

ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОСНОВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

В статье рассмотрены практические аспекты повышения эффективности управления производством и оптимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт основного и вспомогательного оборудования путем внедрения передовых подходов технической диагностики. Представлен опыт создания, развития и оснащения служб технической диагностики на предприятиях черной металлургии в рамках комплексного подхода, разработанного и внедряемого специалистами компании НПО «ДИАТЕХ»

История становления направления диагностики.

Бурное развитие техники, увеличение выпускаемых мощностей, резкое повышение производительности, борьба за конкурентоспособность продукции, ужесточение требований промышленной и экологической безопасности создали все необходимые предпосылки для возникновения и развития направления технической диагностики. Процесс зарождения и становления нового направления происходил эволюционно. Так, в Советском Союзе особым почетом на предприятиях пользовались мастера-слухачи, которые на ощупь или на слух с помощью отвертки или стетоскопа определяли малейшие изменения в работе машин. Результаты подобной диагностики в значительной степени были подвержены влиянию человеческого фактора, а оценки зачастую носили субъективный характер. Постоянно ужесточающиеся требования к безопасности эксплуатации сделали жизненно необходимым создание объективной количественной оценки работоспособности оборудования. Первые контрольные приборы, следящие за вибрационными параметрами, появились в конце 40-х годов. С помощью стационарных систем стало возможно предотвращать аварии и останавливать агрегаты до их полного разрушения, но точное определение дефектных узлов при помощи аналоговых устройств того времени было невозможно.

С момента появления первых простейших виброизмерительных приборов, позволяющих количественно оценивать состояние роторных агрегатов, диагностами и методистами была проведена колоссальная работа, направленная на унификацию процедуры диагностирования. За эти годы был утвержден ряд нормативных документов, прописывающих требования, предъявляемые к техническим характеристикам используемых средств измерений, а также регламентирующих места и способы установки первичных преобразователей на объектах контроля. На основании накопленного статистического материала были рассчитаны допустимые уровни контролируемых параметров (работы Ратбоуна и материалы IRD-Mechanalysis). Все эти мероприятия позволили уже на начальных этапах решить широкий круг задач, связанных со стандартизацией проведения измерений и интерпретации получаемых результатов [1].

Качественно новый этап в развитии контрольно-измерительной техники - появление цифровой диагностической аппаратуры - начался в 70-80-е годы. Он был связан с активным развитием микропроцессоров, параллельно с которым происходила смена поколений полупроводниковой элементной базы. Для новых вычислительных систем создавалось программное обеспечение, которое применялось, в том числе, и в диагностических целях. Примерно в это же время в США и Европе активизировалось строительство на базе газовых турбин парогазовых установок, газо- и нефтеперекачивающих станций. Работа всех этих машин требовала мощной

диагностической поддержки. Появились сотни небольших компаний, активно разрабатывающих методики диагностики [2].

За годы применения средств технической диагностики, по мере накопления практического опыта и наработки статистического материала нормативная база подвергалась целому ряду редакций (VDI 2056, ISO 2372 и др.). Была введена классификация оборудования (ISO 3945), пересмотрены пороговые значения для оценки технического состояния агрегатов различных групп и требования к используемым средствам измерений. Производимые редакции носили в основном эволюционный характер и основывались на результатах обработки накапливаемых статистических данных по различным группам оборудования, в том числе с использованием более современной контрольно-измерительной аппаратуры. Итоги всех этих изменений нашли отражение в действующих на сегодняшний день нормативных документах.

Так, в качестве базового стандарта, регламентирующего порядок проведения вибрационных измерений, перечень контролируемых параметров, пороговые значения для зон технического состояния роторного оборудования различных групп в настоящее время используется ГОСТ ИСО 10816-3-99. Преимущественно на базе этого документа и его более ранних редакций был создан ряд отраслевых стандартов, применяемых для отдельных видов оборудования. Основные положения ГОСТ ИСО 10816-3-99 распространяются на все промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин⁻¹, включая электродвигатели и генераторы, насосы (за исключением поршневых), центробежные компрессоры, вентиляторы, воздуходувки и т.д., то есть на подавляющее большинство видов роторного оборудования, эксплуатирующегося на промышленных производствах.

В эпоху компьютерной революции стал возможен новый скачок в области технической диагностики. Появилось большое количество многофункциональной контрольно-измерительной аппаратуры. В этот период отечественное приборостроение сильно отстало от западного (даже агрегаты атомных подводных лодок приходилось диагностировать зарубежными приборами). К сожалению, высокая стоимость западных приборов серьезно препятствовала их широкому распространению. Такая ситуация в нашей стране сохранялась до начала 90-х годов, пока на рынке не появились первые серийные отечественные виброанализаторы АУ. Через несколько лет уже существовало несколько фирм, разрабатывающих виброизмерительную аппаратуру. Отечественные приборы были намного дешевле зарубежных аналогов и практически не уступали им по своим функциям. С этого момента в нашей стране началось массовое внедрение методов и средств технической диагностики на предприятиях различных отраслей промышленности.

Однако ухудшение экономической ситуации в конце 90-х годов на территории постсоветского пространства привело к замедлению темпов внедрения средств технического диагностирования. Если за рубежом, промышленные предприятия осознавали важность внедрения ресурсосберегающих технологий на базе различных методов технического диагностирования и располагали необходимыми средствами для их практического внедрения, то в России и странах СНГ приоритеты развития ограничивались решением вопросов закупки сырья и сбыта готовой продукции, что в условиях тотальной экономии на техническом обслуживании и ремонте приводило к ускоренному износу основного технологического оборудования. Ситуация усугублялась и отсутствием проработанной законодательной базы. Активное внедрение технической диагностики на Западе подстегивалось высокими процентами страхования промышленных рисков на предприятиях, не использующих контрольно-измерительную аппаратуру для проведения периодического диагностирования.

В России в этот период средства технического диагностирования внедрялись, как правило, лишь на предприятиях, функционирование которых без использования внешних средств технического диагностирования было подвержено значительным рискам. К таким предприятиям относились объекты тепловой и атомной энергетики, а также опасные

производственные объекты – газоперекачивающие и магистральные нефтеперекачивающие станции, газоперерабатывающие и нефтеперерабатывающие заводы и ряд химических производств. В большинстве случаев, речь шла не о повышении эффективности производства и оптимизации затрат на обслуживание и ремонт, а об элементарном поддержании особо ответственного оборудования в работоспособном состоянии и предотвращении серьезных аварий.

Ситуация изменилась в середине 2000-х годов, когда, с одной стороны, существенно улучшились экономическая обстановка и инвестиционный климат, с другой стороны, собственники накануне выхода на IPO (Initial Public Offering - сделанное впервые, публичное предложение инвесторам стать акционерами компании) обратили внимание на общее повышение эффективности управления производством и оптимизацию затрат на обслуживание и ремонт. В это время началась вторая волна бурного развития направления технической диагностики на предприятиях различных отраслей промышленности, в первую очередь, затронувшая предприятия черной и цветной металлургии, целлюлозно-бумажные комбинаты, объекты угледобывающей промышленности и машиностроительные заводы и по времени совпавшая с новым обновлением элементной базы контрольно-измерительной аппаратуры. Существенно ускорили эти процессы ряд серьезных аварий и техногенных катастроф (на Каширской ГРЭС, Саяно-Шушенской ГЭС и нескольких нефтехимических производствах), вызванных неудовлетворительным состоянием особо ответственного оборудования, накопленным усталостным износом и отсутствием развитой СТД.

Практика развития диагностики в металлургии.

Массовое внедрение средств технического диагностирования на предприятиях металлургии совпало с экономическим подъемом начала – середины 2000-х годов. Анализируя существующий опыт развития направления технической диагностики на этих предприятиях, можно выделить три основных пути:

- выборочное эпизодическое несистемное диагностирование предаварийного оборудования путем привлечения сторонних экспертов либо силами собственной малочисленной службы (как правило, 1 – 2 человека),
- периодический контроль всего парка оборудования, согласно существующему графику с использованием переносной контрольно-измерительной аппаратуры (стационарные и стендовые системы, как правило, широко не используются) силами собственной службы диагностики численностью от 20 до 30 человек,
- периодический или постоянный контроль всего парка оборудования, согласно существующему графику, с использованием широкого арсенала внешних средств технического диагностирования (переносных приборов, стационарных систем, стендовых комплексов) силами собственной службы диагностики численностью от 4 до 6 человек.

Предприятия первой группы, как правило, в силу ряда административно-организационных либо финансовых причин прекратили развитие направления технического диагностирования, ограничившись выборочной закупкой небольшого количества простейших внешних средств диагностики - в большинстве случаев виброанализаторов и программного обеспечения. Процесс аппаратно-программного оснащения обычно происходил спонтанно, и ему не предшествовала внятная техническая политика, включающая подготовительную работу по написанию программы развития либо плана оснащения. Зачастую приобретались самые дешевые или «первые попавшие» приборы, в подавляющем большинстве случаев не соответствующие специфике решаемых задач.

Средства на обучение персонала на таких предприятиях выделялись нерегулярно, а методологическое обеспечение отсутствовало полностью. В результате, специалисты, лишенные возможности полноценного обучения и общения с коллегами с других заводов,

и не имеющие разработанного и утвержденного плана действий, необходимых методик диагностики, базовых инструкций по сбору и анализу данных, вынуждены были «с нуля» осваивать новое для себя направление деятельности. Эффективность их работы, в силу перечисленных причин, была крайне низка, диагностические заключения носили поверхностный характер и не вызвали доверия служб цехов в силу их низкой достоверности. В зависимости от политики технического руководства, со временем такие службы либо расформировывались, либо переходили в стадию стагнации (диагностики для собственных нужд и потребностей). Ни о каком существенном экономическом эффекте для предприятия данной группы в этом случае говорить не приходилось.

Свою негативную роль в судьбе служб диагностики на многих предприятиях сыграли и экспертные системы, пропагандируемые рядом недобросовестных фирм-поставщиков, как панацея от всех бед. На практике, такие системы нуждаются в операторе высокой квалификации, а их заключения требуют перепроверки, о чем умалчивает большинство производителей. Руководство, поддавшись на убедительные доводы в пользу «удивительных» возможностей таких программ, начинает требовать от своих вновь набранных подчиненных незамедлительных результатов, и наступает быстрое разочарование. В лучшем случае, разочарование от программ, в худшем – от самой идеи внедрения методов технического диагностирования.

Наименее эффективный подход организации диагностирования, существующий на ряде предприятий первой группы, - совместительство. В этом случае, специалиста занимающегося своими непосредственными служебными обязанностями, заставляют в свободное от основной работы время выполнять диагностирование, что натывается на стену непонимания и отторжения.

Предприятия второй группы находятся гораздо в более выигрышном положении. Персонал служб диагностики хорошо укомплектован внешними средствами технического диагностирования, обучен и аттестован, имеется проработанное методологическое обеспечение. Единственная проблема таких предприятий – отсутствие проработанной стратегии эффективного и оптимального развития направления диагностики, включающей план комплексного оснащения различными видами внешних средств технического диагностирования (переносных, стационарных и стендовых). Как правило, развитие таких служб происходило эволюционно.

Малочисленная, хорошо обученная и подготовленная служба диагностики численность 4 – 5 человек, экипированная, как правило, переносной виброизмерительной аппаратурой, необходимым программным и методологическим обеспечением, демонстрировала хорошие показатели работы в одном или нескольких цехах и убеждала в эффективности внедрения технологий диагностирования в рамках всего завода. Дополнительно к проведению вибрационной диагностики на службы возлагалась ответственность за выполнение и (или) контроль мероприятий по балансировке и центровке, а также за внедрение других методов контроля (в первую очередь, тепловизионного). В силу существенного увеличения объемов работ перед руководством вставала дилемма: необходимо было увеличивать штат либо оптимизировать деятельность службы путем внедрения комплекса средств технического диагностирования (прежде всего стационарных систем и стендов различного назначения) и делегирования полномочий по первичному сбору данных службам цехов (внедрение простейших тестеров – виброметров и пирометров). В виду отсутствия комплексной программы поэтапного развития, предпочтение отдавалось первому варианту. Эти действия со временем приводили к чрезмерному разрастанию численности персонала службы и снижению эффективности ее деятельности (существенно возрастают отчисления в фонд заработной платы, так как в составе службы преобладают высокооплачиваемые ИТР, и затраты на приобретение дополнительных комплектов контрольно-измерительной аппаратуры).

Последующие бессистемные закупки стендовых комплексов и стационарных систем уже не могли изменить сложившейся практики. Численность службы не изменялась, а вновь закупленное оборудование передавалось другим службам (ремонтным подразделениям, отделу АСУ и т.д.). Подобный подход препятствовал обмену информацией и не позволял организовывать централизованную диагностическую базу данных, что также снижало эффективность деятельности службы диагностики. В результате, потратив значительные денежные средства на точечные приобретения диагностического оборудования, предприятие лишалось возможности их оптимального использования.

Наихудший из возможных вариантов развития направления технического диагностирования, существующий на некоторых предприятиях отрасли, заключается в децентрализации. Ситуация, когда службы диагностики стихийно возникают на базе различных производственных цехов, а общезаводская программа развития направления отсутствует, чревата созданием нескольких независимых и, как правило, конкурирующих диагностических бригад. Причем, зачастую, при попытке директивного объединения подобных бригад этот процесс заранее обречен на неудачу, так как внешние средства технического диагностирования одной бригады могут быть не совместимы с измерительными средствами или программным обеспечением другой.

Предприятия третьей группы, благодаря тщательно проработанной программе поэтапного развития и наличию плана централизованного оснащения, отличаются полной сбалансированностью численности персонала диагностической бригады и имеющихся внешних средств технического диагностирования. Диагностические бригады прекрасно обучены, полностью укомплектованы всеми необходимыми аппаратно-программными средствами и методологическим обеспечением. Численность служб в большинстве случаев не превышает 4 – 6 человек. Экономический эффект от деятельности таких служб максимален и существенно превосходит показатели предприятий первых двух групп.

Достигается это путем квалифицированного комплексного использования всего доступного арсенала внешних средств технического диагностирования (переносных приборов, стендовых комплексов (контроль подшипников, электродвигателей, масла, балансировка на станке), стационарных систем различного назначения, центровщиков, тепловизоров, УЗ-дефектоскопов и т.д.) и передачи функций по первичному контролю вибрации и температуры службам цехов. Другая важная составляющая успешного функционирования диагностической бригады – грамотно проработанное методологическое обеспечение – инструкции по организации сбора данных с использованием различных методов неразрушающего контроля, диагностированию различных видов оборудования и т.д. Еще один определяющий момент, позволяющий повысить эффективность внедрения методов технического диагностирования – организация единого информационного диагностического пространства, позволяющего в дальнейшем тесно интегрироваться с общезаводскими информационными системами.

Рассмотрим более подробно основные положения комплексного подхода к мониторингу технического состояния и диагностике роторного оборудования, позволяющие оптимальным образом организовывать деятельность служб диагностики на современном металлургическом производстве.

Подходы к организации службы диагностики.

1. Контроль оборудования на всех этапах жизненного цикла.

Основной целью создания и развития направления технического диагностирования является увеличение эффективности управления производством путем повышения надежности работы оборудования и оптимизации затрат на техническое обслуживание и ремонт. Достижение этой цели невозможно без комплексного решения задач по оценке состояния промышленного оборудования на всех этапах жизненного цикла.

Новое оборудование нуждается в высококвалифицированном монтаже, а роль диагностики на этом этапе заключается в организации тщательного входного контроля вводимого в эксплуатацию оборудования путем проверки его характеристик в соответствии с действующей нормативной документацией и техническими паспортами.

На стадии эксплуатации оборудования аппаратные и программные средства технической диагностики призваны осуществлять контроль его текущих характеристик и своевременно информировать о возникающих неисправностях.

Залогом надежной и продолжительной эксплуатации оборудования является качественный ремонт, который невозможен без контроля всех основных вибрационных параметров перед выводом в ремонт и после ремонта. Любой ремонт, включающий в себя демонтаж отдельных узлов агрегата, не может быть завершен без балансировки и центровки.

Еще один немаловажный фактор успешного ремонта – организация стендовых испытаний. В настоящее время наибольшее распространение получили стенды входного контроля подшипников качения, которые способны произвести отбраковку некачественного изделия до его монтажа, а, следовательно, принести существенную экономию средств за счет исключения незапланированных простоев по вине некачественных подшипников. В условиях широкого распространения контрафактных изделий подобная экономия может внести существенный вклад в общее увеличение прибыльности производства.

Только неукоснительное соблюдение изложенных выше положений способно действительно повысить эффективность производства и надежность оборудования и привести к появлению положительного экономического эффекта от внедрения технологий технического диагностирования [3].

Ниже на рис. 1, 2 и 3 представлены аппаратно-программные комплексы НПО «ДИАТЕХ», позволяющие осуществлять контроль состояния оборудования на всех этапах его жизненного цикла, - виброанализатор нового поколения Clipper для организации входных, предремонтных и послеремонтных испытаний различных видов роторного оборудования, а также мониторинга его состояния в процессе эксплуатации по параметрам вибрации, балансировочный станок серии БМ (диапазон уравниваемых роторов от 10 кг до 1 тонны) для балансировки роторов после проведения ремонта и стенд входного контроля электродвигателей.



Рисунок 1 – Виброанализатор нового поколения Clipper



Рисунок 2 – Балансировочный станок серии БМ

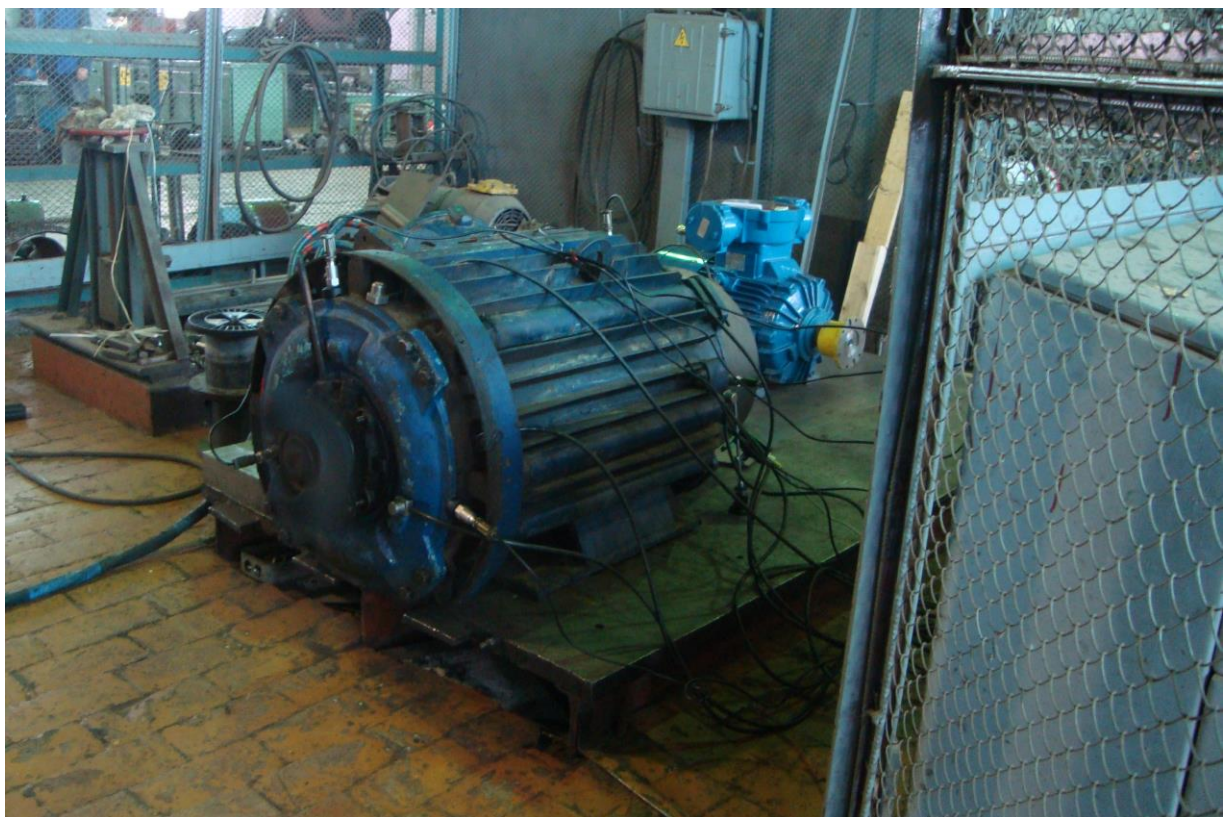


Рисунок 3 – Стенд входного контроля электродвигателей UMS_ED

2. Выбор оптимальных решений для контроля агрегатов в процессе эксплуатации.

Другим важным практическим аспектом, во многом определяющим успех развития направления технической диагностики, является организация эффективного контроля состояния оборудования в процессе его эксплуатации. Любой металлургический завод – это огромное количество единиц самого разнообразного оборудования, существенно различающегося по сложности конструктивного исполнения, режимам работы, выполняемым функциям и т.д. Очевидно, что не может существовать единого универсального аппаратного решения, позволяющего с максимальной эффективностью обеспечивать достоверную диагностику и предотвращать аварийные выходы из строя всего парка оборудования. Поэтому для комплексного оснащения предприятия системами технического диагностирования необходим достаточно широкий спектр технических решений. Какое именно из этих решений будет использоваться в каждом конкретном случае, зависит, как правило, от специфики решаемых задач. Для особо ответственного высокоскоростного оборудования, например турбин, компрессоров и т.д., на первый план выходят задачи защиты в режиме реального времени. Дефекты таких агрегатов могут иногда развиваться за очень короткие отрезки времени, а последствия аварий часто бывают непредсказуемыми. Вспомогательные тихоходные агрегаты, имеющие дублирование, напротив, достаточно контролировать с определенной периодичностью, а время между замерами в отдельных случаях может достигать нескольких месяцев.

В настоящее время наибольшее распространение получила классификация роторного оборудования по критериям времени и затрат, в максимальной степени ориентированная на выбор оптимального технического решения. При проведении этой классификации учитываются такие параметры как критичность оборудования (его стоимость, затраты на обслуживание, затраты на ремонт, стоимость простоя и аварийного ремонта и т.д.) и время развития дефекта (периодичность обновления данных, достаточная для принятия решения по дальнейшему обслуживанию и своевременному безаварийному выводу в ремонт). В результате, все вращающееся оборудование может быть разделено по приоритетности контроля на три основные группы: оборудование, дефекты которого развиваются достаточно медленно (годы - недели), а его критичность минимальна, промежуточная группа – более критичное оборудование с более быстроразвивающимися (недели - часы) дефектами и группа особо ответственного оборудования, дефекты которого могут развиваться за часы и даже минуты.

Очевидно, что подходы к контролю состояния и диагностике оборудования различных групп должны существенно различаться [4]. Для первой группы наиболее оправдан периодический контроль параметров с использованием переносных средств технического диагностирования (рис. 4). Для безаварийной эксплуатации оборудования второй группы необходим постоянный контроль ряда параметров при помощи стационарных систем, однако допускается последовательный сбор данных с определенной периодичностью (рис. 5). Особо ответственное оборудование третьей группы необходимо контролировать непрерывно, причем помимо мониторинга (отслеживания параметров во времени) необходимо осуществлять и защиту (оперативная сигнализация или отключение в случае превышения заданных уставок). Измерительный блок стационарной системы мониторинга и диагностики представлен на рис. 6.

Используемые технические решения могут также отличаться в зависимости от степени критичности оборудования, согласно принятой классификации. Например, для контроля состояния ответственного оборудования, дефекты которого развиваются достаточно медленно, оправдано использование многоканальных переносных либо стендовых исследовательских комплексов, более простое оборудование может контролироваться при помощи анализаторов, а вспомогательное оборудование – при помощи простейших тестеров.



Рисунок 4 – Переносной виброанализаторы Corvet



Рисунок 5 – Блок коммутации стационарной системы мониторинга и углубленной диагностики CMS (с параллельно-последовательным опросом)



Рисунок 6 – Измерительный блок стационарной системы мониторинга и диагностики UMS (с параллельным опросом каналов)

3. Стратегия распределенного мониторинга

Любой современный металлургический завод включает в себя большое количество основных и вспомогательных производств, на которых эксплуатируется огромное количество самого разнообразного оборудования. Внезапный выход из строя одного из агрегатов может стать причиной нарушения всего технологического цикла, поэтому первостепенной задачей является организация мониторинга состояния всего парка оборудования для обеспечения его безаварийной работы. Как показала практика, в силу целого ряда объективных причин, привлечение инженерного персонала предприятия для решения этой задачи малоэффективно. Малочисленность инженерных работников не позволяет обеспечить необходимую для безаварийной работы оборудования периодичность контроля параметров. По статистике, при периодичности проведения обследований агрегата реже 1/10 его межремонтного интервала велика вероятность пропуска дефекта. Кроме того, развитие некоторых дефектов, например, разрушение подшипников, обычно происходит лавинообразно. С другой стороны, при диагностике большого количества единиц оборудования бывает крайне сложно выполнить сбор необходимых дополнительных сведений, таких как, контроль температуры, режимных параметров, а также формализовать результаты визуального осмотра.

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 тестерами, требующими минимальных практических навыков оператора, с заданной периодичностью измеряют уровни вибрации поднадзорного оборудования (рис. 7). Помимо измерений вибрации оцениваются уровни шумов, температура, другие необходимые параметры, производится визуальный осмотр. 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

дополнительные 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 обеспечивать безотказную работу всего оборудования [5].

Для проведения детальной диагностики проблемных агрегатов, периодического мониторинга основного оборудования, балансировки в собственных подшипниках, организации входного контроля и приемосдаточных испытаний необходимо использовать анализаторы, позволяющие хранить в памяти результаты измерений, осуществлять обмен данными с компьютером, выполнять спектральный и другие виды анализа. Применение подобных приборов требует определенных знаний и навыков, а, их операторы, как правило, – обученные и аттестованные специалисты диагностической бригады. 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 с возможностью измерения различных параметров одновременно во многих точках (рис. 8).

Одним из основных подходов технического диагностирования является периодический мониторинг – отслеживание изменений различных параметров во времени, который наряду со сравнительным анализом режимных характеристик, обеспечивает максимальную достоверность заключений. 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. Требования к такому программному обеспечению крайне высоки. Помимо простоты работы и высочайшей надежности, программа должна обеспечивать возможность хранения больших объемов структурированных данных, оперативного обмена информацией, иметь мощный инструментарий для наглядного отображения различных сравнительных характеристик, а также иметь функции автоматического составления протоколов измерений и отчетов. В дополнение к основным возможностям программное обеспечение достаточно часто комплектуется расширительными модулями. В настоящее время наибольшее распространение получили экспертные модули, позволяющие автоматизировать процедуру диагностики основного и вспомогательного оборудования и повысить достоверность распознавания технического состояния отдельных узлов и механизмов.

В ряде случаев отсутствует необходимость постоянного контроля различных параметров, т.е. сбор данных можно осуществлять при помощи переносной измерительной аппаратуры, однако, доступ к точкам измерения на работающем оборудовании невозможен по соображениям техники безопасности. В этом случае проблема контроля и диагностики оборудования в труднодоступных местах может быть решена при помощи полустационарных систем. В таких системах датчики смонтированы стационарно, а блоки коммутации выведены в безопасное место. Специалисты, проводящие диагностику, с необходимой периодичностью осуществляют последовательный сбор данных по всем каналам при помощи переносного анализатора, подключаемого к коммутирующему блоку. Такой подход обеспечивает необходимую достоверность диагностики и является хорошим компромиссом по сочетанию критериев «цена-качество».

Другой важной составляющей безопасной работы оборудования являются стационарные системы контроля, диагностики и защиты, 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 средствами технического диагностирования. Современная стационарная система не только выполняет автоматический сбор различных вибрационных характеристик по многим каналам, но и осуществляет оперативный контроль других заданных параметров, а также сбор, хранение и архивацию всех поступающих данных. В случае необходимости стационарные системы могут быть легко интегрированы в существующие АСУ ТП. Системы нового поколения «обрастают» диагностическими функциями, некоторые имеют встроенную балансировочную программу и позволяют проводить балансировку агрегата в собственных опорах.



Рисунок 7 – Простейшие виброметры для оценки состояния оборудования семейства YAL



Рисунок 8 – Многоканальный виброизмерительный блок UMS-16

4. Концепция оптимального обслуживания

Успешная реализация описанных подходов позволяет осуществить переход на более совершенные и экономически эффективные формы организации технического обслуживания и ремонта.

На сегодняшний день различают три основные формы технического обслуживания промышленного оборудования [6]:

- реактивное - обслуживание до выхода оборудования из строя,
- планово-предупредительное обслуживание (ППР) – ремонты оборудования происходят с четкой периодичностью, согласно регламенту, и не зависят от состояния оборудования,
- по фактическому состоянию (или его усовершенствованная разновидность проактивное обслуживание) – ремонты происходят по мере фактического ухудшения состояния оборудования.

Основная идея реактивного обслуживания - позволить оборудованию работать до отказа и ремонтировать или заменять поврежденные агрегаты, только тогда, когда происходят очевидные проблемы. Исследования показали, что затраты при работе этим способом составляют приблизительно 18 долларов США на одну лошадиную силу в год. Преимущества данного подхода в том, что он прекрасно работает, если останов оборудования не влияет на производство, и, если трудовые и материальные затраты не имеют значения. Неудобства заключаются в том, что диагностическая бригада и ремонтные службы всегда работают в незапланированном режиме с неожиданными остановками процесса производства («кризисное управление»); для быстрой замены завод должен иметь огромные запасы материально-производственных частей. Без сомнения, это - самый неэффективный способ технического обслуживания предприятия. Бесполезные попытки снизить затраты, покупая "дешевые" части и нанимая "дешевую" рабочую силу, еще больше ухудшают проблемы.

Система планово-предупредительного обслуживания состоит в планировании обслуживания в predetermined временные интервалы, когда ремонт или замена поврежденного оборудования производится до возникновения очевидных проблем. Проведенные исследования показали, что затраты при таком способе работы составляют приблизительно 13 долларов США на лошадиную силу в год. Преимущества данного подхода состоят в том, что он прекрасно работает на оборудовании, которое не функционирует непрерывно, и, если персонал имеет достаточно знаний, навыков, и времени, чтобы выполнять профилактическое обслуживание. Неудобство в том, что плановое обслуживание может быть выполнено слишком рано или слишком поздно. Вполне возможно, что снижение производства будет происходить из-за потенциально ненужного обслуживания. Во многих случаях есть вероятность ухудшения характеристик в результате неправильных методов ремонта. Бывают ситуации, когда хорошие машины разбираются, хорошие узлы снимаются и бракуются, а затем не надлежащим образом устанавливаются новые.

Стратегия обслуживания по фактическому состоянию состоит в планировании обслуживания, только в том случае, когда с течением времени происходят изменения механических или эксплуатационных состояний, что обеспечивается периодическим контролем машины на наличие чрезмерной вибрации, повышенной температуры, ухудшения смазки или наблюдением за любыми другими нездоровыми тенденциями. Когда состояние приближается к predetermined недопустимому уровню, то оборудование останавливается для проведения ремонта или замены поврежденных узлов, чтобы не допустить появления более дорогостоящего отказа. Проведенные исследования показали, что затраты при таком способе работы составляют приблизительно от 9 до 6 долларов США на лошадиную силу в год. Преимущества данного подхода заключаются в том, что он прекрасно работает, если персонал имеет достаточно знаний, навыков, и времени для выполнения прогнозирующего технического обслуживания и ремонта.

Ремонт оборудования может быть намечен постепенно и это дает некоторое время на выполнение мероприятий по закупке материалов, необходимых для ремонта, что уменьшает потребность в хранении большого количества запчастей. Так как техническое обслуживание и ремонт выполняется только при необходимости, появляется значительное увеличение производительности. Единственное неудобство заключается в том, что объемы технического обслуживания могут фактически даже увеличиться, если персонал ненадлежащим образом оценивает уровень деградации оборудования. Чтобы наблюдать развитие нездоровых тенденций по вибрации, температуре или смазке, этот метод требует средств на закупку оборудования для контроля этих параметров и обучения персонала.

Еще более совершенной формой технического обслуживания и ремонта является система проактивного обслуживания. В рамках данной стратегии все ремонты также производятся строго с учетом фактической необходимости, но при этом диагностические бригады занимаются дополнительной аналитической работой, систематизируя статистику отказов различных узлов и механизмов с целью выявления первопричин возникновения неисправностей. Например, недостаточно своевременно выявлять частые выходы из строя подшипников, необходимо на основании всестороннего анализа различных данных выяснить причину – плохое качество закупаемых подшипников, проведение некачественной балансировки или центровки, проблемы фундамента и т.д. Такая форма технического обслуживания является наиболее предпочтительной, так как, только устранив причину возникновения неисправности, специалисты могут предотвратить дальнейшее появление дефектов.

Представленные сведения, на первый взгляд, свидетельствуют о безусловном предпочтении организации стратегии технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию. Во-первых, происходит увеличение производительности за счет исключения аварийных ситуаций и необоснованных простоев, повышается качество выпускаемой продукции, а, во-вторых, своевременное планирование объемов и сроков ремонтов позволяет существенно снизить затраты. По данным независимой ассоциации MIMOSA, в которую входят технические специалисты многих научных институтов и промышленных предприятий разных стран, при переходе на обслуживание по фактическому состоянию или проактивное обслуживание экономия средств составляет в среднем от 4 до 7 долларов США в год на приведенную единицу мощности (лошадиную силу). К сожалению, подобный переход сопряжен с рядом трудностей, таких как высокая квалификация персонала, необходимость согласованного взаимодействия различных подразделений предприятия и т.д.

Для проверки эффективности перевода системы технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования на более совершенные стратегии были произведены специальные исследования, в ходе которых анализировались различные подходы к обслуживанию разных групп агрегатов с использованием современного математического аппарата – марковских процессов с дискретными состояниями и дискретными интервалами времени [7]. Результаты исследований показали, что эффективность той или иной формы технического обслуживания напрямую зависит от стоимости самого оборудования, его наиболее уязвимых узлов, возможных простоев, а также стоимости текущего, планового и аварийного ремонтов. При определенных сочетаниях этих показателей эффективной и экономически оправданной может быть система планового или даже реактивного обслуживания.

По этой причине, на сегодняшний день на большинстве современных промышленных предприятий наиболее выгодной считается стратегия «оптимального», «комбинированного» или смешанного обслуживания, при которой для различных групп оборудования, в зависимости от экономической целесообразности, выбираются различные виды технического обслуживания. Однако такой подход может быть использован только при условии квалифицированного внедрения всего комплекса необходимых средств технического диагностирования. В этом случае на оптимальное обслуживание может быть

переведено не только вспомогательное, но и основное технологическое оборудование всех производств. Примеры значительного экономического эффекта от таких переходов уже наблюдаются на ряде предприятий в России и странах СНГ.

Список литературы

1. Сушко А.Е., Грибанов В.А. Проблемы оценки технического состояния динамического оборудования опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2011. №10 С. 58 – 65.
2. Имамутдинов И., Медовников Д. Крутящий момент // Эксперт. 2001. №41.
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. Сидоров В.А., Сушко А.Е. Выбор диагностических параметров для стационарных систем контроля технического состояния металлургических машин // Контроль. Диагностика. 2011. №1 С. 56 – 62.
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. Сушко А.Е., Демин М.А. Вибродиагностика в системах технического обслуживания по фактическому состоянию оборудования металлургических производств // Вибрация машин: измерение снижение защита. 2005. №1. С. 6- 9.
7. Сушко А.Е. Современные подходы к формированию системы оптимального технического обслуживания и ремонта компрессорного оборудования // Компрессорная техника и пневматика. 2007. №1. С. 33-37.