с топливом и воздухом, чем от загрязнений в смазочном материале.

Естественный износ поршня характеризуется: неравномерным износом юбки; нагаром и прогоранием поршня на поверхности, расположенной по оси поршневого пальца (параллельно оси двигателя); большим износом верхних канавок под кольца.

Неравномерный износ юбки объясняется действием нормальной силы, так же как и в цилиндре, определяющей положение изнашивающихся поверхностей. Нагар и прогорание поршня объясняется наихудшей герметичностью сопряжения кольцо–поршень по оси поршневого пальца. Для минимизации прорыва газов технические условия запрещают установку замков колец по пальцу. Большой износ верхних канавок под кольца объясняется близостью к камере сгорания и действием больших температур и давлений.

Износ поверхности примыкающей к днищу поршня (см. рисунок, а) является следствием неправильного определения температурных деформаций, брака в изготовлении, перегрева двигателя — брака в эксплуатации. Отклонения от заданных размеров поршней вызывают: износ юбки с двумя обособленными поверхностями (см. рисунок, б) — наблюдается у поршней, работающих со ступком; форма износа на рисунках, в, г свидетельствует о большом размахе перекосов поршня в цилиндре — наблюдается у двигателей с повышенным расходом масла на угар. Износ в виде широкой полосы внизу юбки (рисунки, д, е) наблюдается у ЦПГ деталей, вырабатывающих высокий ресурс.

Износ компрессионных поршневых колец характеризуется повышенным износом верхних колец, односторонним износом колец по высоте и, как правило, большим износом кольца относительно износа канавки (рисунок, ж).

Кольцо воспринимает давление газов, направленное большую часть времени со стороны камеры сгорания. В процессе эксплуатации на канавке образуется нагар, защищающий ее от изнашивания, но ухудшающий триботехнические свойства и увеличивающий одностороннее изнашивание компрессионного кольца.

Износ шатунного сопряжения коленчатого вала характеризуется (рисунок, з): для многоцилиндровых двигателей равным износом шеек и вкладышей, относящихся к разным цилиндрам; неравномерным износом шейки; большим износом вкладыша, расположенного в шатуне — верхний вкладыш.

Равный износ сопряжений, относящихся к разным цилиндрам, объясняется равными нагрузками и смазыванием. Неравномерный износ шейки и повышенный износ верхнего вкладыша объясняется переменным циклическим характером нагрузок, действующих на сопряжение.

Технологическими причинами неестественной формы износа является нарушение геометрии сопряжения, включая изменение геометрии нижней головки шатуна от загрязнений между вкладышами и шатуном.

Эксплуатационным браком являются неисправности смазочной системы и использование некачественных смазочных материалов. При плохой очистке масла абразивные частицы вдавливаются в мягкий антифрикционный слой вкладышей, увеличивая интенсивность изнашивания шейки вала.

Износ коренных сопряжений коленчатого вала характеризуется (см. рисунок, и): неравномерным износом шейки; большим износом вкладыша, расположенного в блоке, — нижний вкладыш; неравным износом сопряжений относительно друг друга; меньшими отклонениями от округлости сопряжений, находящихся рядом с маховиком.

Неравномерный износ шейки, а также больший износ нижнего вкладыша, аналогично шатунному сопряжению, объясняется переменным нагружением в течение цикла. Неравный износ сопряжений относительно друг друга определяется конструктивными особенностями КШМ и двигателя в целом. Особый износ сопряжений, расположенных рядом с маховиком, объясняется «хорошим» влиянием маховика на работоспособность коренных опор. Здесь присутствуют два момента:

а) маховик обладает гироскопическим эффектом, уменьшающим перекосы коленчатого вала и уменьшающим пиковые нагрузки на близко расположенные к нему опоры;

б) маховик сглаживает крутильные колебания коленчатого вала и снижает инерционные нагрузки на близко расположенные сопряжения.

Дефекты изготовления коренного сопряжения аналогичны шатунным. Дополнительными технологическими причинами неестественного износа являются нарушение балансировки вала, несоосность коленчатого вала и блок-картера. Кроме непосредственно изготовления, эти дефекты могут являться следствием неправильного хранения и транспортировки запасных частей.

Брак эксплуатации коренных сопряжений аналогичен шатунным.

Разрабатываемые производителями технические условия на обслуживание и ремонт опираются на технологию производства двигателя. Такие условия подходят для крупных ремонтных предприятий, имеющих технологию и оборудование, аналогичное производству. Вместе с тем даже на этих предприятиях проводится анализ износов. Например, для определения деформаций шатуна, коленчатого вала, блок-картера требуется специализированное оборудование, не всегда имеющееся в наличии у эксплуатационников и ремонтни-

ков. По характеру износа определяются дефекты и причины появления их в двигателе.

Выводы

При многообразии конструкторских, технологических, эксплуатационных факторов сопряжения и детали кривошипно-шатунного механизма и цилиндропоршневой группы деталей двигателей внутреннего сгорания в соответствии с циклом имеют выраженные закономерности изнашивания. Классификация износов с выделением естественного (нормального) износа и неестественного износа, являющегося следствием несовершенства конструкции и технологии изготовления, брака в изготовлении, нарушения правил (брака) эксплуатации, позволяет выявлять причины преждевременных отказов, что необходимо для минимизации их повторения и совершенствования конструктивных, технологических и эксплуатационных средств повышения надежности двигателей.

Список литературы

1. Коченов В.А. Конструирование и эксплуатация автомобильных двигателей: монография. — Княгинино: Нижегородский ГИЭИ, 2009. — 164 с.

УДК 621.432

Р.А. Зейнетдинов, канд. техн. наук

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОПУСКОВ НА ДИАГНОСТИРУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ

Мощностные, экономические и ресурсные показатели дизелей в условиях рядовой эксплуатации в значительной степени определяются качеством работы топливной аппаратуры (ТА). Изменение технического состояния и отклонение контролируемых параметров топливной системы (ТС) от их номинальных значений обуславливают ухудшение основных показателей дизеля и повышенный износ деталей цилиндропоршневой группы. Это объясняется тем, что характеристика топливоподачи, определяющая внутрицилиндровые процессы дизеля, зависит, главным образом, от значений контролируемых параметров технического состояния (ПТС) ТА.

Основными контролируемыми параметрами форсунки, оказывающими существенное влияние на процесс впрыскивания топлива в цилиндр и изменяющимися в условиях непрерывного притока детерминированного хаоса при эксплуатации, являются: давление начала впрыскивания топлива $P_{впр}$, величина хода иглы $h_{и}$ и эффективное проходное сечение распылителя $\mu_p f_c$ [1].

Следует отметить, что реальные процессы изменения ПТС форсунки имеют вероятностный характер и представляют нестационарную случайную функцию $X(t)$, следовательно, работоспособность ТС изменяется во времени. Подобная ситуация позволяет рассмотреть форсунку как открытую динамическую систему, изменение контролируемых параметров которой можно анализировать как случайный процесс, а его эволюционную диссипацию и временную направленность рассматривать с использованием теорий информации и необратимых процессов. Основная идея заключается в возможности применения положений теории информации для обоснования значений эксплуатационных допусков на регулировочные параметры ТА на основе принципа минимума диссипации при преобразовании тепловой энергии топлива в цилиндре дизеля.

Известно, что одно из главнейших понятий теории информации — понятие об энтропии как мере неопределенности состояния системы. При этом возможны и другие меры разнообразия со-