

А.Н. БОРИСЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
П.С. ОБОД, аспирант, НТУ «ХПИ»,
О.В. ЛАВРИНЕНКО, стажер–преподаватель, НТУ «ХПИ»

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ДВС

Розглянуті основні досягнення та тенденції розвитку сучасних систем діагностики, що застосовують засоби вібродіагностики для оцінки технічного стану ДВС. Розглянуті основні методи діагностики із застосуванням вибро– та акустичних сигналів. Проведений аналіз як вітчизняних розробок, так і західних досягнень, включаючи патенти США.

In the paper modern Vibro–acoustic engine diagnostic systems are reviewed. Also main achievements and trends of the development of the systems for technical condition for internal combustion engines are shown. In the paper were taken different sources including patents.

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. В настоящее время используется широкий спектр методов и средств диагностирования технического состояния ДВС. Созданы принципиально новые системы технического обслуживания, ремонта и метрологического обеспечения средств технического диагностирования агрегатов ДВС. Актуальной стала задача повышения надежности подвижного состава. Для достижения определенного уровня надежности ДВС необходимо определять текущее состояние агрегатов и узлов, а также достаточно точно прогнозировать их остаточный ресурс.

Цель данной работы. Целью данной работы является обзор современных информационно–измерительных систем для выявления перспектив в данном направлении, а также последующее создание системы на основе передового опыта.

Анализ последних достижений по данной проблеме. Одним из основных является метод прогнозирования ресурса по изменению параметров технического устройства. Он основывается на результатах измерений того или иного прогнозируемого параметра в процессе эксплуатации. Зная математическую модель изменения прогнозируемого параметра в зависимости от эксплуатационных факторов, можно вычислить остаточный ресурс агрегата. Точность прогнозирования зависит от того, насколько адекватно математическая модель описывает поведение прогнозируемого объекта. Не меньшее влияние на точность прогнозирования оказывает и погрешность измерения технического параметра.

Сущность технической диагностики состоит из теории, методов, средств обнаружения и поиска дефектов объектов. Первичные цели технической диагностики:

- определение технического состояния объекта на настоящий момент;
- прогноз технического состояния, в котором будет находиться объект в течение ближайшего времени.

С этой целью требуется определить набор параметров, которые характеризуют состояние машин и механизмов, то есть большинство диагностических признаков, а именно: линейное и угловое перемещение, скорость и ускорение вибрации, давление, температуру, частоту вращения, и т.п.. Мировая практика показывает, что диагностика является необходимым этапом цикла жизни механизма: от проектирования и производства до выхода из строя и ремонта объекта.

На данный момент методы диагностики машин и механизмов разрабатывают по четырем направлениям:

- диагностика по управляющим сигналам;
- по виброакустическим сигналам;
- анализ концентрации продуктов износа в топливных отходах;
- по результатам анализа выпускных газов.

Метод виброакустической диагностики наиболее эффективный из них для оценки технического состояния сложного оборудования. Важно заметить, что виброакустическая диагностика не только позволяет диагностировать поломки и предотвращать возможные аварии, но также и обнаруживать развитие дефектов на очень раннем этапе, что позволяет прогнозировать аварийную ситуацию, и также позволяет запланировать объем ремонтных работ. Кроме того, этот вид диагностики дает возможность оценить качество выполненных работ. Дополнительно отметим, что вибродиагностика более чувствительна к дефектам и обеспечивает контроль технического состояния оборудования оперативно и без разрушения.

Любое оборудование, имеющее вращающиеся или перемещающиеся части, создает механические колебания, являющиеся причиной многих дефектов и преждевременного износа механизмов. Как известно, одним из наиболее распространённых видов механических колебаний является вибрация. Комплекс параметров вибрации практически полностью характеризует техническое состояние работающего агрегата и, в принципе, позволяет прогнозировать возникновение неисправностей и аварий оборудования. Использование комплекса параметров вибрации для диагностирования состояния оборудования и называется вибродиагностикой.

Существующие методы вибродиагностики заключаются не в простом определении общего уровня механических колебаний, а в анализе спектров вибраций (анализ как самого спектра, так и его изменения во времени), волн колебаний, фазовых углов колебаний, спектров огибающей высокочастотной вибрации и др. Совокупный анализ этих параметров и сравнение с базовыми характеристиками, полученными экспериментально или на основе теоретических исследований, позволяют судить не только о скором выходе

из строя агрегата, но и указывают на тип имеющейся неисправности, что дает важнейшую информацию для правильной подготовки и проведения ремонта[1].

Последние разработки в сфере вибродиагностики. В последнее десятилетие были разработаны несколько эффективных методов обнаружения основных дефектов машин и оборудования по вибрации на этапе их зарождения. Естественно, что они основаны, главным образом, на анализе высокочастотной вибрации, для возбуждения которой не нужны большие колебательные силы, но и проявляется она только в месте их действия, быстро затухая при распространении. Такие методы стали использоваться диагностами многих стран для перехода от вибрационного мониторинга к глубокой диагностике. Параллельно развивались методы автоматизации алгоритмов диагностики, что позволило ряду производителей диагностических систем заменить программным обеспечением квалифицированных экспертов при решении типовых диагностических задач. Доля таких задач очень высока и превышает девяносто процентов от всех задач, решаемых путем анализа сигналов вибрации. Первые автоматические системы вибрационной диагностики были разработаны в 1991–1992 годах и постоянно совершенствовались.

Задачи вибродиагностики. Мониторинг машин и оборудования является лишь одной из ряда технических задач, в которых для диагностики используются измерения и анализ вибрации машин и оборудования. Такого рода задачи можно разделить на семь основных групп, а именно:

- вибронный мониторинг машин и оборудования;
- вибронная диагностика;
- балансировка роторов по вибрации;
- обнаружение источников вибрации (шума);
- обнаружение источников акустической эмиссии;
- вибронный модальный анализ;
- ультразвуковая дефектоскопия.

В каждой группе задач имеются свои ограничения как на объекты диагностики, так и на основные свойства вибрации, используемые для достижения оптимальных результатов. Для их описания вибрацию следует разделить, во–первых, по частотному признаку, а, во–вторых, по способу ее формирования[2].

По частоте, как правило, она делится на четыре области – низкочастотную, среднечастотную, высокочастотную и ультразвуковую.

По способу формирования – на вибрацию естественного происхождения (в машинах и т.п.) и искусственного, возбуждаемую специальным источником – вибратором.

Вибрация естественного происхождения используется для решения первых пяти групп задач, искусственного – для последних двух групп[2].

Виброакустическая диагностика машин и механизмов – независимое научное направление технической диагностики, которое возникло в объединении акустической динамики машин, теорий сигналов и распознавания дефектов.

Отличительной характеристикой вибродиагностики является использование в качестве данных для диагностики не статических параметров (как, например, температура или давление), а динамических (скорость, ускорение и перемещение) [3].

Виды вибрационных сигналов. Одни и те же вибрационные данные, представленные в виде графиков смещения, скорости или ускорения будут выглядеть по-разному. На графике смещения будет усилена низкочастотная область, а на графике ускорения – высокочастотная при ослаблении низкочастотной.

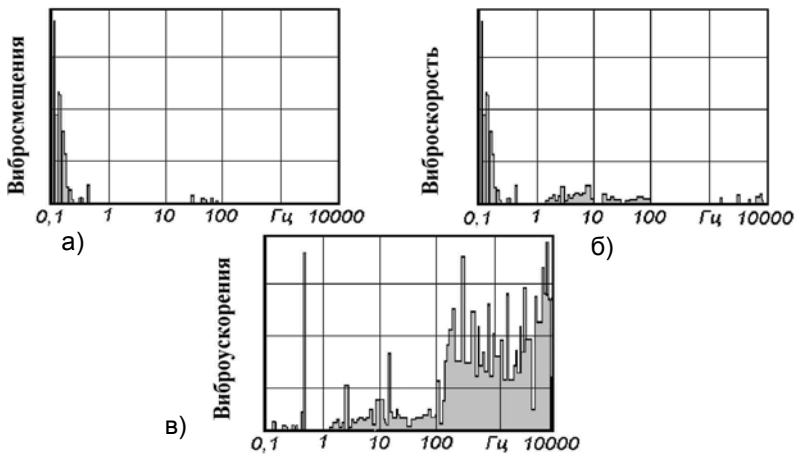


Рис. 1. Вид графического представления вибросигнала

На рисунке 1 один и тот же вибрационный сигнал представлен в виде вибросмещения, виброскорости и виброускорения.

График вибросмещения очень трудно анализировать на высоких частотах, зато высокие частоты хорошо видны на графике ускорения. Кривая скорости наиболее равномерна по частоте среди этих трех. Это типично для большинства роторных машин, однако в некоторых ситуациях самыми равномерными являются кривые смещения или ускорения.

Лучше всего выбирать такие единицы измерения, для которых частотная кривая выглядит наиболее плоской. Этим обеспечивается максимум визуальной информации для наблюдателя. Для диагностики агрегатов транспортных машин наиболее часто применяют виброскорость.

При выборе датчиков для диагностики скрытых повреждений и неисправностей предпочтение отдают датчикам ускорений (акселерометрам). Ускорение вибрации характеризует динамические явления в соударяющихся парах шестерен и подшипниках (в то время как перемещение зависит от неуравновешенности всего агрегата и его крепления). Поскольку ускорение есть векторная величина, то ориентация оси датчика строго регламентируется по отношению к вертикальной и горизонтальной плоскостям агрегата, что обеспечивает стабильность измеряемых параметров. При вибрационных испытаниях агрегатов автомобилей датчики крепятся на их корпусах в активных зонах, где располагаются опоры валов и шестерни.

Обнаружение повреждений на ранней стадии основано на выделении и анализе дискретных составляющих основных частот колебаний подшипника. Динамика процесса его разрушения отображается на спектрограммах изменения амплитуд целого ряда составляющих[1].

Пример системы диагностики из патента, зарегистрированного в США [4]. Данная система диагностики (рисунок 2) создана для обнаружения состояний движущихся внутренних механических компонентов ДВС.

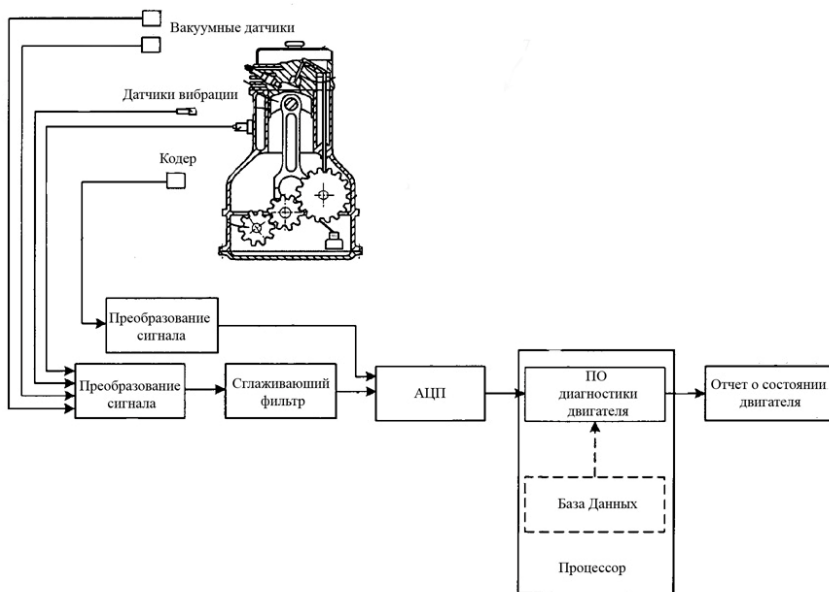


Рис. 2. Система диагностики механических компонентов ДВС

Система использует значения уровней вибрации и акустических сигналов во время холодного или горячего пуска. В систему включены

акустические и вибрационные датчики, вакуумные датчики, АЦП и устройство принятия решений.

Вибрация двигателя и акустические сигналы сначала усиливаются, а потом пропускаются через фильтр нижних частот. Далее сигналы оцифровываются и посылаются в вычислительный блок. Программное обеспечение диагностики двигателя получает оцифрованные данные и выполняет цифровую фильтрацию, для выделения наиболее информативных параметров. Нужные характеристики при этом извлекаются с помощью статистического анализа и посылаются в систему принятия решений. Эта система использует нечеткую логику для принятия завершающего решения о техническом состоянии каждой из деталей. Результаты обработки информации представляются оператору.

Выводы. Существующие методы диагностирования технического состояния агрегатов и систем являются трудоемкими, а достоверность их составляет лишь 0,58...0,62. Использование вибрационных методов диагностирования имеет преимущества, которые позволяют автоматизировать процесс диагностирования, уменьшить трудоемкость, повысить достоверность диагностирования и прогнозировать остаточный ресурс. Достоверность результатов вибродиагностики в значительной степени определяется знанием характера процесса собственной вибрации диагностируемого изделия.

Результаты статьи будут использованы при создании новой системы на основе вибродиагностики, с учетом достоинств и недостатков рассмотренных систем.

Список литературы: 1. *Волков В.П.*, Направление использования вибродиагностики в автосервисе / *Волков В.П., Мищенко В.М.* // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2007. – Вып № 2. с 31– 35. 2. *Афанасьев А.В.* Аппаратно-программный комплекс вибродиагностики энергетического оборудования [Электронный ресурс] / *Афанасьев А.В. Власов А.И.* // Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана. Режим доступа: <http://lasr.cs.ucla.edu> 3. Vibro-acoustic diagnostics of rotary type machines and mechanisms / *S.Geranmaye, A.Rajabvand, M. D. Hamidzadeh, F.Etemad, Sh. M. Hasanli, S.Khoram, S.A. Seyedzadeh Sabunci., E.K. Huseynov* // Conference proceeding second International conference on technical and physical problems in power engineering. P.509. 6–8.09.2004, Tabriz–Iran. 4. Пат. 0260454 США. Vibro-acoustic engine diagnostic system: Пат. 0260454 США; Оpubл. 23.12.2004

Поступила в редакцию 23.09.2010