

Стационарные и переносные системы вибромониторинга для контроля технического состояния динамического оборудования на предприятиях металлургии



В статье представлены стационарные системы «САДКО» и переносные системы ДИЭС, которые позволяют определять в автоматическом режиме десятки типов механических и электрических дефектов, вызывающих повышенную вибрацию машин и механизмов.

АО «Промсервис», г. Димитровград, Ульяновская обл.

Оптимизация затрат на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования способствует повышению эффективности управления производством, и это важная цель для любого металлургического предприятия, холдинга, объединения. Для достижения этой цели необходимо развивать направление технологического диагностирования, которое осуществляется с применением средств технической диагностики на базе различных методов неразрушающего контроля.

Такая работа включает несколько этапов:

- оснащение различных служб завода необходимыми средствами технической диагностики;
- организация мониторинга технического состояния всего парка технологического оборудования с применением переносных, стендовых и стационарных систем технического диагностирования, основанных на различных методах неразрушающего контроля. Мониторинг выполняют специалисты диагностической и (или) цеховых служб;
- оптимизация ремонтного процесса в части организации мероприятий по балансировке, входному и выходному контролю;
- внедрение экспертных систем автоматического диагностирования для оптимизации использования возможностей специалистов-диагностов;

▸ обучение персонала, разработка необходимого методологического обеспечения;

▸ внедрение единого диагностического пространства на базе платформы ДИЭС, интегрированной в общезаводские информационные системы.

АО «Промсервис» с 1992 года производит и внедряет стационарные и переносные системы мониторинга и вибродиагностики. Стационарная система контроля, диагностики и защиты динамического оборудования «САДКО», разработанная и выпускаемая компанией, успешно эксплуатируется на крупнейших предприятиях металлургической (Магнитогорский металлургический комбинат, ОЭМК им. А. А. Угарова, ПАО «НЛМК»), нефтеперерабатывающей промышленности (ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «НК «Роснефть», АО «Независимая нефтегазовая компания»), на АЭС, предприятиях ТЭК, нефтехимической («СИБУР Холдинг» и пр.), химической и других отраслей промышленности. Система «САДКО» — это полностью российская разработка, которая имеет сертификат об утверждении типа средства измерений, взрывозащищенное исполнение, положительные заключения о соответствии требованиям электромагнитной совместимости, сейсмостойкости, устойчивости к воздействиям механических факторов и пр. ПО «САДКО» и ДИЭС (диагностическая экспертная система

автоматического диагностирования) имеют свидетельства о регистрации программного обеспечения и включены в реестр Минцифры как ПО российского происхождения.

Применение на предприятиях металлургии и других отраслей

Применять систему «САДКО» можно для диагностирования большого спектра промышленных машин и механизмов. Поскольку в статье мы рассматриваем предприятия металлургии, перечислим только оборудование металлургических и горнодобывающих компаний, которое можно эксплуатировать, используя методы вибрационного диагностирования с автоматической постановкой диагноза. В металлургии это прокатные станы, насосное и компрессорное оборудование, транспортно-конвейерное и пр. На горно-обогатительных комбинатах система диагностирования может быть внедрена на дробильно-размольном и транспортно-конвейерном оборудовании, на насосах разной конструкции и типов, на компрессорных установках, грохотах, концентраторах, сушителях, флотомашинах и т. д.

Заслуживает внимания случай, имевший место на одном металлургическом комбинате. В паросиловом цехе комбината на нагнетателях газоочистки продукты сгорания налипали на лопасти рабочего колеса, из-за чего даже после частых текущих ремонтных



Рис. 1. Соответствие трендов вибрации и развития контролируемого дефекта «Дисбаланс рабочего колеса»

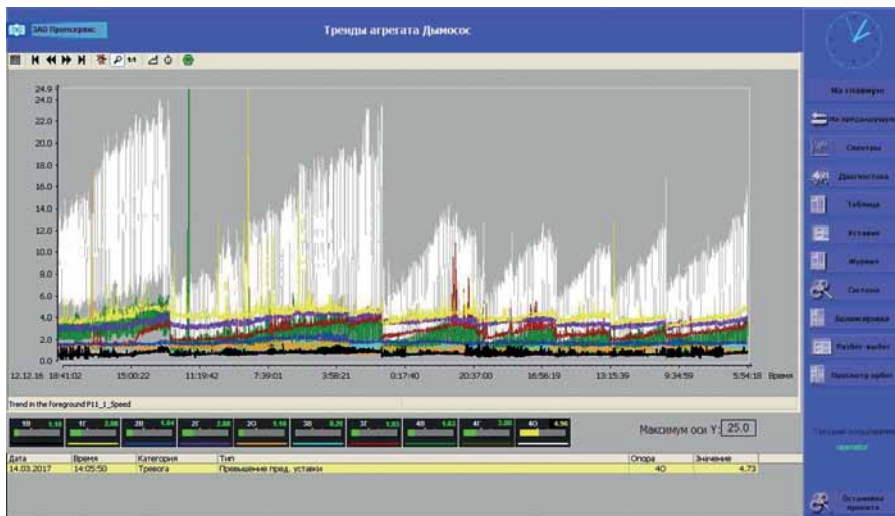


Рис. 2. Тренд вибрации до и после учета результатов автоматического диагностирования

и виброналадочных работ вибрация довольно быстро достигала аварийных показателей.

По решению руководства цеха нагнетатель с синхронным электродвигателем мощностью 2 МВт был оснащен стационарной системой вибромониторинга «САДКО», и система немедленно начала указывать на развитие дефекта «Дисбаланс рабочего колеса», тренд которого характерно совпал с трендом общего уровня вибрации (рис. 1).

Оперативный персонал, который с помощью системы «САДКО» контролировал увеличение дисбаланса и общего уровня вибрации, подобрал оптимальную периодичность промывки рабочего колеса, позволяющую не доводить вибрационное состояние на-

гнетателя до аварийно опасных показателей. Как можно судить по трендам вибрационного состояния (рис. 2), периодичность промывки участилась в два раза, но и максимальные вибрации, при которых эксплуатируется нагнетатель, уменьшились вдвое. Это

Верть, %	Сила	Описание дефекта
23.75	1.093	Дисбаланс ротора ЭД
16.76	1.032	Параллельная несоосность валов
0	0.7485	Угловая несоосность

позволило улучшить общие экономические показатели технологического процесса.

Однако рост дисбаланса из-за налипания продуктов на лопасти рабочего колеса был не единственной проблемой, которую обнаружила стационарная система вибромониторинга «САДКО». Выяснилось, что на задней выносной подшипниковой опоре произошло ослабление крепления. Проявлялся данный дефект ростом осевой вибрации, причем синхронно с ростом величины дисбаланса. Заключение, сформированное в автоматическом режиме, было подтверждено в процессе дополнительного анализа орбит.

Через месяц после внедрения системы «САДКО» заменили электродвигатель. После приемки оборудования из ремонта система не выявила дефектов. Но, поработав несколько часов, двигатель прогрелся, и ситуация кардинально изменилась: выросла вибрация и проявились дефекты центровки (рис. 3).

Агрегат был выведен в ремонт, и были оперативно выполнены наладочные работы по укреплению опорной системы. После этого нагнетатель вышел в эксплуатацию с отличными показателями. То есть сразу после замены непрерывный мониторинг не обнаружил дефектов, но по мере прогрева и приработки система отследила их развитие, что позволило на начальном этапе эксплуатации устранить несоответствия.

Таким образом, за полгода эксплуатации стационарная система вибромониторинга «САДКО» помогла выявить объективную картину технического состояния нагнетателя как во время эксплуатации, так и после проведенных ремонтных работ, спланировать своевременное техническое обслуживание и существенно снизить

Верть, %	Сила	Описание дефекта
95	1.38	Дисбаланс ротора ЭД
95	2.055	Параллельная несоосность валов
95	1.817	Угловая несоосность

Рис. 3. Результат автоматического диагностирования при включении нагнетателя и после прогрева

затраты на проведение виброналадки, притом что в большинстве случаев использовалась лишь встроенная система промывки.

На другом примере из практики продемонстрируем возможности мобильной системы автоматического диагностирования с ПО ДИЭС, которое позволило выполнить наладку оборудования.

На промышленном предприятии проводились работы по виброналадке турбокомпрессора К-1500 (производство азота и кислорода). Одним из приводов на установке был электродвигатель мощностью 10 МВт. При его пуске на холостом ходу наблюдалась высокая вибрация, не позволяющая его эксплуатировать. Специалисты предприятия неоднократно пытались отбалансировать блок, но это не приводило к стабильно хорошим результатам, поэтому компания обратилась в АО «Промсервис».

С помощью ПО ДИЭС было проведено предварительное диагностирование, которое выявило дефекты «Отсутствие жесткости крепления» и «Негоризонтальная установка». После исключения этих дефектов было выполнено повторное диагностирование, показавшее наличие дисбаланса вала. Аккуратная балансировка с помощью прибора OneProd Falcon (Франция) позволила привести агрегат в нормальное состояние. Кроме того, специалисты АО «Промсервис» проконтролировали штатную технологию пуска тяжелых машин, что в конечном итоге позволило продолжить эксплуатацию этого агрегата, а не выполнять дорогостоящие работы по замене электродвигателя.

Исполнения и функциональные возможности системы вибромониторинга «САДКО»

Теперь рассмотрим функциональность, построение и элементы системы вибромониторинга «САДКО». Система выполняет следующие основные функции:

- ▶ обеспечивает оперативный эксплуатационный контроль технического состояния динамического оборудования: мониторинг параметров вибрации и технологических процессов;

- ▶ автоматически диагностирует техническое состояние агрегата с заданной периодичностью;

- ▶ своевременно информирует оперативный персонал о развитии аварийно опасных ситуаций;

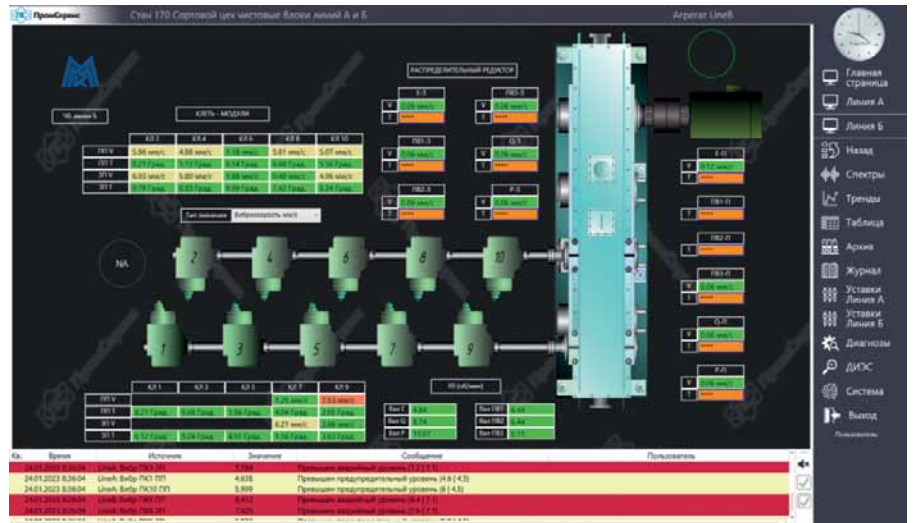
- ▶ вырабатывает сигналы на защиту и сигнализацию (при необходимости).

То есть «САДКО» реализует все основные функции и интерфейсные решения, которые представлены в стационарных комплексах мониторинга ведущих иностранных производителей.

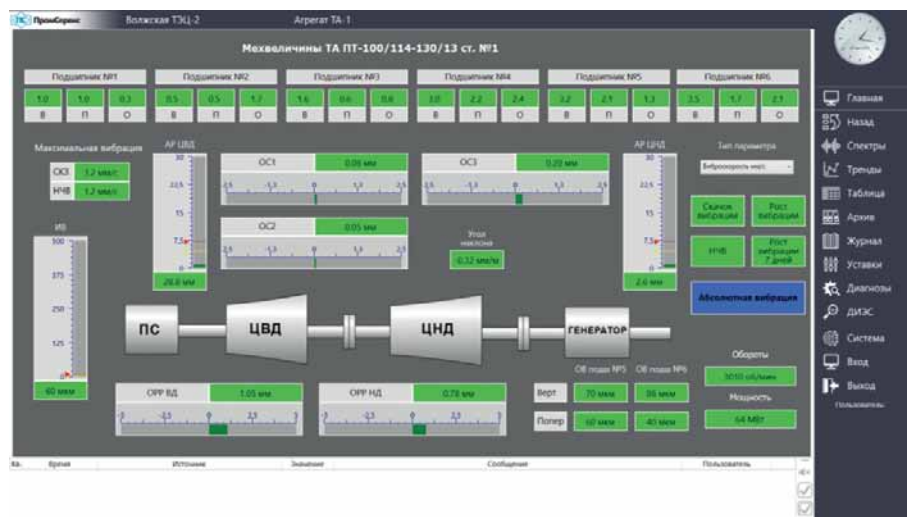
Система вибромониторинга имеет распределенную структуру и включает в себя датчики, контроллеры, аппаратные средства организации связи, серверы обработки и хранения данных, рабочие станции специалистов. Всё это – унифицированное оборудование, выпускаемое серийно и имеющее аналоги.

Датчики вибрации устанавливаются быстроразъемным способом, что позволяет не нарушать конструкцию и эксплуатационные характеристики оборудования. Их монтаж и демонтаж выполняется удобным и безопасным способом. От датчиков сигналы поступают в контроллеры. Специальные схемные решения, применяемые в «САДКО», обеспечивают высокую помехозащищенность и достоверность измерений.

Система «САДКО» производится в стоечном, полевом или мобильном исполнении, что предусматривает разную комплектацию. Стоечное исполнение включает в свой состав контроллеры и сервер, которые размещены в едином корпусе стойки, расположенной в помещении серверной. У полевого исполнения контролл-



а



б

Рис. 4. Главное окно «САДКО»: а – металлургический комбинат, сортовой цех, чистовые блоки; б – турбоагрегат, мехвেলеличины

леры помещены в корпуса (шкафы подвесного исполнения) и находятся в непосредственной близости от контролируемого оборудования, а информация передается на сервер и в оперативную. Мобильное исполнение — это переносной сборщик-виброанализатор и экспертное ПО автоматического

диагностирования ДИЭС, установленное на АРМ диагноста.

С помощью светофорных пиктограмм система отображает техническое состояние контролируемого оборудования на рабочих станциях операторов и удаленных рабочих местах (рис. 4). Цвет пиктограммы — обобщенный по-

казатель, обозначающий как уровень вибрации, так и другие параметры. Также система может информировать персонал о состоянии оборудования световой сигнализацией и звуковым сигналом через устройство оповещения.

Все результаты измерений и анализа автоматически архивируются в стандартной базе данных PostgreSQL, MS SQL. Просмотр и обработка результатов измерений реализованы в многофункциональном графическом анализаторе (рис. 5). «САДКО» отображает как измеренные значения в реальном времени, так и архивные данные. Перечислим данные, отображаемые системой:

- ▶ СКЗ виброскорости в полосе частот 10–1000 Гц и 2–1000 Гц согласно ГОСТ 20816;

- ▶ технологические параметры;
- ▶ текущие и архивные тренды контролируемых параметров (вибрации, по всем параметрам, по выбранным параметрам, экспресс-просмотр тренда одного параметра) с настраиваемым периодом отображения за временной интервал до 10 лет (рис. 6);

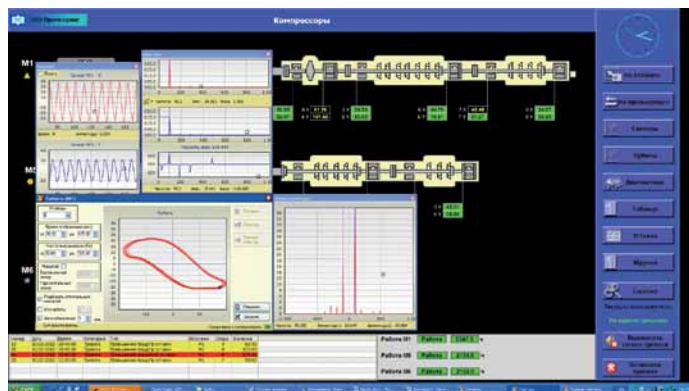
- ▶ сигналы и спектры (мгновенные спектры, сигналы вибрации, спектры огибающей ВЧ-сигнала, полные спектры);

- ▶ скорость изменения трендов;
- ▶ фазовые характеристики (при наличии датчиков), например, разность фаз между датчиками или между датчиком и фазоотметчиком, орбиты положения вала как по отдельным гармоникам, так и по их сумме (по выбранной опоре, по всем опорам одновременно).

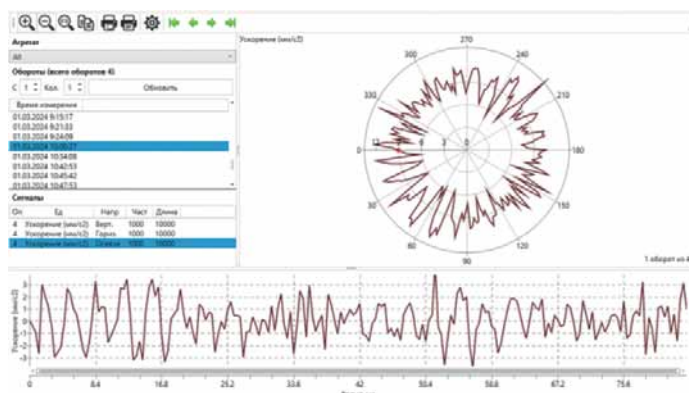
«САДКО» автоматически определяет и регистрирует включенное/выключенное состояние агрегатов, ведет подсчет наработки разных видов, имеет встроенный инструмент самодиагностики. Система способна получать и обрабатывать информацию о состоянии контролируемых параметров из систем АСУ ТП, формировать дискретные и релейные сигналы блокировки аварийных агрегатов в ПАЗ по комплексному анализу этих параметров. Двусторонний обмен информацией с другими системами обеспечивает коммуникационный модуль «САДКО» по протоколам Modbus и OPC, но возможна доработка, позволяющая передавать данные по другим протоколам.



а



б



в

Рис. 5. Примеры отображения информации в многофункциональном графическом анализаторе: а — спектры агрегата; б — траектория ротора, сигналы, спектр разности фаз, полный спектр вибрации ротора; в — графики в полярных координатах

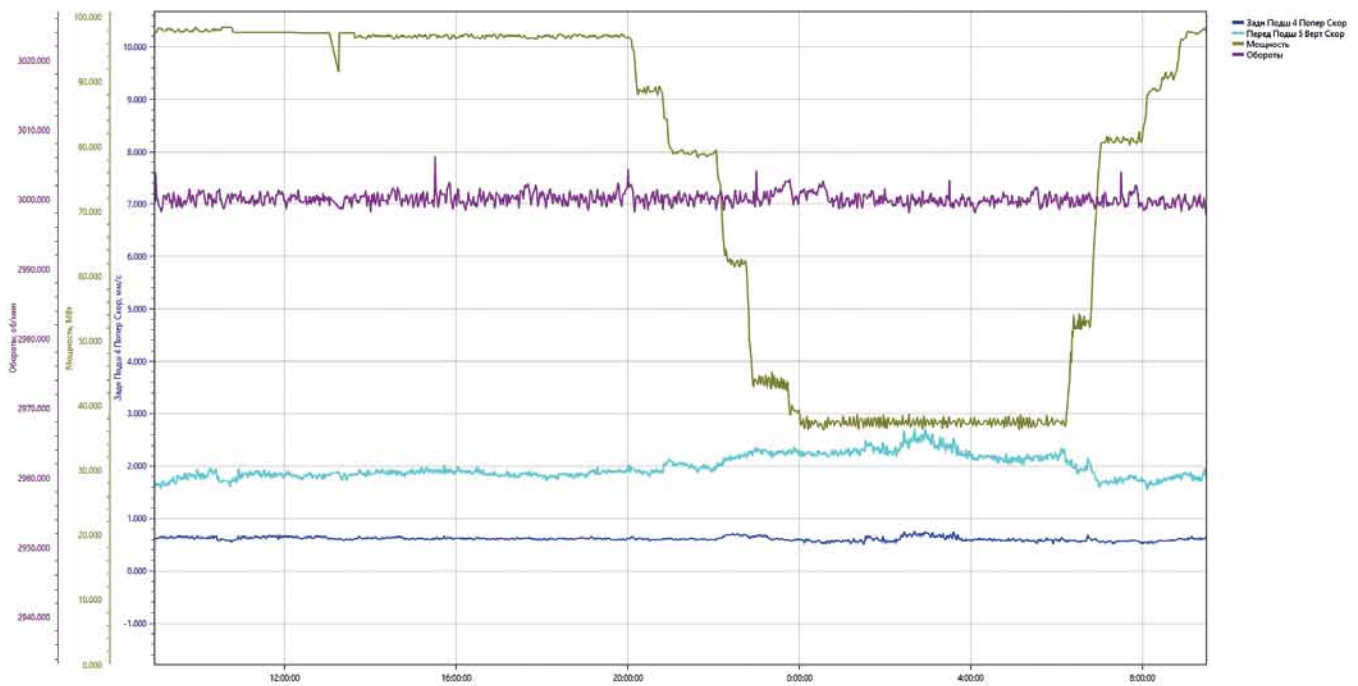


Рис. 6. Тренды параметров разных типов: совместный просмотр

«САДКО» – открытая система, позволяющая добавлять расчетные блоки: на основании измеренных или считанных значений параметров можно добавить расчет, например, КПД компрессора и других параметров по формулам.

Предусмотрена возможность удаленного подключения к «САДКО» как по локальной сети предприятия, так и через веб-сервис (по интернету). Можно организовать дополнительные рабочие места для специалистов и руководителей разного уровня, чтобы иметь возможность просматривать данные о состоянии оборудования через интернет. При предоставлении разрешения на удаленный доступ к данным системы АО «Промсервис» выполняет сопровождение системы (рекомендации, консультации, контроль состояния оборудования и пр.) в течение 1 года. Техническая поддержка и обновление системы выполняются на протяжении всего периода эксплуатации.

«САДКО» – расширяемая и наращиваемая система, то есть в процессе эксплуатации можно увеличивать количество измерительных каналов разного типа. На настоящий момент АО «Промсервис» ведет работы по переводу «САДКО» на платформу Linux.

Заключение

Стационарные системы «САДКО» и переносные системы ДИЭС позволяют определять в автоматическом режиме более пятидесяти типов механических и электрических дефектов. При этом достоверность диагностирования превышает 95%, что подтверждено результатами экспертизы методики диагностирования. Стационарные «САДКО» выполняют не только мониторинг и автоматическое диагностирование агрегатов, но и при необходимости реализуют функции защиты оборудования по измеренным параметрам с применением логических правил.

Любознательным специалистам-вибродиагностам предоставляемый инструмент позволяет рассчитывать весьма широкий набор информативных функций, что упрощает процесс верификации поставленных в автоматическом режиме диагнозов, позволяет проводить обучение специалистов методикам вибродиагностирования непосредственно в процессе их работы с ПО ДИЭС.

Система вибромониторинга «САДКО», разработанная и изготовленная АО «Промсервис», имеет сертификат об утверждении типа средств измерений № 26971-08 «Комплексы про-

граммно-технические САДКО» от 13.02.2023 и взрывозащищенное исполнение (2Ex nA [ia Ga] IIB T4 Gc). Она рассчитана на эксплуатацию в условиях непрерывного технологического процесса (круглосуточная работа в режиме 24/7), и при этом срок ее службы составляет не менее 20 лет. Межповерочный интервал – 3 года.

Наличие необходимых лицензий, сертификатов, собственной производственной базы и квалифицированного персонала позволяет АО «Промсервис» проводить полный комплекс работ по созданию стационарных систем «под ключ»: начиная с проектирования и заканчивая послегарантийным обслуживанием готовой системы. Система менеджмента качества АО «Промсервис» соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015 № НСС-RU-ДЦ01-К-00450-23.

А. А. Мынцов, директор
по вибродиагностике,

О. В. Мынцова, начальник СРП СДО,
А. В. Барышников, начальник службы
вибродиагностики,

АО «Промсервис», г. Димитровград,
Ульяновская обл.,

тел.: +7 (84235) 44-77-2, +7 (84235) 4-25-00,

e-mail: diagnost@promservis.ru,

сайты: psvibro.ru, www.promservis.ru/vibro.html