

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОМЕТРИИ  
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ, МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
НАСОСНО-СИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

<http://edoc.bseu.by>

**Г. И. Лютко**

*УП «БелНИИ мелиорации и луговодства»*

Вибрация – наиболее универсальный информационный параметр, учитывающий практически все аспекты состояния агрегата, позволяющий «безразборно», в рабочих условиях определять техническое состояние оборудования. Измеряя и анализируя вибрационные сигналы машин и механизмов возможно, как следует из литературных данных, определение до 90 различных причин повышенной вибрации.

К ним относятся: состояние и исправность подшипников; небаланс роторов, потребность в балансировке; изгибы валов, соосность валов; увеличение зазоров, люфты, механические ослабления; задевания и затирания внутри механизмов и в уплотнениях; дефекты монтажа; неправильный взаимный монтаж ротора и статора для электрических машин; гидравлические проблемы насосов (состояние лопаток, рабочих колес, дефекты проточной части, турбулентность потока, кавитация); контроль монтажа муфт, поиск дефектов типа «износ», «колено», «маятник», «излом оси»; состояние фундамента, крепление механизма к фундаменту; прочие причины.

В целом, внедрение системы диагностирования, мониторинга и прогнозирования технического состояния оборудования, позволяет перейти от обслуживания оборудования по принципам «до выхода из строя (авария)» или «по регламен-

ту» к обслуживанию по состоянию. Это дает значительный экономический эффект за счет:

- более раннего обнаружения неисправностей и своевременного принятия мер по предотвращению их развития;
- отказа от проведения регламентных работ на исправном оборудовании;
- правильного планирования ремонтов диагностируемого оборудования в период планово-предупредительных ремонтов;
- предотвращение внезапных отказов и аварий на объектах диагностирования-продления ресурса работы объектов диагностирования.

Кроме того, применение подобных систем диагностирования способствует выявлению и устранению конструктивных и монтажных дефектов диагностируемого оборудования.

Примеры экономического эффекта от внедрения вибродиагностики, мониторинга прогнозирования состояния оборудования, полученные из сети «Интернет»:

Система диагностирования АО «Промсервис» г. Димитровград, Ульяновской обл.

«Опыт внедрения систем диагностирования показывает, что срок окупаемости затрат на них составляет от 1 месяца до 1 года. Оценки американских экспертов по эффективности диагностирования объектов атомной энергетики показывают, что их отдача составляет до 10-15 долларов на один затраченный доллар на каждый год эксплуатации».

Компания «Актава+» г. Москва, представитель фирмы Predict DLI (США).

«Переход от метода аварийного обслуживания к методу диагностического обслуживания может обеспечить экономию 47 %. Переход от метода планово-предупредительного обслуживания к диагностическому обслуживанию означает эконо-

мию затрат на обслуживание 32 %».

Фирма «Вибро-Центр» г. Пермь.

«Значительно, в 2-3 раза, сокращается число проводимых ремонтов. Это достигается за счет исключения необоснованных ремонтов, устранения неисправностей на ранней стадии и т.д.

Достоверность вибродиагностики составляет:

- 70 % диагнозов полностью подтвердилось,
- 20 % диагнозов подтвердилось не полностью,
- 10 % диагнозов не подтвердилось.

В 96 % случаев выводы вибродиагностики об общем состоянии оборудования совпали с мнениями экспертов, опытных вибродиагностов.

Сравнительный анализ различных методов обслуживания оборудования роторного типа, по данным Ассоциации Открытых Систем Управления Информацией о состоянии машин «MIMOSA» показал, что удельные затраты на техобслуживание в энергетическом секторе США составили в 1998 г.

\$ 18 на л.с. – при работе оборудования до выхода из строя;

\$ 13 на л.с. – при обслуживании по регламенту;

\$ 9 на л.с. – при обслуживании по техническому состоянию.

Для нужд мелиоративных насосных станций целесообразно использовать опыт работы лаборатории вибродиагностики БУИР г. Минск. Лабораторией созданы ряд программно-технических средств (ИВК «Лукомль-2001», АПК «Полоцк-2003», ИВК «Полесье»), которые успешно применяются на предприятиях оборонного, аэрокосмического и топливно-энергетического комплексов.

Стоимость таких средств, в зависимости от комплектации вибродатчиками и необходимого числа и объема решаемых задач составляет от 700 до 10000 долларов США, что ниже

стоимости аналогичных средств зарубежного производства, включая российские. Измерительные средства метрологически обеспечены. Конкретный выбор программно-технического средства определяется исходя из диагностируемых параметров насосно-силового оборудования мелиоративных насосных станций.

В насосных агрегатах рабочие колеса, являющиеся источником шума и вибрации, в значительной степени определяют их ресурс. Других сил механического происхождения, возбуждаемых рабочим колесом, кроме центробежных сил, определяемых его неуравновешенностью, не существует. Все основные колебательные силы определяются взаимодействием потока с лопастями рабочих колес и с внутренней поверхностью корпуса. В насосах эти силы имеют гидродинамическую природу.

Основная сила, действующая на каждую лопасть рабочего колеса – подъемная сила взаимодействия потока с лопастью, расположенной под углом к потоку. Сумма подъемных сил, действующих в однородном потоке на рабочее колесо без дефектов, направлена вдоль оси вращения и не имеет переменной составляющей. При отклонении от среднего значения величины или направления подъемной силы одной из лопастей, на рабочее колесо начинает действовать, во-первых, радиальная к оси вращения колеса сила с частотой его вращения, во-вторых, момент сил той же частоты, вектор которого также направлен перпендикулярно к оси вращения.

При неоднородности потока в зоне рабочего колеса на последнее действует и радиальная сила, и момент сил той же природы, но частота этих сил определяется числом лопастей в рабочем колесе и называется лопастной частотой для насосных агрегатов.

Рассмотренные силы и моменты с одной стороны, переда-

ются через опоры вращения от рабочего колеса на корпус машины, а, с другой стороны, пульсации давления потока воздействуют на тот же корпус через жидкую среду. Но на корпус передаются пульсации давления в потоке не только на этих частотах. Во-первых, это пульсации давления на границе сред (аэро- и гидродинамическое трение), во-вторых – это пульсации движения, вызванные турбулентностью потока, срывами потока на задних кромках лопастей и, наконец, вызванные кавитацией жидкости в тех насосах, где кавитация присутствует.

Вибрация корпуса, возбуждаемая переменными пульсациями давления в потоке, имеет случайный характер, а, следовательно, не имеет строго фиксированной частоты.

Наиболее эффективные технические средства диагностики строятся на базе компьютерной техники и технологии. Именно эти средства позволяют использовать все возможности таких перспективных методов получения информации, как спектральный анализ, анализ огибающей и статистическое распознавание состояний.

Значительное расширение областей применения систем мониторинга и диагностики машин по сигналам вибрации и шума возможно при условии выпуска недорогих систем автоматического диагностирования, не требующих от пользователя диагностической подготовки (опыт АО ВАСТ «Вибродиагностика», Промсервис, БГУИР, Институт электроники НАН РБ и т. п.).

Объектами глубокого диагностирования по виброакустическим сигналам могут быть все виды насосно-силового оборудования мелиоративных насосных станций. При этом из сигналов вибрации и шума можно получить полную и достоверную информацию практически обо всех аварийно опасных дефектах даже на начальном этапе их развития.