

УДК 621.165

## **ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВИБРОМОНИТОРИНГА ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБИННОГО ЦЕХА**

Перевязчикова Д.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пантелей Н.В.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности. Назначение диагностики – выявление и предупреждение отказов и неисправностей, поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование состояния в целях полного использования доремонтного и межремонтного ресурса.

Диагностика проводится в условиях неполноты и неопределенности информации, и поэтому неизбежен компромисс между пропусками дефекта и необоснованными заключениями о неисправности объекта.

Вибродиагностическими методами решаются две основные задачи диагностики эксплуатируемых агрегатов: распознавание состояния эксплуатируемого агрегата и выявление причин и условий, вызывающих неисправности, которые следует устранить.

Используя упрощенные математические модели колебаний в динамических системах, ранее накопленный опыт и широкие, достаточно тонкие экспериментальные исследования единичных объектов, получают информацию о диагностических признаках, например опасных колебаниях. На этой основе оценивают состояние всего парка эксплуатируемых машин. В дальнейшем используют статистику парка машин и результаты их диагностирования, проводя коррекцию критериев оценки состояний исследуемой системы, параметров состояний и их диагностических признаков, т.е. реализуют обратную связь на основе диагностирования парка машин.

Разнообразие дефектов, обнаруживаемых методами вибрационной диагностики, и сложность сигналов, порождаемых неисправностями колебаниями деталей агрегатов, заставляет при выявлении и измерении диагностических параметров проводить разнообразную обработку сигналов:

- разделение вибрационного сигнала в частотно-фазовой и временной областях на «элементарные» сигналы, т.е. на компоненты, обусловленные различными факторами, каждый из которых является самостоятельным источником, вызывающим колебания;
- пространственное разделение вибрационных сигналов;
- восстановление форм выделенных «элементарных» сигналов;
- линейные и нелинейные преобразования сигналов (фильтрацию, нормализацию, интегрирование, дифференцирование и т.д.);
- измерение отдельных параметров и статистических характеристик сигналов;
- измерение характеристик взаимосвязи сигналов.

Выбор способа обработки сигнала и соответствующей структурной схемы измерительного канала определяется постановкой диагностической задачи, особенностями исследуемого и выделяемого сигналов, особенностями конструкции обследуемого оборудования и прочими факторами.

### **Организация работ по исследованию вибрации**

#### **Категории оборудования и мониторинг**

Оборудование разделяют на категории в зависимости от потенциальной возможности и значимости внеплановых отказов, а также сложности обслуживания. Как правило, большая часть роторных агрегатов может быть отнесена к одной из следующих пяти категорий:

- 1-я категория – критические основные агрегаты большой единичной мощности, где внеплановый отказ или авария сопровождаются значительными

потерями продукции, серьезными экологическими последствиями и др.; в эту категорию включают непрерывно эксплуатируемые безрезервные турбоагрегаты, компрессора и насосы единичной мощностью свыше 1 МВт;

–2-я категория – критические основные агрегаты средней единичной мощности, где внеплановый отказ или авария сопровождаются значительными потерями продукции, серьезными экологическими последствиями и др.; в эту категорию включают непрерывно эксплуатируемые безрезервные турбоагрегаты, компрессора и насосы единичной мощностью от 0,2 до 1 МВт;

–3-я категория – критические или, возможно, склонные к внеплановым отказам и авариям основные агрегаты со сложным ТО, где внеплановый отказ или авария подвергнет опасности остановки, но не прервет основное производство; в эту категорию включают резервированные турбоагрегаты, компрессора и насосы единичной мощностью свыше 200 кВт;

–4-я категория – критическое вспомогательное оборудование, требующее необременительного обслуживания; в эту категорию включают компрессора и насосы единичной мощностью менее 200 кВт;

–5-я категория – некритическое вспомогательное оборудование, технологические обвязки (трубопроводы, аппараты, арматура).

Оборудование 1-й категории и наиболее ответственные позиции оборудования 2-й и 3-й категорий целесообразно оснащать стационарной аппаратурой контроля рабочих параметров, т. е. применять непрерывный контроль, позволяющий быстро распознать состояние и продиагностировать агрегат. Поскольку этот способ является дорогостоящим, в промышленной практике существует ограниченный ряд агрегатов, где непрерывный контроль может окупить вложенные средства. Периодический вибромониторинг агрегатов 2-й и 3-й категории, если на них не установлена стационарная система контроля рабочих параметров, следует проводить обязательно.

Масштаб охвата периодическим мониторингом (распознаванием состояния) агрегатов 4-й и 5-й категорий зависит от многих факторов, индивидуальных для каждого предприятия, немаловажное место среди которых занимают наличие специалистов виброизмерительного оборудования, а также результаты функционально-стоимостного анализа.

### **Проведение измерений**

Диагностические измерения и исследования вибрации оборудования можно разделить на следующие виды: контрольные измерения работающего агрегата, специальные диагностические измерения работающего агрегата, а также обследование остановленного агрегата.

*Контрольные измерения* предназначены для распознавания прогнозирования технического состояния агрегата с учетом влияния на состояния технологических режимов эксплуатации оборудования. Контрольные измерения в свою очередь можно разделить на текущее контрольное измерение вибрации и полное контрольное измерение вибрации.

Текущее контрольное измерение позволяет с минимальными трудозатратами обеспечить мониторинг состояния оборудования в период между более дорогими полными контрольными измерениями вибрации и, в большинстве случаев, вовремя обратить внимание на изменение состояния оборудования, если оно происходит.

Полное контрольное измерение вибрации производится без вмешательства в режим эксплуатации агрегата и, в основном ограничивается измерением трех составляющих вибрации в контрольных измерительных точках (как правило, на опорах). Иногда в контрольные измерительные точки включают точки основания (рамы, фундаментных болтов), статора, и других частей агрегата, в которых вибрация измеряется только в случае достижения значением параметра вибрации какой-либо из контрольных точек установленного допустимого значения.

Полное контрольное измерение позволяет распознать состояние агрегата, выяснить причины вибрации и при необходимости построить последующие работы таким образом, чтобы выделить из группы вероятных действительную причину.

*Специальные диагностические измерения и обследование остановленного агрегата* предназначены для выявления дефектов и причин их возникновения, оценки и прогнозирования степени развития дефектов и разработки рекомендаций по их устранению.

В большинстве случаев период развития механических дефектов агрегата, прежде чем последний окажется в предельном состоянии, достаточен для их обнаружения средствами и методами периодического вибромониторинга. Период развития дефекта зависит от многих факторов (например, от вида износа) и может составлять от нескольких минут или часов (при заедании) до многих месяцев (при абразивном износе). Поэтому интервал периодических измерений вибрации обычно выбирают исходя из перечня контролируемых дефектов и режима эксплуатации оборудования.

Различают несколько этапов проведения виброизмерений: после ремонта и монтажа, после завершения процесса приработки, на начальном этапе эксплуатации, в процессе эксплуатации, после нарушений технологического режима, после изменения состояния агрегата и перед остановкой агрегата на ремонт.

### **Организация системы ТО предприятия**

Применяемые в настоящее время виды технического обслуживания оборудования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характерные особенности влияния различных подходов к техническому обслуживанию на производственный процесс и межремонтные интервалы

Вид обслуживания	технического	Характерные особенности
Реактивное обслуживание	(реагирующее)	Повышенная вероятность значительных внеплановых остановок оборудования и перебоев в работе
Планово-профилактическое обслуживание		Всеобъемлющее обслуживание оборудования для профилактики внеплановых остановов и сбоев в работе
Обслуживание по фактическому состоянию	по техническому	Обслуживание только дефектного оборудования в сочетании с профилактикой внеплановых остановов
Проактивное обслуживание		Продление межремонтного интервала и интервала между обследованиями

Цель периодического *планово-профилактического обслуживания* состоит в исключении отказов оборудования и непредвиденных расходов (которые, например, могут произойти при реактивном обслуживании) путем планирования и проведения технического обслуживания ранее момента вероятного среднестатистического отказа.

Базисом деятельности служит обычно 52-недельный план-график ТО, составляемый службой главного механика (ремонтной службой), которая определяет и отслеживает бюджет и основу повседневной деятельности службы ремонта, а также выполняет многие другие административные функции, такие, как отслеживание списка и пополнение запасных частей для ТО, хранение истории агрегатов, функционально-стоимостной анализ обслуживания и др.

Техническое и промышленное обеспечение ППР базируется на том, что имея статистические данные истории отказов оборудования и зная характеристики развития процессов изнашивания узлов механизма в зависимости от наработки, можно определить и установить такой срок эксплуатации оборудования (межремонтный интервал), при котором вероятность интенсивного износа и отказов мала. Ревизия и замена компонента

оборудования по прошествии очередного фиксированного межремонтного интервала значительно уменьшает вероятность внезапного отказа.

Основная идея *обслуживания по фактическому техническому состоянию* состоит в устранении отказов оборудования путем применения методов распознавания технического состояния оборудования по совокупности его виброакустических характеристик, выявления имеющихся или развивающихся дефектов и определения оптимальных сроков проведения ремонтных работ.

Техническая база ОФС основана на том, что существует взаимосвязь между возможными техническими неисправностями агрегата и диагностическими параметрами, которые можно контролировать.

Основой обслуживания по фактическому техническому состоянию является вибромониторинг оборудования. Наблюдение за развитием и применением средств измерений показывает, что предприятия (особенно крупные) начинают осуществлять программу ОФС именно с распознавания и определения состояния оборудования при помощи мониторинга вибрации и, получив экономический эффект, внедряют и другие технические новинки в этой области. Затраты на вибромониторинг и вибродиагностику, в случае добросовестного, обоснованного и систематического применения, обычно окупаются за время от 2 до 6 месяцев использования.

Обслуживание оборудования по фактическому техническому состоянию базируется на применении ряда методов технической диагностики и распознавания технических состояний, которые, в сочетании, позволяют определять большую часть различных дефектов, возникающих в технологическом оборудовании предприятия.

Идея *проактивного технического обслуживания* оборудования заключается в обеспечении максимально возможного межремонтного срока эксплуатации оборудования за счет применения современных технологий обнаружения и подавления источников отказов.

Основой ПАО являются:

- идентификация и устранение источников повторяющихся проблем, приводящих к сокращению межремонтного интервала оборудования;
- устранение или значительное снижение факторов, отрицательно влияющих на межремонтный интервал или срок эксплуатации оборудования;
- распознавание состояния нового и восстановленного оборудования с целью проверки отсутствия признаков дефектов, уменьшающих межремонтный интервал;
- увеличение межремонтного интервала и срока эксплуатации оборудования за счет проведения монтажных, наладочных и ремонтных работ в точном соответствии с техническими условиями и регламентом.

ПАО базируется на применении нескольких компонентов, сочетание которых дает максимальный эффект:

- анализ причин внеплановых остановов, аварий, укороченных межремонтных интервалов, включающий выявление повторяющихся проблем, возникающих при эксплуатации оборудования;
- безукоризненное соблюдение требований технических условий при монтаже и ремонте агрегата и исследование вибрации при выводе из ремонта могут значительно продлить последующий межремонтный интервал;
- оценка технического состояния агрегата после ремонта;
- входной и выходной контроль;
- кадровое обеспечение ПАО.

### **Программа обеспечения надежности механического оборудования**

Реализация программы ОНМО заключается в определении необходимого баланса объемов выполнения стратегий ППР, ОФС и ПАО. Эти стратегии повышения надежности отнюдь не являются независимыми. Их рациональное совместное выполнение усиливает результат, компенсируя недостатки каждой из них, и приводит к достижению максимальной

и стабильной производительности оборудования. Основой ОНМО является ОФС. Точная информация о состоянии механического оборудования, обеспечиваемая проведением вибромониторинга, делает возможным и рентабельным на основе функционально-стоимостного анализа правильный баланс ППР и ПАО. Кроме экономического, технического и информационного эффекта, который ОФС обеспечивает в достаточно короткий период, современные технические средства контроля и повышение квалификации специалистов, необходимые для осуществления ОФС, обеспечивают прочный фундамент для внедрения других программ ОНМО.

Программа ОНМО при реализации должна обеспечить:

- исключение внеплановых остановок (внезапных отказов) оборудования при достижении максимально длительного полезного срока службы дорогостоящего оборудования;
- постоянное наличие (представление) информации о состоянии оборудования, позволяющее судить о состоянии общей производительности, а также прогнозирование и планирование потребности в обслуживании;
- обеспечение равномерной прогнозируемой и обоснованной загрузки ремонтного персонала, совместное планирование графиков и объемов обслуживания ремонтными и технологическими службами;
- снижение эксплуатационных затрат предприятия, увеличение прибыли, повышение безопасности труда, охраны окружающей среды, качества продукции и сокращение отходов.

Эффективное приложение практики ОНМО может значительно уменьшить вероятность внезапного отказа, особенно в начальный и заключительный период эксплуатации.

Функционально-стоимостной анализ – это исследование полезного эффекта создаваемой продукции, приходящегося на единицу затрат с целью оптимизации технических решений и значений параметров продукции или ее составных частей. В данном случае под продукцией понимается сама программа ОНМО. С первого шага реализации программы ОНМО следует утвердить на уровне руководителя предприятия показатели (индексы), по которым будет происходить оценка ее действенности, и обеспечить регистрацию этих показателей заинтересованными службами предприятия.

Внедрение технологии вибромониторинга и диагностики оборудования на современном этапе является актуальным решением задачи повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности.

#### Литература

1. Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования // Москва, 1996. – С. 1-1–3-22.