

## **Опыт использования переносных экспертных систем «ДИЭС» на оборудовании нефтеперерабатывающих предприятий**

А.А.Мынцов, М.В.Кочнев, О.В.Мынцова, Д.В.Соколов

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности и формирования себестоимости продукции. Квалифицированное использование средств диагностики решает целый ряд проблем в организации обслуживания агрегатов:

- эксплуатация оборудования с учетом его вибросостояния;
- выявление скрытых дефектов и разработка рекомендаций по их устранению;
- определение сроков вывода оборудования в ремонт по фактическому техническому состоянию;
- контроль и оценка технического состояния агрегатов при их приемке после монтажа, ремонта и в процессе эксплуатации;
- оценка качества ремонта оборудования, состояния фундаментов на основании проведенных виброизмерений.

Это позволяет исключить внеплановые остановки оборудования. Прогнозирование состояния проводится в целях полного использования ресурса путем определения рациональных сроков и объемов ремонтных воздействий. Диагностирование оборудования, не оснащенного стационарными системами виброконтроля, осуществляется периодически с применением переносной виброаппаратуры и персональных компьютеров, оснащенных соответствующими экспертными программами, например, «ДИЭС» производства ЗАО «ПромСервис». При ее создании разработчики руководствовались требованиями «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», «Методических рекомендаций по проведению диагностических измерений центробежных компрессорных машин и центробежных насосных агрегатов», УО 38.12.007-87 «Центробежные компрессоры. Общие технические условия на ремонт», УО 38.12.018-94 «Центробежные насосы Общие технические условия по ремонту», ГОСТа 20815-93, РД 34.45.51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования», международного стандарта ISO 10816.

Переносные диагностические системы ЗАО «ПромСервис» эксплуатируются в таких нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих структурах как Роснефть, ЛУКОЙЛ, Сибнефть, Транснефть, и на других предприятиях России и стран СНГ.

Приведем общее описание систем, опыт их эксплуатации на нескольких предприятиях, оценку источников экономического эффекта.

### **Общее описание переносных систем**

Цели использования переносных диагностических систем:

1. Исключение аварийных остановок и простоев оборудования.
2. Исключение проведения внеплановых, неподготовленных ремонтов.
3. Оптимизация планирования ремонтов по объемам и срокам.
4. Определение рациональной продолжительности и сроков ремонта.
5. Уменьшение расхода запчастей, затрат на ремонт и обслуживание оборудования.
6. Статистический анализ причин поломок оборудования.

Существуют два вида диагностических измерений:

- контрольные измерения;
- специальные измерения.

Контрольные измерения предназначены для оценки технического состояния агрегата в целом, а также отдельных его узлов.

Специальные диагностические измерения предназначены для выявления дефектов, разработки рекомендаций по их устранению и определению сроков вывода оборудования в ремонт по фактическому техническому состоянию.

#### **Дадим краткую техническую характеристику предлагаемой системы**

Переносная диагностическая экспертная система "ДИЭС" предназначена для определения технического состояния агрегатов в процессе их штатной эксплуатации на основе анализа виброакустических шумов.

Система включает в себя спектроанализатор для измерения, обработки, хранения сигналов и спектров виброускорения, а также программное обеспечение, устанавливаемое на ЭВМ, и позволяет по измеренным виброакустическим характеристикам на подшипниковых опорах механизмов в автоматическом режиме (без участия оператора), определить техническое состояние оборудования, и распознать целый ряд механических и электрических дефектов.

Диагностируемые состояния в основном определяются из конструкции объекта контроля, согласовываются с Заказчиком в технических требованиях (техническом задании) и обычно включают в себя основные механические и электрические дефекты.

Протокол диагностирования отображает мнемосхему агрегата, перечень обнаруженных неисправностей, значения виброскоростей на опорах, рекомендуемую дату следующего осмотра, список необходимых ремонтных работ. Форма протокола может редактироваться по желанию Заказчика. Результаты диагностирования хранятся в архивах, которые позволяют просматривать состояние агрегата за любую дату.

Система позволяет прогнозировать состояние диагностируемого оборудования на определенный срок, например, к очередному ППР, определять дату следующего освидетельствования, отслеживать развитие дефектов агрегата.

Принципиальной особенностью систем, разрабатываемых в ЗАО «ПромСервис», является определение состояния всех узлов агрегатов в комплексе, т.е. с учетом влияния их поведения друг на друга. Это позволяет не только определять имеющиеся неисправности и прогнозировать их развитие, но и при дальнейшем анализе выявлять их первопричину.

Помимо режима автоматической постановки диагноза, предусмотрен весь необходимый спектр возможностей для визуального анализа и сопоставления результатов измерений, с указанием расчетных значений диагностических параметров и характеристических частот признаков дефектов.

Структура базы данных повторяет реальную структуру предприятия и содержит перечень всего диагностируемого оборудования Заказчика. Предусмотрена возможность получения сводных отчетов о состоянии оборудования подразделений, цехов, выдача сводных нарядов на ремонты и обследования.

Опытным пользователям «ДИЭС» позволяет самостоятельно создавать собственные правила расчета измеренных виброакустических характеристик, и определять новые диагностические параметры, которые могут принимать участие в распознавании неисправностей. В случаях, когда это необходимо, предусмотрен режим ручного ввода данных. Это позволяет учитывать при постановке диагноза дополнительные характеристики, полученные от специализированных приборов или датчиков технологических процессов.

Таким образом, программа нового поколения «ДИЭС», поставляемая ЗАО «Промсервис», позволяет:

- ❖ быстро начать эксплуатацию после минимального обучения персонала и без предварительного набора статистики;

- ❖ вести периодический и выборочный контроль оборудования по значениям вибрации и другим технологическим параметрам, обращая особое внимание на агрегаты, имеющие отклонения от нормального состояния;
- ❖ включать в систему большое число агрегатов, расположенных зачастую на значительном расстоянии друг от друга и центра контроля и диагностики, в отдаленных и неудобных местах;
- ❖ более рационально использовать высококвалифицированные кадры;
- ❖ постепенно приобретать дополнительные программные блоки для расширения сервисных возможностей программы;
- ❖ определять состояние всех узлов агрегатов в комплексе, т.е. с учетом влияния их поведения друг на друга, что позволяет не только выявлять имеющиеся неисправности и прогнозировать их развитие, но и определять их первопричину при дальнейшем анализе;
- ❖ использовать по выбору сборщики–анализаторы фирм ПРИЗ, ДИАМЕХ, ОргТехДиагностика;
- ❖ создавать собственные правила определения диагностических состояний, вплоть до создания диагностических признаков любого типа и способа внедрения их значений в программу.

**Знание состояния эксплуатируемого оборудования позволяет решить сразу несколько основных проблем персонала:**

1. Уточнение времени вывода агрегата в ремонт.
2. Возможность принятия агрегата после ремонта.
3. Увеличение эксплуатационной надежности функционирования оборудования.

Рассмотрим более подробно эти проблемы.

Для всего оборудования в начале года составляется график выполнения ППР. Чаще всего эта периодичность зависти от норм, указанных заводом-изготовителем, а также от наработки и статистики, накопленной персоналом данного предприятия на основе анализа частоты выхода из строя узлов агрегата.

При возможности определения реального состояния оборудования периодичность ТО может быть изменена в сторону увеличения межремонтного периода. Только в первое время после внедрения диагностирования увеличиваются затраты на ремонт для ряда агрегатов. Это связано с устранением дефектов, которые либо сразу присутствовали в агрегате (например, неверно выполнена динамическая балансировка вала), либо дефекты, приобретенные в процессе монтажа (например, подводящие трубопроводы вызывают напряжения, которые со временем меняют ориентацию отдельных блоков агрегата и обуславливают появление значительных несоосностей). Выявление и последующее устранение первопричины позволяет не только нормализовать работу объекта, но и существенно уменьшить эксплуатационные затраты на ремонтный персонал и запасные части.

К сожалению, контроль лишь величин вибрации на опорах, регламентированный ГОСТ ИСО 2372 и частью 3 ГОСТ ИСО 10816-3-99, не может дать полной информации об оборудовании. Даже при превышении допустимых норм не становился ясно, в чем причина этой повышенной вибрации. Разделение зон вибрационного состояния на 4 диапазона (А, В, С, Д) свидетельствует, что уже агрегат с вибрацией в зоне С считается непригодным для длительной непрерывной эксплуатации. Поэтому в ГОСТ ИСО 10816-3-99 предлагается уже при превышении начала зоны С в 1,25 раза остановить машину.

Выявление причины вибрации на остановленном оборудовании – это сложный трудоемкий процесс. Сюда включается ревизия всех узлов, ведется проверка всех креплений и сочленений с разборкой и последующей сборкой агрегата. И все же не всегда эти работы дают положительный результат, т.к. далеко не все дефекты можно увидеть «невооруженным

глазом» на статическом оборудовании. Для этого требуются специальные методы и оборудование, например, динамическая балансировка валов или проверка правильности укладки валов-шестерен редукторов. Поэтому предпочтительнее выполнять периодические работы по диагностированию оборудования с выявлением конкретных дефектов на ранних стадиях, прогнозировать их развитие и определять допустимый предел дефекта в процессе штатной эксплуатации агрегатов.

Еще более сложен или, точнее, непонятен принцип выбора критерия для принятия агрегата в эксплуатацию после ремонта или монтажа. Существует несколько документов, предлагающих принимать в эксплуатацию агрегаты, вибрация которых не превышает верхнюю границу зоны А. Но зачастую это требование не выполнимо! Главное, не ясна причина, по которой вибрация агрегата не укладывается в необходимый диапазон. Экспертная система ДИЭС позволяет легко настраиваться на приемочные испытания: в этом случае определяются зарождающиеся или слабые дефекты. Знание о них позволяет персоналу либо устранить их, если это возможно, либо принять агрегат в работу, если причина не устранена в рамках запланированного ремонта (например, перезаливка фундамента). И в том и в другом случае система диагностирования необходима для фиксации начального состояния машины. В случае нового агрегата эта информация требуется для вибропаспортизации агрегата.

Современные требования к обеспечению работоспособного состояния механического оборудования требуют минимизации затрат на проведение ремонтов, а решение данной задачи возможно лишь на основании информации о фактическом состоянии оборудования. Практическая реализация проблемы - создание служб технического диагностирования оборудования

Использование экспертных систем диагностики на основе анализа виброакустических шумов в большой мере решает эту задачу. Регулярный контроль вибрации при помощи простых виброметров и периодическое диагностирование с помощью экспертной системы, например, «ДИЭС», позволяют определить техническое состояние агрегата. Периодичность измерения вибрации может соответствовать регулярным обходам своего оборудования механиками цехов. Периодичность проведения диагностики определяется фактическим состоянием объекта и рекомендуется экспертной системой.

На основе обширного накопленного опыта работы на десятках предприятий и принимая во внимание уже сложившуюся систему обслуживания и ремонта оборудования, специалисты ЗАО «ПромСервис» разработали основные принципы обслуживания оборудования:

- ❖ **Механик цеха:** регулярный контроль вибрации. При обнаружении повышенных вибраций вызывают инженера службы технического надзора;
- ❖ **Инженер службы технического надзора (СТН):** периодическое диагностирование с указанием неисправностей и объемов ремонта. Обход оборудования по вызову службы механика, а также в соответствии с графиком или по рекомендации системы диагностирования. В случае возникновения необходимости ремонта, с помощью системы создается наряд на ремонт, который передается в РМЦ;
- ❖ **Ремонтная служба (РМЦ):** выполнение работ в соответствии с дефектной ведомостью, составленной СТН. После окончания ремонта дефектная ведомость с реально обнаруженными неисправностями передается в службу технического надзора;
- ❖ **Инженер службы технического надзора:** прием оборудования после ремонта с указанием возможности эксплуатации агрегата, а при высоких значениях вибрации или наличия средних и сильных дефектов - выдача заключения об отказе в приемке.

## Опыт применения

Итак, на всех жизненных стадиях оборудования необходимо знать его техническое состояние. Это позволит реорганизовать систему ремонтов – совместить ППР с ТОС. Тем самым продлить срок службы оборудования, обеспечить уверенную эксплуатацию для персонала, оптимизировать использование финансовых средств. Результаты диагностирования могут служить входной информацией для создания АСУ «Ремонт» в рамках системы АСУ управления предприятием.

В качестве примера приведем результаты эксплуатации этих систем на двух предприятиях металлургической промышленности.

**«Алтайский Коксохимический Комбинат», г. Заринск**, приобрел переносную систему диагностирования оборудования роторного типа производства ЗАО «Промсервис» в 1995 году. Интенсивная и регулярная работа персонала с этой системой позволила на Алтайском коксохимическом комбинате проводить обслуживание свыше 200 единиц оборудования с учетом его реального состояния. При этом значительно сократились сроки ремонтов из-за их своевременного планирования и обеспечения необходимыми запасными частями и материалами. За последние два года прекратились аварийные выходы из строя оборудования. Окупаемость систем составила от 1-го до 6-и месяцев в разных подразделениях комбината. На момент приобретения, комплект системы состоял из сборщика-спектроанализатора ПР-90 и программного обеспечения «Диагностика», работающего под DOS. Специалистами Разработчика была проведена полная настройка системы и обучение персонала.

Уже на стадии демонстрации системы, был выявлен сильный дефект подшипника качения на молотковой дробилке и износ стержней молотков, а также ослабление фундаментных оснований на воздуходувках. Своевременный ремонт дробилки предотвратил возникновение аварийной ситуации, причем затраты на ее устранение, по предварительной оценке, превзошли бы общую стоимость всей системы. По рекомендации специалистов ЗАО «ПромСервис» была проведена работа по усилению фундаментных оснований воздуходувок, в результате которой уменьшился износ подшипников на агрегатах.

В последующие годы были дополнительно приобретены несколько сборщиков-спектроанализаторов ПР-90 и ВДП-1010, а также приборы нового поколения ПР-200Ех, получена обновленная версия программного обеспечения «ДИЭС». В настоящее время в эксплуатации находятся 10 приборов, что позволило расширить базу диагностируемого оборудования до 800 единиц: дробилки, дымососы, воздуходувки, конвейеры, нагнетатели коксового газа, центрифуги, вентиляторы, турбогенераторы, насосы.

На предприятии была создана группа диагностики. За каждым цехом закреплен человек, который проводит обследование всего вращающегося оборудования цеха. На основании его рекомендаций, механик цеха планирует работы на следующий месяц, тем самым сокращается время простоя оборудования, осуществляется заблаговременная подготовка к ремонту, в результате достигается большая эффективность самого ремонта.

Благодаря принятым мерам, удается более точно планировать работу ремонтных служб в цехах завода, и, в конечном итоге, к концу девяностых годов была успешно предпринята попытка отказа от графиков ППР и переход на обслуживание по состоянию. Контроль и диагностика обследуемых агрегатов позволили существенно улучшить состояние эксплуатируемого оборудования за счет выявления и устранения мелких и средних дефектов.

За период эксплуатации системы диагностирования, был выявлен ряд существенных неисправностей и предотвращены аварийные ситуации:

- ❖ При вводе в эксплуатацию нового котла на ТЭЦ, при детальном обследовании дутьевого вентилятора, было выявлено, что фундамент слабый, анкерные болты не закреплены, и, по рекомендации службы диагностики, фундамент был полностью переделан.
- ❖ На конвейере У-1 обнаружен сильный износ подшипника. Был произведен своевременный переход на резервный конвейер. Вскрытие конвейера подтвердило диагноз, принятые меры предотвратили аварийную остановку.
- ❖ На молотковой дробилке выявлен неравномерный износ молотков, и проворачивание подшипника - выполнены своевременная остановка и ремонт.
- ❖ Воздуходувка 154 - дисбаланс ротора воздуходувки, произвели балансировку - вибрация в норме.

Специалистами службы диагностики производится балансировка рабочих колес в собственных опорах с помощью приборов ВДП-1010 и ПР200Ех.

В 1998 году ЗАО «Русская Металлургическая Компания», г. Магнитогорск, была приобретена подобная система. В настоящее время в группе технической диагностики и надежности (ТДиН) ОГМ ЗАО «Русская Металлургическая Компания» работает 4 инженера-механика. Техническая оснащенность группы:

- ❖ 4 вибродиагностических прибора «ПРИЗ» (ВДП-1010 и ПР-200Ех);
- ❖ 1 вибротестер;
- ❖ 1 толщиномер;
- ❖ 3 компьютера с программным обеспечением.

Под постоянным контролем группы ТДиН находится 96 агрегатов (дымососы, дробилки, хим.насосы), диагностика которых проводится согласно графику и по результатам предыдущих замеров. Остальные из 260 агрегатов, внесенных в программу, подвергаются разовому контролю по заявкам механиков цехов.

В 2000 году была поставлена новая версия программы по диагностике механического оборудования роторного типа (под Windows), на которую был произведен перевод накопленных данных диагностируемых агрегатов. Новые возможности позволили группе технической диагностики и надежности в настоящее время продолжить успешное внедрение системы технической диагностики и быть важным звеном ОГМ в деле обеспечения стабильной работы оборудования в условиях непрерывного роста производства.

Таким образом, в результате регулярного применения результатов диагностирования и рекомендаций системы «ДИЭС» достигается **значительный экономический эффект** за счет:

1. Раннего обнаружения неисправностей и своевременного принятия мер по предотвращению их развития.
2. Отказа от проведения регламентных работ на исправном оборудовании.
3. Правильного планирования ремонтов оборудования в период ППР.
4. Предотвращения внезапных отказов и аварий на объектах диагностирования.
5. Снижения запасов запчастей.
6. Продления ресурса работы объектов диагностирования.