

УДК 62.799

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ
В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ АВТОМОБИЛЕЙ****С. И. МИДУШКИН***(Представлено: канд. техн. наук Г. А. ВЕРЕМЕЙ)*

Теоретически исследована физика процесса вибрационных возмущений в узлах и агрегатах автомобиля в результате износа и дефектов подшипников. Представлены метод и анализ определения виброактивности механизмов с помощью практических исследований на виброакустическом стенде диагностики «Дельфин ИМ».

Постановка задачи. Для сложных технических устройств таких, как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), самостоятельное применение виброакустического метода диагностирования имеет свою ограниченность по причине не всегда найденного исчерпывающего виброакустического признака состояния [1]. И, как показывает практика объективное техническое состояние сложных машин со множеством физически различных агрегатов и систем, охваченных обратными связями, можно определить только при наличии разносторонней информации, получаемой с помощью датчиков различных физических величин. Необходимо дополнительно привлекать синхронную информацию о параметрах рабочих процессов, учитывать принцип действия и сопутствующие обстоятельства, а также выработать четкую логически состоятельную последовательность действий на объекте диагностики. При этом вибрации можно рассматривать - как важную составную часть необходимой информации, но не окончательно объективную [2].

Вопросам комплексного использования априорной и измерительной информации для формирования диагностических признаков по совокупности разносторонних физических данных о рабочих процессах и процессах дефектообразования, должного внимания в техническом сервисе автомобилей пока не уделяется. Причины тому кроются в повышенных требованиях к квалификации оперативного персонала и в относительной сложности аппаратурной реализации такого направления диагностики [4].

На сегодняшний день каких-либо надежных невибрационных методов диагностики подшипников пока что не существует [5].

В технической эксплуатации автомобилей при диагностировании простейших механизмов часто наблюдается экспоненциальная зависимость между виброактивностью и техническим состоянием. Однако на практике такая зависимость наблюдается не всегда. Известны случаи, когда непрерывно линейно возрастающая до того виброактивность переходила в экспоненциальную, но перед отказом не только не возрастала, но даже уменьшалась [2]. Это указывает на трудности постановки надежных диагнозов сложных машин только по вибрациям, без учета других факторов. Прогнозирование технического состояния сложных технических устройств с множеством внутренних обратных связей и реально не полностью предопределенными внешними воздействиями чрезвычайно трудная и пока не решенная научно-техническая задача. Тем не менее, благодаря простоте реализации, анализ вибрационных и других параметрических трендов широко применяется для прогнозирования.

Основная часть. В подшипниках качения различают дефекты сборочно-монтажного и эксплуатационного происхождения при некачественной сборке, а также явление естественного износа и недостаточной смазки [3].

К основным сборочно-монтажным дефектам относят:

- перекос внутреннего и наружного колец;
- радиальный натяг или неплотная посадка;
- принудительная центровка стыкуемых валов;
- перекос соединительных муфт;
- явления помпажа и кавитации.

Основной метод выявления дефектов – по спектрам вибраций в точках, максимально близких к подшипникам, за исключением крышек.

Перекос наружного кольца проявляется на частотах, кратных произведению частоты вращения сепаратора на число шариков.

Перекос внутреннего кольца проявляется на частотах, кратных произведению разности частот ротора и сепаратора на число шариков.

Подчеркиваются вибрации на четных гармониках (преимущественно на второй). Сосредоточенные дефекты дают широкополосный спектр, распределенные – 3-4 гармоники оборотной частоты.

Ослабление посадки подшипников в корпусе вызывает появление в спектре вибраций поперечных составляющих на половинной и одной третьей частоты вращения вала (типичный признак нелинейности

упругой характеристики крепления). При большом зазоре возникает «плавание» ротора на этих частотах. Возрастает интенсивность на высших гармониках [5].

Сильные повреждения или нарушения смазки вызывают широкополосные высокочастотные вибрации. Свойство высокочастотных вибраций сильно затухать при распространении используется для разделения сигналов многоподшипниковых узлов. У электрических генераторов автомобилей износ подшипников и дефекты реле-регулятора напряжения отчетливо обнаруживаются также косвенно по характерным искажениям формы вырабатываемого ими тока [6].

Подшипники скольжения. Данные по признакам дефектов подшипников скольжения приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Спектральные признаки повреждений подшипников скольжения.

Дефект	Демаскирующий признак
1. Повышенный зазор	Продольные автоколебания ротора на частоте 42 – 48% от оборотной частоты
2. Засадание	Нерегулярные выбросы в высокочастотной области спектра
3. Огранка цапф	Высокая плотность спектра на частоте, равной произведению оборотной частоты на количество граней. Возрастание активности высоких частот

Надежная идентификация дефектов подшипников спектральными методами затруднена и потому требует учета статистических данных и необходимости проверки механизма на виброактивность.

Опытным путём в практической диагностике автомобилей исследованы зависимости величины виброускорений (диагностический параметр при определении виброактивности на стенде "Дельфин 1М") от величины зазора в соединении "коленвал-подшипник" при различной частоте вращения (рис. 1, а, б).

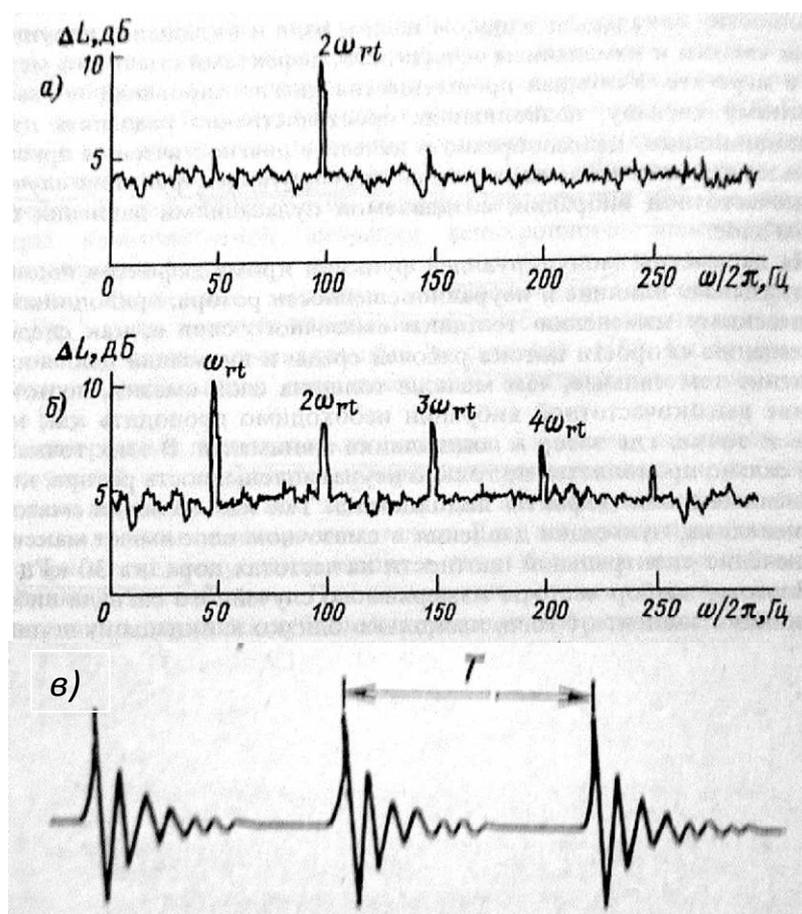


Рисунок 1. – Спектры проявления высокочастотной вибрации подшипников скольжения при овальности шейки вала (а) и изломе осей валов (б) в соединении «коленвал-подшипник»; последовательность импульсов, возбуждаемых локальными дефектами подшипников (в)

В характерной осциллограмме (рис. 1, в) содержится информация о нюансах поведения конструкции и действующих в ней рабочих процессов.

Процесс диагностирования технического состояния подшипников имеет свои особенности. Техническое состояние механической конструкции и встроенных в нее деталей нужно отличать от всякого рода технологических «шумов», образующихся при течении жидкостей и газов. Например, при полусухом трении в переднем подшипнике распревала в спектре вибраций обычно доминируют высокочастотные релаксационные составляющие, зависящие от натяжения ремня, состояния смазки и скорости вращения распревала. Высокочастотная спектральная составляющая энергии удара порождает деформационную волну, а низкочастотная - приводит к резонансному возбуждению близлежащих элементов конструкции.

Таким образом, можно говорить о двух независимых каналах информации – высокочастотном (ультразвуковом) волновом и относительно низкочастотном (вибрационном) динамическом. В соответствии с законами механики волновую компоненту можно использовать для определения геометрических координат излучателя – дефекта. Вибрации выступают здесь модулирующей функцией для деформационных волн. Частота модуляции волновой компоненты связана с видом дефекта, а глубина - со степенью его развития.

Следует учитывать некоторые особенности протекания колебательных и волновых процессов в механических конструкциях.

1. Любая конструкция обладает фильтрующим свойством: чем дальше от источника механических возмущений – дефекта - тем сильнее ослабляются высокочастотные составляющие спектра виброакустических излучений.

2. У поперечных волн из-за различия скоростей распространения спектральных компонент и преимущественного ослабления высокочастотных составляющих, из-за разложения, отражения и других физических явлений, исходная форма деформационных волн изменяется. Волновой пакет как бы удлиняется, сглаживается, а частота наиболее высокочастотных компонент, по мере их удаления от места генерации, понижается.

Увеличение геометрических размеров пораженной области, приводит к тому, что первичные акустические излучения часто обнаруживаются даже обычными высокочастотными вибродатчиками. Но такие сигналы отражают уже не только колебания конструктивных элементов, но и искаженную деформационную волну, т. е. помеху, затрудняющую объективный анализ данных. Математически эти искажения описываются передаточной функцией участка конструкции между местами возбуждения и регистрации. С целью минимизации искажений точки корреспондирования следует выбирать как можно ближе к зонам дефектоопасности или на главных путях распространения возмущений. В этих местах на единицу объема или площади материала действуют максимальные механические напряжения (зоны контактов, места деформации и др.).

Исходя из таких соображений, любые механические конструкции можно рассматривать как набор деталей – осцилляторов, помещенных в один корпус – волновод и применять к ним единые методы анализа.

Практическая часть работы. Экспериментальное исследование вибрационной активности конструкции ДВС представлено за счёт реализации виброакустического метода диагностирования технического состояния подшипников скольжения механизма ГРМ головки двигателя на базе стенда виброакустической диагностики «Дельфин 1М» [5, 6].

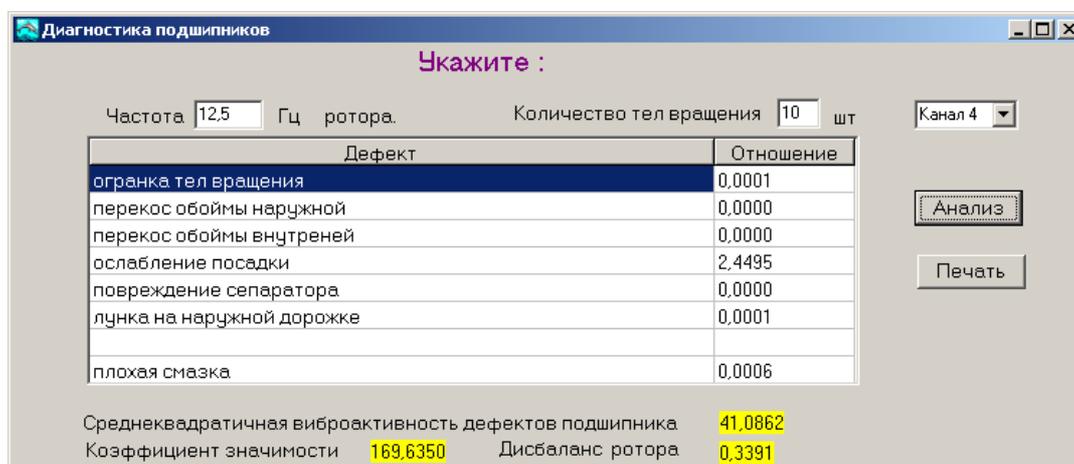


Рисунок 2. – Программное обеспечение к анализу состояния подшипников механизма

Методика идентификации дефектов подшипника состоит в следующем:

- регистрация вибрационных перемещений с помощью пьезоэлектрических датчиков в местах осцилляции вибрационных возмущений (подшипники скольжения постелей распредвала головки блока работающего двигателя автомобиля);
- проведение спектрального анализа полученных результатов и их обработка с помощью программы «Подшипник» (рис. 2);
- оценка допустимости вибраций по нормативам допуска (рис. 3).
- определение вида возможных присутствующих дефектов постановка диагноза технического состояния объекта (см. рис. 2).

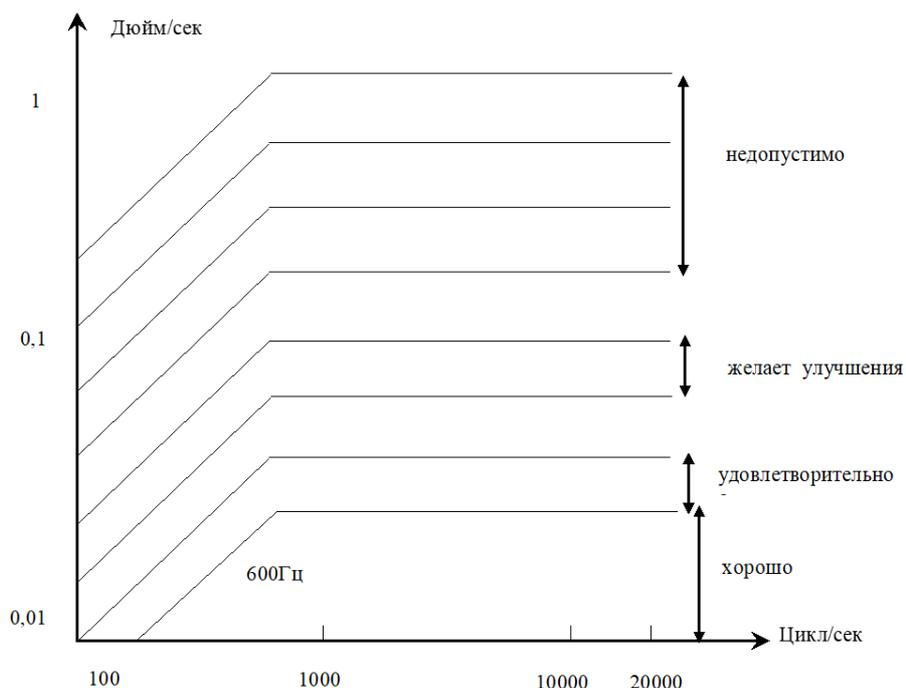


Рисунок 3. – График допустимости вибраций подшипников

Выводы. В силу того, что в современной практической диагностике оценка технического состояния подшипников затруднена по причине отсутствия совершенных и надёжных методов идентификации их износа и дефектов, представленные виброакустический метод и анализ с использованием стенда «Дельфин 1М» доказывают себя как наиболее эффективные средства в практической диагностике автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987
2. Диагностика автотракторных двигателей / Под ред. Н.С. Ждановского, Л.: Колос, 1977
3. Павлов Б.В. Акустическая диагностика механизмов. – М.: Машиностроение, 1971
4. Карасев В.А., Ройтман А.Б. Доводка эксплуатируемых машин. Вибродиагностические методы. – М.: Машиностроение, 1986
5. Коновалов А.И. Практика вибро-акустической диагностики. Диагностируем на «Дельфине». – Луганск: ЗАО Циклон, 2007. – 69 с.
6. Коновалов А.И. Руководство по эксплуатации стенда вибро-акустической диагностики «Дельфин». – Луганск: ЗАО Циклон, 2008. – 120 с.
7. Стандарт ИСО10816-1-3-98 – Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации невращающихся частей. Общие требования.