

*И. Радчик, В. Рябков, А. Сушко, «Диамех 2000»*

# КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСАМ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современное состояние металлургической промышленности в России претерпело значительные изменения — возросли требования к качеству выпускаемой продукции, к срокам выполнения заказов, к конкурентоспособности металлопроката. Сегодня залог успешного функционирования всего металлургического предприятия заключается, прежде всего, в четко скоординированном взаимодействии всех производств, надежной и безотказной работе оборудования. Вместе с тем меняются подходы и к формированию этого оборудования. Металлургические машины становятся менее металлоемкими, более энергоемкими и

приспособленными к оперативному изменению сортамента продукции и технологии производства. Все это определяет новые, более жесткие требования к техническому обслуживанию, достоверности диагностики и своевременному ремонту оборудования.

Решение подобной задачи связано с внедрением методов неразрушающего контроля, которые обеспечивают получение достоверной информации о текущем состоянии оборудования без нарушения производственного цикла. Наиболее простым и информативным параметром для оценки состояния агрегата является вибрация. В настоящее время

накоплен значительный опыт применения методов вибрационного анализа для успешной диагностики самых различных механизмов, создана мощная аппаратная база — от простейших виброметров до сложных виброанализаторов и стационарных систем контроля вибрации. Однако, как показывает современная мировая практика, для внедрения эффективной стратегии эксплуатации и технического обслуживания оборудования на основании сведений о его состоянии необходим комплексный подход к проблемам вибрационной диагностики: входной контроль, периодический и непрерывный мониторинг ротор-

Таблица 1

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

ного оборудования, его диагностика, квалифицированный ремонт с обязательной последующей балансировкой, приемосдаточные испытания.

Наиболее перспективный способ повышения надежности работы оборудования на предприятии — сочетание двух факторов, скоординированной работы служб эксплуатации, технического надзора и ремонта и эффективное применение современных средств вибрационной диагностики. Одной из основных причин повышенной вибрации и быстрого износа узлов роторного оборудования является неуравновешенность ротора, поэтому выполнение квалифицированного ремонта невозможно без использования балансировочных станков. Для контроля состояния большого парка оборудования необходимо содействие эксплуатационного персонала, оснащенного простейшими, не требующими квалификации средствами измерения вибрации. Достоверная диагностика агрегатов с повышенной вибрацией, выявленных службой эксплуатации, и прогноз их ресурса требует участия специально подготовленных и обученных мобильных диагностических групп, имеющих переносные виброанализаторы и программное обеспечение для накопления вибрационной статистики. Особо ответственное оборудование, простои которого связаны со значительными экономическими потерями, может быть оснащено стационарной системой непрерывного контроля вибрации, исключающей возникновение аварийных ситуаций. В качестве примера компании, на практике реализующей стратегию комплексного подхода к вопросам повышения надежности работы оборудования при помощи методов вибрационной диагностики, можно привести российскую фирму Диамех 2000.

Любое металлургическое предприятие — это большое количество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется самое разнообразное

оборудование. Внезапный выход из строя одного из агрегатов может стать причиной нарушения всего производственного цикла, поэтому первостепенная задача — организация вибрационного мониторинга всего оборудования для обеспечения его безаварийной работы. Как показала практика, в силу целого ряда объективных причин, привлечение исключительно инженерного персонала предприятия для решения этой задачи неэффективно. Малочисленность инженерных работников не позволяет обеспечить необходимую для безаварийной работы оборудования периодичность контроля параметров вибрации. По статистике, при периодичности проведения обследований агрегата

реже 1/10 его межремонтного интервала велика вероятность пропуска дефекта. Кроме того, развитие некоторых дефектов, например, разрушение подшипника, обычно происходит лавинообразно. С другой стороны, при диагностике большого количества единиц оборудования бывает крайне сложно выполнить сбор необходимых дополнительных сведений, таких как, визуальный осмотр, контроль температуры, других режимных параметров. По данным службы диагностики ОАО «Северсталь», для проведения вибрационных обследований, анализа полученных данных, выполнения предремонтного и послеремонтного контроля и участия в ремонте на 129 узлов в год требуется два



Рис. 1. Виброметры «Опал» и «Янтарь»



Рис. 2. Виброанализатор «Топаз» и 16-канальный расширительный блок

человека, таким образом, группа в составе четырех человек может контролировать в год 258 узлов (или 65 агрегатов с четырьмя подшипниками), используя при этом два виброанализатора. На практике число агрегатов нуждающихся в диагностике значительно больше. В таблице 1 приведен перечень диагностируемого оборудования основных цехов и производств ОАО «Северсталь».

Наиболее эффективный способ решения этой проблемы, успешно практикуемый на многих предприятиях за рубежом в течение последних десятилетий, — передача функций мониторинга состояния большинства единиц оборудования службам цехов. Обходчики или эксплуатационный персонал цеха, оснащенные простейшими приборами для измерения вибрации — виброметрами, не требующими для работы специальных знаний, с определенной периодичностью измеряют уровни вибрации поднадзорного оборудования. Помимо измерений вибрации оцениваются уровни шумов, температура, другие параметры, производится визуальный осмотр. При непосредственном контроле руководства цехов за отчетный интервал времени (неделя, месяц) формируются и передаются в службу диагностики сводные таблицы вибрационного состояния оборудования и заявки на проведение диагностических работ. На основании поданных заявок специалисты лаборатории вибрации производят дополнительные обследования проблемного оборудования, определяют и в ряде случаев устраняют причины повышенной вибрации, выдают рекомендации по срокам и объемам ремонтных работ. Реализация подобного подхода позволяет максимально эффективно использовать имеющиеся на предприятии человеческие ресурсы и обеспечивать безотказную работу всего оборудования. На

рисунке 1 показаны простейшие виброметры «Опал» и «Янтарь» производства «Диамех 2000».

Для проведения глубокой диагностики проблемных агрегатов, периодического мониторинга основного оборудования, балансировки в собственных подшипниках, осуществления входного контроля и приемосдаточных испытаний необходимо использовать виброанализаторы, позволяющие хранить в памяти результаты измерений, осуществлять обмен данными с компьютером, выполнять спектральный и другие виды анализа вибрации. Применение подобных приборов требует определенных знаний и навыков, а их операторы, как правило, — это специально обученные специалисты бюро технической диагностики. При помощи виброанализаторов может быть проведена диагностика вспомогательного оборудования различных производств: вентиляторов, дымососов, воздуходувок, насосов, компрессоров. Несколько сложнее обстоит дело с диагностикой оборудования основных производств (доменного, сталеплавильного, прокатного). Например, диагностика оборудования прокатных производств (приводов, редукторов, шестеренных клетей, рабочих валков, рольгангов, манипуляторов, кантователей, подъемно-качающихся столов, ножиц, пил, моталок и т.д.) — сложнейшая инженерная задача. Ее успешное решение невозможно без использования современных средств измерения, адаптированных к условиям работы оборудования на металлургических производствах (частые непериодические удары, изменяющиеся частоты вращения, реверсивное движение и т.д.). Тем не менее, на многих металлургических предприятиях высококвалифицированные специалисты лаборатории вибрации, оснащенные современными средства-

ми измерения, успешно диагностируют даже такие специфичные агрегаты, как электропечи сталеплавильного производства, разливные, загрузочные и мутьдо-завалочные краны, механизмы качания кристаллизаторов МНЛЗ и т.д.

Для проведения более детальной диагностики и дополнительных исследований, определения резонансов агрегата в различных точках (амплитудно-фазочастотные характеристики на разгоне/выбеге), выявления особенностей его работы при изменении нагрузки (временные характеристики), должна быть использована специальная многоканальная виброизмерительная аппаратура с возможностью синхронного измерения вибрации одновременно во многих точках. Типичный пример оборудования, нуждающегося в подобной диагностике — компрессоры различных цехов. На рисунке 2 показан виброанализатор «Топаз» и расширительный блок на 16 каналов.

Один из основных подходов вибрационной диагностики, обеспечивающий максимальную достоверность заключений — периодический мониторинг (отслеживание изменений различных параметров вибрации во времени и сравнительный анализ вибрационных характеристик однотипных агрегатов). Практически невозможно вручную проводить сравнительный анализ по многим агрегатам, поэтому, для хранения, отображения и анализа данных вибрационных измерений всех контролируемых агрегатов, необходима специализированная база данных. Требования к ней также очень высоки. Необходимо обеспечивать возможность оперативного обмена данными с прибором, хранить большие объемы структурированных данных (цех — агрегат — измерительная точка — тип замера — массив данных измерений), иметь мощный инструментарий для отображения различных сравнительных характеристик и возможность автоматического составления протоколов измерений и отчетов. Примером базы данных, удовлетворяющей перечисленным требованиям, может служить база данных «Диамант-2» фирмы «Диамех 2000».

Для упрощения процедуры диагностики вспомогательного и основного оборудования могут быть использованы экспертные системы. Основная задача таких систем — максимально упростить процесс диагностики и автоматизировать процедуру отчетности, т.е. избавить специалистов от рутинной работы. Экспертная система с высокой вероятностью определяет большинство типовых дефектов, таких как дисбаланс, расцентровка, износ подшипника и поз-

воляет специалистам расходовать освободившееся время на увеличение объемов контролируемого оборудования и более детальную диагностику сложных агрегатов. Экспертные системы после процедуры внедрения и адаптации под конкретное оборудование могут успешно применяться на предприятиях с недавно организованной службой вибрационной диагностики и уже на первых этапах обеспечивать высокое качество проведения диагностических работ. На предприятиях с успешно функционирующей службой диагностики использование экспертных систем позволяет существенно повысить эффективность работы лаборатории вибрации, уделять больше времени разработке новых методик диагностики и т.д. По мере накопления опыта подобные системы могут быть интегрированы в единую информационную систему управления на предприятии (EAM/ERP системы), что позволит значительно упростить взаимодействие между службой диагностики, производственными цехами, группой ремонта и отделом закупок нового оборудования и запчастей. В настоящее время система автоматизированной диагностики «Диамант-Эксперт» внедрена и успешно функционирует на ЗАО «ВМЗ «Красный Октябрь».

Другой важной составляющей безопасной работы оборудования являются стационарные и полустационарные системы контроля вибрации, которые существенно расширяют возможности периодического мониторинга. Для оценки работоспособности ответственного оборудования бывает необходимо осуществлять постоянный контроль различных параметров режимных, электрических, механических, вибрационных. Очевидно, что даже самые совершенные переносные приборы не могут справиться с этой задачей. В этих случаях оборудование оснащается стационарными системами контроля. На предприятиях металлургии стационарные системы устанавливаются в первую очередь на основное оборудование прокатных цехов — приводы и редукторы прокатных станков, на системы газоочистки и дымососы кислородно-конвертерных цехов. Подобные системы были установлены на ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» и ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат».

Современная стационарная система не только выполняет автоматический сбор вибрационных данных по многим каналам, но и осуществляет оперативный контроль других заданных параметров, сбор, хранение и архивацию всех поступающих данных в режиме реаль-



Рис. 3. Балансировочный станок модели VM 3000

ного времени. В случае необходимости стационарные системы могут быть легко интегрированы в существующие АСУ ТП и даже способны выдавать команды на отключение агрегата при повышении уровня вибрации и предотвращать его аварийный выход из строя. Системы нового поколения «обрастают» диагностическими функциями, некоторые имеют встроенную балансировочную программу и позволяют проводить балансировку агрегата в собственных опорах. Подобная система нового поколения установлена на трех дымососах ККЦ ОАО «Северсталь». К монтажу на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» готовится стационарная система с автоматизированной диагностикой подшипников качения и зубчатых передач.

В некоторых случаях отсутствует необходимость постоянного контроля различных параметров вибрации, т.е. сбор данных можно осуществлять при помощи переносной виброизмерительной аппаратуры, однако, доступ к точкам измерения на работающем оборудовании невозможен по соображениям безопасности. Пример такого оборудования — приводы и редукторы клеток непрерывного стана МПМ трубного производства. В этом случае проблема контроля вибрации и диагностики оборудования в труднодоступных местах может быть решена при помощи полустационарных систем. В таких системах датчики в точках измерения, как правило, это подшипниковые узлы, смонтированы стационарно, а блоки коммутации выведены в безопасное

место. Специалисты, проводящие диагностику, с необходимой периодичностью осуществляют сбор вибрационных данных последовательно по всем каналам системы при помощи переносного виброанализатора, подключаемого к коммутирующему блоку. Такой подход обеспечивает необходимую достоверность диагностики и является хорошим компромиссом по сочетанию факторов «цена-качество». Подобная полустационарная система установлена на приводах и редукторах 7 клеток черновой группы непрерывного трубного прокатного стана в ТПЦ-3 на ОАО «Волжский трубный завод». В ближайшее время планируется оснастить этой системой клетки чистовой группы.

Для надежной работы оборудования недостаточно выявить агрегаты с повышенной вибрацией и определить причины вызывающие эту вибрацию. По статистике немецкой фирмы «Schenck» снижение вибрации на 50% продлевает ресурс оборудования в два раза. Поэтому бывает особенно важно устранить причины повышенной вибрации во время ремонта. Одна из основных причин повышенной вибрации — неуравновешенность роторов.

Так, проведенные вибрационные обследования на ЗАО «ВМЗ «Красный Октябрь» показали, что 85% оборудования имеют повышенную вибрацию и основная причина этой вибрации дисбаланс. Похожие данные получены и на вентиляционном оборудовании ЗАО «Донецксталь» (74%), поэтому при обеспечении вибрационной надежности роторных машин огромное значение име-

ет качественная балансировка роторов. Существует два способа уравновешивания роторов, на смонтированном агрегате в собственных подшипниках и на балансировочных станках. На стадии текущего и капитального ремонта предпочтение всегда отдается второму способу. Основные агрегаты, нуждающиеся в балансировке — роторы электродвигателей основного и вспомогательного оборудования, вентиляторов, дымососов, воздуходувок, насосов, компрессоров. Для улучшения качества проката при необходимости могут проводиться балансировки рабочих валков. Например, допустимое уменьшение диаметров валков при переточке для сортового стана составляет 10%, что соответствует уменьшению массы валка на 19%. Зная массу валка и допуски на отклонение геометрии при переточке, нетрудно рассчитать возможные значения дисбаланса. Процедура балансировки особенно актуальна для валков чистовых клетей с высокой скоростью прохождения проката. Основные требования к балансировочным станкам в условиях современного металлургического предприятия — высокая точность и производительность, простота и удобство перенастройки, широкий диапазон масс и типоразмеров балансируемых изделий. Все эти требования удовлетворяют балансировочные станки серии «ВМ» с горизонтальной осью вращения фирмы «Диамех 2000». Неслучайно на предприятиях металлургии на сегодняшний день успешно функционируют 7 станков модели ВМ-010, 8 станков модели ВМ-300, 5 — ВМ-1000, 11 — ВМ-3000, 6 — ВМ-8000. На рисунке 3 изображен балансировочный станок ВМ-3000 грузоподъемностью от 30 кг до 3 тонн — один из самых востребованных типов станков в металлургии.

За свой жизненный цикл любое оборудование проходит три основных этапа: монтаж и ввод в эксплуатацию, собственно эксплуатация и ремонт. Комплексный подход к вопросам повышения надежности работы оборудования, это контроль его работоспособности на каждом из этих этапов методами неразрушающего контроля. При закупках оборудования и вводе его в эксплуатацию это, прежде всего, входной контроль, как отдельных узлов (например, подшипников качения), так и нового оборудования. Для контроля качества поставляемых и монтируемых подшипников созданы специальные стенды входного контроля подшипников, а для проверки качества изготовления и монтажа агрегата служат переносные виброанализаторы. Для текущего контроля состояния оборудования в период экс-

плуатации используются переносные виброметры, а для выявления причин повышенной вибрации — виброанализаторы и многоканальные расширительные блоки. На завершающей стадии ремонта применяется балансировочное оборудование. Именно такая организация процедур технического обслуживания и ремонтов обеспечивает максимально эффективную работу оборудования. В этом случае техническая диагностика — это и составная часть технического процесса (эксплуатация), и неотъемлемое звено любого ремонта, и координирующая структура при оценке необходимого количества запасных частей и численности ремонтного персонала, и экспертная структура при выборе поставщиков (подшипники, редукторы, электродвигатели и т.д.), и гарант безопасной и эффективной работы оборудования.

Важно четко понимать место технической диагностики на современном предприятии, существующем в условиях рыночной экономики. Техническая диагностика — это, прежде всего, ресурсосберегающая технология, квалифицированное использование которой существенно снижает затраты на обслуживание и ремонт оборудования.

По данным службы диагностики, на ОАО «Северсталь» с апреля 1998 года введено обслуживание по фактическому состоянию (ОПФС) блоков станинных роликов, которое позволило полностью исключить их аварийные выходы из строя и снизить общее количество ремонтов на 20%. Так, средняя наработка блоков в межремонтный период до взятия под контроль составила 62 суток (около 5,8 ремонтов в год), причем замены производились аварийно, а после взятия под контроль — 77 суток (около 4,7 ремонтов в год). Экономический эффект от сокращения затрат на ремонты и отсутствия аварийных простоев за 1998 год составил 1 288 294 руб. Опыт отдела технической диагностики ОАО «Северсталь» показывает, что при регулярном использовании современных методов вибрационного контроля удается сократить затраты на ремонты на 10—30% и снизить аварийность на 50—90%. Так, затраты на ремонт эксцентриковых валов механизмов качания кристаллизаторов МНЗЛ конвертерного производства снижены за первый год на 526 941 руб. (37%), а за второй год еще на 9,6%, подушек рабочих валков вертикальных клетей стана 730 обжимного цеха за первый год — на 1 342 000 руб. (34,2%), а за второй — еще на 44%. Значительное снижение затрат получено при внедрении диагностики в ЛПЦ-1 (станы

1700 и 2800) и в ЛПЦ-2 (стан 2000) на формирующих роликах моталок, электродвигателях приводов вертикальных клетей, вентиляторах печей, редукторах гильотинных ножниц линии резки и термоотделения, нажимных механизмах клетей, блоках станинных роликов черновой клетки «Кварто» и т.д. При составлении бизнес-плана отдела диагностики (29 человек) на ОАО «Северсталь» предполагаемая годовая прибыль составила 7 024 944 руб.

Аналогичные данные получены и на РУП «Белорусский металлургический завод». За 1 год работы специалистами отдела мониторинга и технической диагностики были выданы 20 предписаний, 326 рекомендаций и 1857 замечаний, а на 90 единиц роторного оборудования произведена наладка (лазерная центровка и балансировка в собственных опорах). Среди поднадзорного оборудования: редукторы станков, насосы охлаждения шиберов, гидромоторы пакеврошников, вентиляторы, дымососы и воздуходувки, волоочильные станы, канатные машины и т.д. Так, только по двум сталеплавильным цехам СтПЦ-1 и СтПЦ-2 было выявлено 184 дефекта и выданы рекомендации по их немедленному устранению. В результате обнаружения и своевременного устранения этих неисправностей условный экономический эффект по двум цехам составил 490 950 197 бел. руб. или (225 661 долларов США). По причине своевременной замены подшипников и предотвращения аварийных простоев экономический эффект по прокатному производству составил 68 128 долларов США, по метизному производству — 188 748 долларов США. В результате проведения мониторинга технического состояния оборудования время внеплановых ремонтов в ЭСПЦ-1 снизилось за 1-й год работы службы на 47,9%, а за 2-й — еще на 29,7%, по ЭСПЦ-2 сократилось за три месяца 2004 года на 23,2 часа.

Невозможно переоценить важность использования вибрационной диагностики на предприятиях металлургии, где высокая стоимость и ответственность отдельных узлов, тяжелые условия эксплуатации и разнообразие оборудования предъявляют повышенные требования к квалификации персонала и используемым виброизмерительным средствам. Вибрационная диагностика — надежный и эффективный инструмент определения состояния роторного оборудования, а грамотное использование этого инструмента не только существенно повышает надежность и долговечность работы оборудования, но и позволяет поднять техническую культуру производства на принципиально новый уровень.

