

ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В статье рассмотрены основные аспекты внедрения распределенного мониторинга состояния технологического оборудования на предприятиях черной металлургии с использованием различных аппаратно-программных средств технической диагностики, а также представлен обзор решений НПО «ДИАТЕХ», обеспечивающих его практическую реализацию.

Ключевые слова: *техническая диагностика, вибродиагностика, распределенный мониторинг, численность службы диагностики, оптимальное техническое обслуживание.*

Основной целью создания и развития направления технической диагностики является увеличение эффективности управления производством за счет оптимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт, исключения внеплановых и сокращения продолжительности плановых остановов, продления ресурса, увеличения межремонтных интервалов, повышения производительности, улучшения качества продукции и т.д. Достижение этой цели невозможно без применения комплексного подхода к вопросам практического внедрения технологий вибрационной диагностики, который подразумевает изучение специфики существующего на производстве технологического процесса, формирование оптимальной для данного технологического процесса стратегии эксплуатации и ремонта и поиск наиболее эффективных технических решений, в максимальной степени удовлетворяющих специфике решаемых задач. В рамках данного подхода должны быть решены следующие основные задачи:

- организация контроля состояния оборудования на всех этапах его жизненного цикла (монтаж – эксплуатация – ремонт);
- оптимальный выбор аппаратно-программных средств с учетом индивидуальных особенностей оборудования;
- внедрение стратегии распределенного мониторинга технического состояния всего парка технологического оборудования;
- переход на систему оптимального технического обслуживания и ремонта.

Любое новое оборудование нуждается в высококвалифицированном монтаже, а роль технологий вибрационной диагностики на этом этапе заключается в тщательном входном контроле вводимого в эксплуатацию оборудования. На стадии эксплуатации оборудования аппаратные и программные средства вибрационной диагностики призваны осуществлять контроль его вибрационных характеристик и своевременно информировать о возникающих неисправностях. Гарантией надежной и продолжительной эксплуатации оборудования является качественный ремонт, который невозможен без контроля всех основных вибрационных параметров перед выводом в ремонт и после ремонта

В составе каждого металлургического завода существует большое количество взаимосвязанных производств, на которых эксплуатируется огромное количество единиц самого разнообразного оборудования. Агрегаты отличаются по техническим и режимным характеристикам, важности в технологическом процессе, наличию дублирования и многим другим параметрам. Очевидно, что подходы к внедрению методов и средств диагностики для различных агрегатов должны быть различными. В зависимости от вида оборудования различаются и используемые аппаратно-программные средства.

Мониторинг технического состояния всего парка оборудования является неотъемлемой частью системы технического диагностирования. В большинстве случаев, численность специалистов службы диагностики не позволяет обеспечить необходимый объем измерений. Для решения данной проблемы используются различные стендовые и стационарные системы и автоматизированное программное обеспечение, существенно уменьшающие трудоемкость диагностирования, а к первичному сбору данных привлекаются специалисты цехов и ремонтных бригад.

Только неукоснительное соблюдение изложенных выше положений способно действительно повысить эффективность управления производством за счет существенного сокращения затрат на реализацию системы ТОиР путем внедрения стратегии оптимального технического обслуживания и ремонта по результатам технического диагностирования.

Практические аспекты организации контроля состояния оборудования на всех этапах его жизненного цикла и оптимального выбора аппаратно-программных средств с учетом индивидуальных особенностей оборудования подробно описаны в ряде публикаций [1 - 4]. Поэтому остановимся более подробно на подходах к организации распределенного мониторинга технического состояния роторного оборудования на примере предприятий черной металлургии.

Любой современный металлургический завод включает в себя множество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется огромное количество самого разнообразного оборудования. Внезапный выход из строя даже одного агрегата может привести к нарушению технологического процесса, поэтому организация мониторинга состояния всего парка оборудования для обеспечения его безаварийной работы является первоочередной задачей. Периодичность проведения такого мониторинга должна быть достаточной для своевременного выявления возникающих неисправностей и предотвращения возможных аварийных ситуаций. На практике, для большинства видов роторного оборудования, нуждающегося в постоянном или периодическом контроле (от 80 до 90 процентов от общего количества оборудования, согласно статистике рис 1), в зависимости от его конструктивных особенностей и условий эксплуатации интервалы между измерениями устанавливаются в диапазоне от 1/10 до 1/50 межремонтного интервала. В пересчете на абсолютные значения периодичность контроля составляет от 1 до 4 виброобследований в течение одного месяца [5].



Рисунок 1 – Диаграмма оптимального технического обслуживания

Организация мониторинга технического состояния всего парка технологического оборудования с указанной периодичностью требует существенных затрат. Ниже, в таблицах 1 и 2 представлены фактические потребности в проведении мероприятий постоянного и периодического технического диагностирования механического и энергетического оборудования по двум металлургическим комбинатам.

Таблица 1 – Ежегодные объемы проведения диагностирования на металлургическом комбинате (с использованием различных методов контроля)

Наименование производства	Кол-во единиц оборудования	Количество измерений для каждого из методов диагностирования (в год)					Общее кол-во замеров
		ВД	ВМ	ТВ	УЗ	ТМ	
Цех №1	79	10392	864	4068	1200	416	16940
Цех №2	7	400	0	0	0	0	400
Цех №4	39	608	288	0	0	52	948
Цех №5	64	11996	1260	1284	0	1456	15996
Цех №7	47	5456	684	0	0	1976	8116
Цех №8	114	14276	3132	1784	0	208	19400
Цех №9	48	5072	612	0	0	1300	6984
Цех №10	25	2800	324	0	0	936	4060
Цех №14	54	6720	864	0	0	2080	9664
Цех №17	26	832	0	0	0	0	832
Цех №28	11	320	0	0	0	0	320
Цех №33	14	2728	0	0	0	0	2728
Цех №34	89	2608	0	0	0	0	2608
Цех №35	62	968	624	624	0	0	2216
ИТОГО:	679	65176	8652	7760	1200	8424	91212

Условные обозначения:

- ВД – вибродиагностика,
- ВМ – ваттметрия,
- ТВ – тепловизионный метод,
- УЗ – ультразвуковой метод,
- ТМ – телеметрия.

Таблица 2 – Ежегодные объемы проведения диагностирования на металлургическом комбинате (с использованием вибрационного метода контроля)

Производство, цех	Предполагаемое количество узлов	Предполагаемое количество точек	Предполагаемое количество измерений в год
Аглодоменное производство	538	6 880	20 000
Конвертерное производство	160	1 800	10 000
Электросталеплавильное производство	140	3 860	7 000
Коксохимическое производство	160	2 800	6 000
Обжимной цех	67	585	2 000
Листопрокатный цех №1	104	502	5 000
Листопрокатный цех №2	115	1 302	8 000
Производство холоднокатаного листа	192	1 200	8 000
Сортопрокатный цех	154	770	6 000
ИТОГО:	1626	19 699	72 000

Рассмотрим ежегодные фактические потребности заводов в проведения технического диагностирования на примере вибрационного метода контроля. Общее годовое количество плановых измерений с использованием данного метода по этим двум заводам составляет 65 176 (таблица 1) и 72 000 (таблица 2) соответственно. На практике, количество ежегодных измерений существенно больше. К плановым замерам добавляются предремонтные и послеремонтные испытания, а также внеплановые диагностирования агрегатов с ухудшающимся техническим состоянием. В результате, общее количество измерений, по различным оценкам, в зависимости от срока и условий эксплуатации оборудования может увеличиться в 2 и более раз. По существующей статистике на металлургическом производстве, максимально возможное количество измерительных точек в месяц (с учетом времени необходимого на сбор данных, их обработку, анализ и составление отчетов) на одного специалиста диагностической бригады не может превышать 600. Таким образом, численность специалистов, задействованных в организации планового периодического мониторинга, составит 10 человек (для каждого из этих заводов). Еще 10 человек будут обеспечивать сбор, анализ и обработку данных в рамках внепланового диагностирования и испытаний до и после ремонта.

Содержание и материальное оснащение службы подобной численности, состоящей из квалифицированных высокооплачиваемых инженерно-технических работников, требует существенных затрат, которые складываются из ежемесячных отчислений в фонд заработной платы, стоимости закупаемой измерительной аппаратуры и программного обеспечения (из расчета один комплект аппаратно-программных средств на одного диагноста), ее ежегодного обслуживания (калибровки или поверки) и ремонта. Все эти затраты снижают, а в ряде случаев и полностью нивелируют суммарный экономический эффект от мероприятий технического диагностирования. Необходимо понимать, что основная цель внедрения технической диагностики на предприятии является повышение эффективности управления производством и существенный рост прибыли за счет повышения надежности эксплуатации оборудования, снижения затрат на его техническое обслуживание и ремонт, исключения аварийных и сокращения плановых простоев и т.д. Очевидно, что все эти результаты не могут быть достигнуты без оптимизации затрат на развитие и содержание самой службы технической диагностики.

Директивное сокращение численности персонала службы диагностики либо неполная укомплектованность необходимыми аппаратно-программными средствами без соответствующей методической проработки влечет за собой уменьшение объемов измерений (сокращение количества измерительных точек поднадзорного оборудования и (или) увеличение интервалов между измерениями). Все это вынужденные меры неизбежно приводят к пропускам дефектов и внезапным отказам оборудования, а, следовательно, и к увеличению затрат на техническое обслуживание и ремонт. Единственным решением данной проблемы, позволяющим оптимизировать численность службы диагностики и снизить затраты на ее содержание без ухудшения достоверности диагностирования, является организация целого комплекса мероприятий в рамках подходов распределенного мониторинга.

Одним из важнейших мероприятий данного комплекса является внедрение стационарных систем мониторинга и углубленной диагностики для оценки состояния оборудования, нуждающегося в постоянном контроле. Подобные системы существенно расширяют возможности традиционного периодического мониторинга с использованием переносной виброизмерительной аппаратуры и позволяют производить в автоматическом режиме многоканальный сбор, обработку и анализ различных замеров вибрации, частоты вращения, температуры, потребляемого тока и других режимных параметров с периодичностью от нескольких секунд до нескольких минут [6, 7]. Применение данных систем исключает необходимость проведения периодического мониторинга силами специалистов диагностической бригады, что позволяет существенно сократить общее количество ежегодных измерений, выполняемых в ручном режиме. В таблице 3 на

примере одного из заводов (по данным таблицы 1) представлены объемы диагностирования с использованием стационарных систем контроля вибрации и других технологических параметров.

Таблица 3 – Объемы диагностирования с использованием стационарных систем

Наименование производства	Кол-во единиц оборудования	Количество измерений для каждого из методов диагностирования (в год)					Общее кол-во замеров
		ВД	ВМ	ТВ	УЗ	ТМ	
Цех №1	79	7440	864	1152	1200	416	11072
Цех №2	7	288	0	0	0	0	288
Цех №4	39	0	0	0	0	52	52
Цех №5	64	7500	288	1236	0	1456	10480
Цех №7	47	0	0	0	0	1976	1976
Цех №8	114	8880	360	864	0	208	10312
Цех №9	48	0	0	0	0	1300	1300
Цех №10	25	0	0	0	0	936	936
Цех №14	54	0	0	0	0	2080	2080
Цех №17	26	0	0	0	0	0	0
Цех №28	11	0	0	0	0	0	0
Цех №33	14	2664	0	0	0	0	2664
Цех №34	89	288	0	0	0	0	288
Цех №35	62	0	0	624	0	0	624
ИТОГО:	679	27060	1512	3876	1200	8424	42072

На основании представленных сведений, могут быть рассчитаны сокращение фактических объемов ежегодных измерений и уменьшение необходимой численности персонала службы диагностики в результате внедрения стационарных систем для данного завода. Количество замеров вибрации сокращается с 65 176 до 38116 точек (на 42 %), а численность персонала, необходимого для проведения диагностирования уменьшается на 5 человек.

Еще одним важнейшим мероприятием, направленным на оптимизацию деятельности службы диагностики, является передача функций мониторинга технического состояния большинства единиц оборудования службам цехов. Обходчики или эксплуатационный персонал цехов, оснащенные простейшими тестерами, требующими минимальных практических навыков оператора, с заданной периодичностью измеряют уровни вибрации и температуру подшипниковых узлов поднадзорного оборудования. Помимо данных измерений оценивается уровень шумов и производится визуальный осмотр агрегатов. При непосредственном контроле руководства цехов за отчетный период формируются и передаются в службу диагностики сводные таблицы вибрационного состояния оборудования и заявки на проведение диагностических работ. На основании поданных заявок специалисты диагностической бригады производят выборочные обследования проблемного оборудования, определяют, а в ряде случаев и устраняют выявленные неисправности, выдают рекомендации по срокам и объемам ремонтных работ. Реализация подобного подхода позволяет максимально эффективно использовать

имеющиеся на предприятии людские ресурсы и обеспечивает безотказную работу всего парка оборудования [1, 3]. По различным оценкам, частичное делегирование функций по первичному контролю технического состояния оборудования службам цехов позволяет сократить ежегодное количество измерений, выполняемых специалистами службы диагностики, в 3 – 4 раза. На рис. 2 показаны простейшие виброметры семейства YAL для контроля общего уровня вибрации.

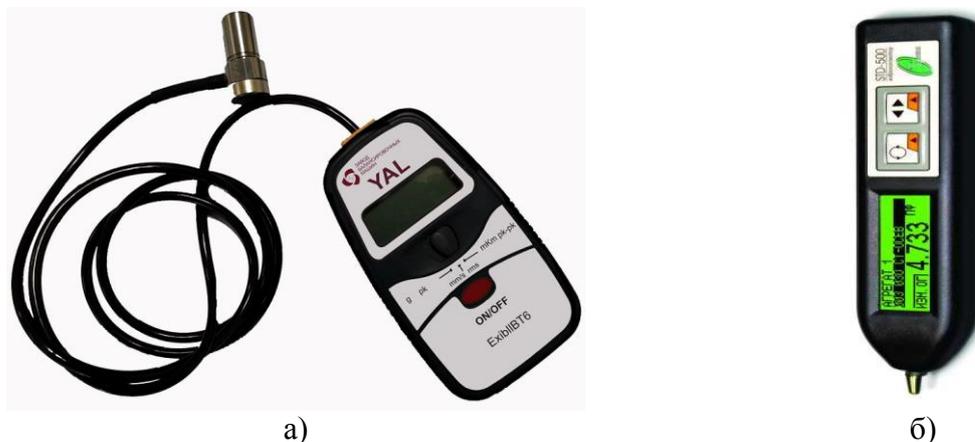


Рисунок 2 – Простейшие виброметры семейства YAL (а - Yal-01, б - Yal-02)

Оптимизация деятельности службы технической диагностики невозможна также без комплексного применения всего имеющегося арсенала переносных измерительных средств и программного обеспечения. Так, для проведения детальной диагностики проблемных агрегатов, периодического мониторинга технического состояния оборудования, балансировки в собственных подшипниках, организации входного контроля и приемосдаточных испытаний необходимы виброанализаторы (рис. 3), позволяющие хранить в памяти результаты измерений, осуществлять обмен данными с компьютером, выполнять спектральный и другие виды анализа. Для проведения более детальной диагностики и дополнительных исследований - определения резонансов агрегата в различных точках (замеры разгона/выбега), выявления особенностей его работы при изменении нагрузки (временные характеристики) должна быть использована специальная мобильная многоканальная измерительная аппаратура (рис. 4) с возможностью параллельного измерения различных параметров по нескольким точкам.

Одним из ключевых инструментов технической диагностики является периодический мониторинг – отслеживание изменений различных параметров во времени. Кропотливый анализ и сравнение больших массивов разнородных данных не могут быть выполнены вручную, поэтому для хранения, отображения и оценки результатов измерений всех контролируемых агрегатов необходимо специализированное программное обеспечение. Для упрощения процедуры диагностирования вспомогательного и основного оборудования должны использоваться экспертные системы автоматизированной диагностики. Современные адаптированные экспертные системы с высокой вероятностью определяют большинство типовых дефектов, таких как дисбаланс, расцентровка, износ подшипника и позволяют увеличить количество единиц контролируемого оборудования и обеспечить углубленную диагностику сложных агрегатов [8]. По мере накопления опыта подобные системы могут быть интегрированы в единую информационную систему управления на предприятии, что позволяет значительно упростить взаимодействие между службой диагностики, производственными цехами, группой ремонта и отделом закупок.



Рисунок 3 – Виброанализатор Corvet



Рисунок 4 – Многоканальный блок UMS-16

Описанный выше комплекс мероприятий в рамках внедрения распределенного мониторинга позволяет оптимизировать деятельность службы технической диагностики и существенно сократить затраты на ее содержание и материальное оснащение. Действительно в ходе практической реализации основных положений распределенного мониторинга численность персонала службы, достаточная для организации мониторинга всего парка технологического оборудования с требуемой периодичностью, может быть сокращена в 4 – 5 раз (с 20 человек до 4 – 5 человек, согласно данным по заводам, представленным в таблицах 1 и 2). Количество единиц переносной виброизмерительной аппаратуры также сокращается пропорционально уменьшению численности диагностов. Таким образом, внедрение распределенного мониторинга позволяет существенно увеличить экономический эффект от применения подходов технической диагностики.

Выводы

1. Предложенная идея организации распределенного мониторинга, наряду с концепцией контроля оборудования на всех этапах жизненного цикла и рекомендациями по выбору оптимальных измерительных средств на практике способствуют более эффективной реализации всего комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту основного и вспомогательного оборудования металлургических производств и существенному сокращению затрат в рамках системы ТОиР.

2. Реализация данных положений является также необходимым условием для перехода на оптимальное техническое обслуживание и достижения еще большего экономического эффекта.

Список литературы

1. Сушко А.Е. Организация диагностирования технологического оборудования на предприятиях черной металлургии // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2011. №4 С. 39 – 50.
2. Сушко А.Е. Практические аспекты внедрения систем вибрационной диагностики в условиях современных промышленных производств // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2007. №4 С. 24 - 30.
3. Сушко А.Е. Повышение экономической эффективности металлургического производства за счет комплексного внедрения методов и средств вибрационной диагностики // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2010. №4 С. 43 – 47.
4. Сушко А.Е. Современные технологии повышения надежности эксплуатации и ремонта роторного оборудования опасных промышленных производств // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2010. №8 С. 5 – 11.
5. Радчик И.И., Рябков В., Сушко А.Е. Комплексный подход к вопросам надежности работы основного и вспомогательного оборудования современного металлургического производства // Оборудование. Технический альманах. 2006. №1. С. 24 – 28.
6. Тараканов В.М., Скворцов О.Б., Сушко А.Е. Системы непрерывного контроля по вибрационным параметрам // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2006. №3 С. 48- 54.
7. Сушко А.Е. Методология внедрения аппаратно-программных средств мониторинга технического состояния и диагностики прокатных станов по различным параметрам вибрации // Сталь. 2011. №5 С. 60 – 65.
8. Сушко А.Е., Демин М.А. Особенности внедрения экспертных систем автоматизированной диагностики // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2011. №4 С. 51 – 55.