

УДК 681.518/54+669.013

## Система мониторинга состояния оборудования Компакс<sup>®</sup> для колесно-прокатного стана<sup>1</sup>

Обеспечение безопасной ресурсосберегающей эксплуатации, наблюдаемости и управляемости техническим состоянием оборудования представляется первостепенной задачей для предприятий, решение которой позволяет достичь высокой устойчивости технологического процесса и сокращения всех видов потерь. На Выксунском металлургическом заводе (ВМЗ) в 2001 г. для контроля состояния агрегатов (станов, клетей, прессов и др.) была организована служба диагностики. Несмотря на периодическое диагностирование переносными приборами, непредсказуемые аварийные остановки все же происходили. Причина скрывалась в высокой степени субъективности, разорванности кольца управления между исполнителем и руководящим составом, отсутствии достоверной диагностической информации, т. е. не было организовано наблюдение за техническим состоянием объекта. Правильно управлять и обеспечивать устойчивость технологического объекта можно только на основе информации надлежащего качества, достоверной, полученной своевременно и в достаточном количестве.

Для того чтобы развитие неисправностей стало наблюдаемым, необходим непрерывный мониторинг, т. е. диагностика с периодом существенно короче интервала их развития и с автоматической доставкой объективных результатов. Основная задача системы мониторинга состояния оборудования — обнаружение неисправностей, обеспечение наблюдения за их развитием и своевременное предупреждение о необходимости технического обслуживания. В 2005 г. руководство завода решило установить на колесопрокатном стане (КПС) прессопрокатного участка стационарную систему мониторинга состояния оборудования Компакс<sup>®</sup>, разработанную НПЦ "Динамика" (г. Омск). Стан предназначен для горячей прокатки железнодорожных колес. Мощность линии — не менее 100 колес в час, прибыль — около 10 тыс. руб. на колесо. Согласно нормативным документам, линию прокатки ежедневно останавливали на 1 ч для технического осмотра и еженедельно на 8 ч для технического обслужива-

ния. Аварийные остановки длились, как правило, от 1 до 10 ч, следовательно, предотвращение одной остановки позволяет сберечь до 8–10 млн руб.

**Автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования АСУ БЭР<sup>™</sup> Компакс<sup>®</sup>** объединили системы мониторинга состояния оборудования на установках и стендовые для диагностики качества закупаемого и отремонтированного оборудования в единую диагностическую сеть предприятия (Compacs-Net<sup>®</sup>), предоставляющую объективную информацию в реальном времени [1, 2]. АСУ БЭР реализуют безопасную ресурсосберегающую SM<sup>TM</sup>-технологию (Safe Maintenance) управления состоянием оборудования и представляют систему MES (Manufacturing Execution System), которая обеспечивает наблюдаемость за состоянием выпускаемого, ремонтируемого и эксплуатируемого оборудования, управление его качеством на всех стадиях технологического цикла, а также устойчивость, безопасность и эффективность производства. Таким образом, АСУ БЭР опираются на три составляющие: системы мониторинга состояния производственного оборудования в реальном времени Компакс; системы диагностики качества выпускаемого и ремонтируемого оборудования; диагностическую сеть предприятия (Compacs-Net<sup>®</sup>).

Ядро структуры АСУ БЭР Компакс составляют стационарные системы мониторинга состояния оборудования Компакс, имеющие встроенную автоматическую экспертную систему, инвариантную к конструкции агрегата, которая обеспечивает стратегию диагностики минимальной стоимости СДМС<sup>TM</sup>. АСУ БЭР дает возможность непрерывно в автоматическом режиме получать и использовать объективную информацию о состоянии агрегатов для технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО), выявлять и ликвидировать фундаментальные причины отказов оборудования (технология ЛиФПО<sup>TM</sup>), ужесточать производственную дисциплину путем объективного контроля и своевременной коррекции действий персонала.

Система Компакс включает (рис. 1): распределенную систему датчиков, контролирующих основные параметры оборудования; аналогичную систему выносных модулей, обеспечивающих первичное преоб-

<sup>1</sup> В работе принимали участие А. С. Рубаненко, А. В. Рыкин.

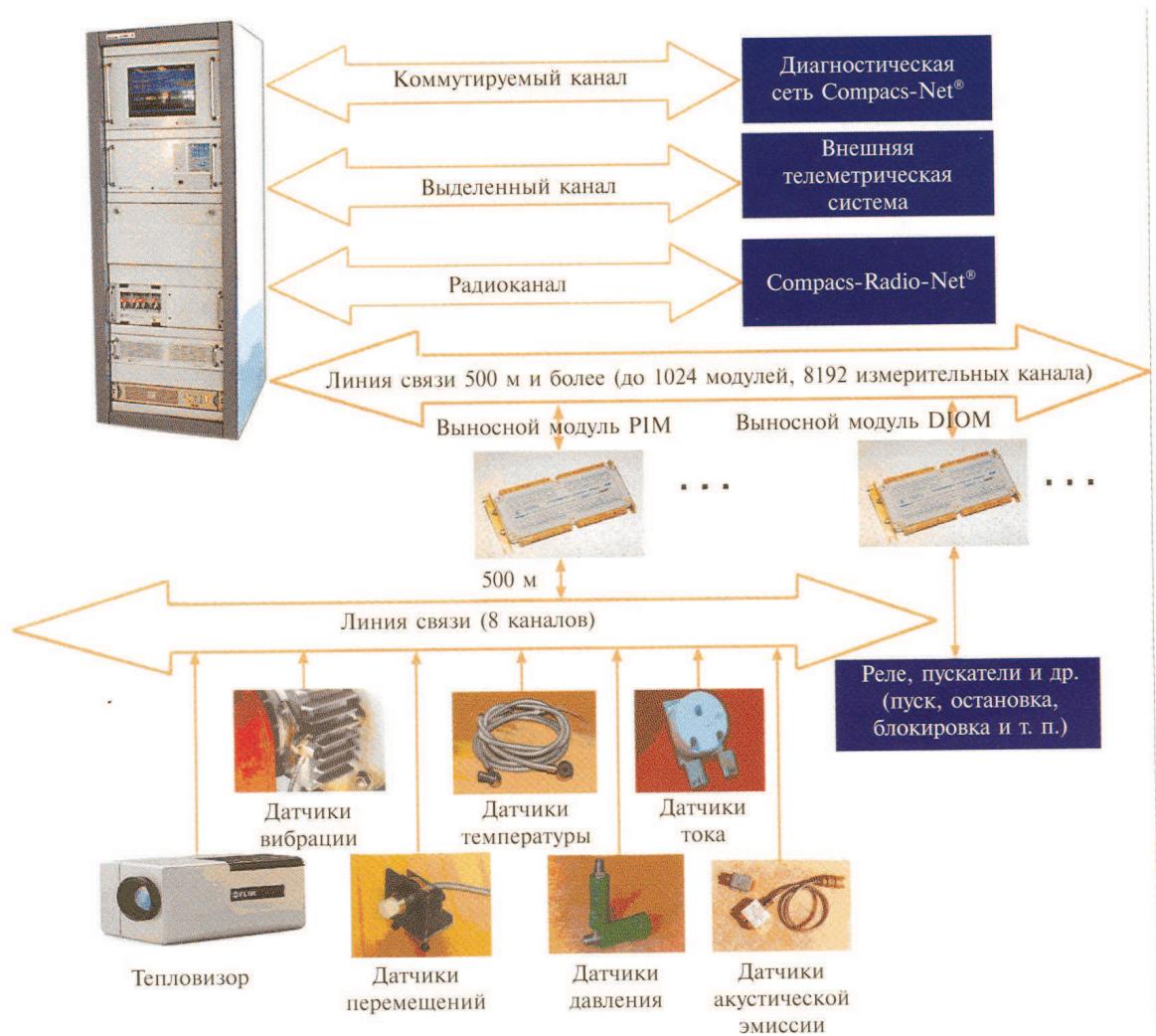


Рис. 1. Структура системы компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля технического состояния оборудования Компакс®

разование сигналов с датчиков и их трансляцию в диагностический контроллер, а также контроль за целостностью самих датчиков и линий связи; диагностическую станцию, выполняющую сбор, хранение, обработку данных и отображение результатов мониторинга. Выносные модули этой системы устанавливают в непосредственной близости от объекта, на котором размещаются измерительные датчики. Модули находятся в защитных металлических коробах или шкафах. Они соединены с диагностической станцией двумя линиями связи для сокращения длины кабельных трасс. Модули и датчики имеют взрывозащищенное исполнение по классу 0ExiallCT5 и могут применяться в опасных зонах всех классов. В качестве контроллера диагностической станции используется промышленный безвентиляторный отказоустойчивый компьютер собственной разработки, выполняющий функции управления системой измерения, архивирования, анализа, визуализации параметров и сообщений экспертной системы (ЭС).

Программное обеспечение системы Компакс состоит из ряда модулей: Монитор, Тренд, Анализ, Журнал, Система, Осциллограф и Экспертная система. Модуль Монитор предназначен для отображения ин-

формации о состоянии оборудования всего комплекса в виде светофорных пиктограмм и текстовых сообщений экспертной системы. Система автоматически определяет наиболее опасный объект и указывает на него курсором, выдает речевое предупреждение персоналу через аудиосистему, а также визуальное путем отображения в правой верхней части экрана сообщений, а в левой — значений всех измеренных параметров по данному субъекту с указанием нормативных данных. Модуль Тренд позволяет просматривать тренды измеренных параметров в шести временных базах (реальном времени, 12 ч, 4 сут, 40 сут, 1 год и 9 лет). Модуль Анализ дает возможность анализировать временную реализацию сигналов и их огибающие, спектры, кепстры и др. С помощью такой информации специалисты выявляют фундаментальные причины отказов (ошибки эксплуатации, проектирования, монтажа), а при необходимости уточняют поставленный системой диагноз. Модуль Журнал (журнал механика-электрика ЖМЭ) автоматизирует документирование и планирование ремонтных работ, автоматически выполняет подсчет наработки агрегатов, расчет ресурса узлов агрегатов между ремонтами, автоматически формирует планы ремонтов и технического обслуживания

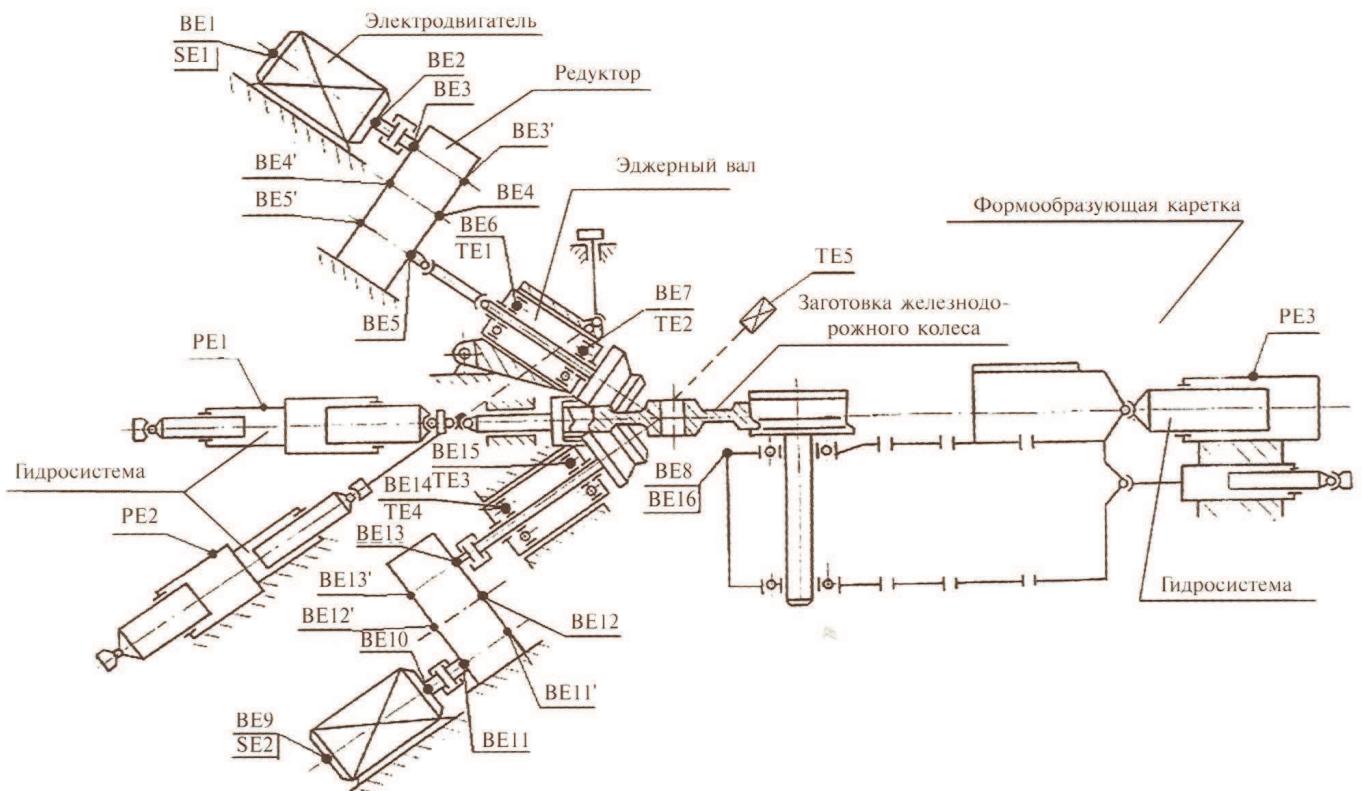


Рис. 2. Схема расположения датчиков системы мониторинга состояния оборудования Компакс®-КПС: ВЕ — датчики вибрации; СЕ — датчики оборотов; РЕ — датчики давления; ТЕ — датчики температуры; ТЕ6 — пирометр

оборудования, ведет перечень агрегатов, находящихся в ремонте, с указанием причин и дефектов, составляет базу данных о проведенных работах с оборудованием и о заменах запасных частей. Модуль Система предназначен для контроля состояния измерительной аппаратуры системы Компакс, а также для выполнения автоматической самодиагностики датчиков, модулей, измерительных линий и диагностической станции. Модуль Осциллограф используется для автоматизации процедур метрологической проверки системы.

Система Компакс инвариантна к конструкции машины и реализует разные методы неразрушающего контроля (виброакустический, акусто-эмиссионный, электрический, ультразвуковой, тепловой и параметрические). Система относится к классу экспертных для поддержки принятия решений, т. е. в ее обязанности входит помочь обслуживающему персоналу при принятии обоснованных решений по управлению режимом работы и состоянием оборудования. В систему поступают сигналы с датчиков, и в ней формируется вектор ортогональных диагностических признаков, включающий около десяти видов неразрушающего контроля (НК) — в основном вибрационный, акусто-эмиссионный, тепловой, электрический. Вектор диагностических признаков поступает в блок обработки логических предикатов, по результатам работы которого формируются выводы экспертной системы. В результате автоматическая экспертная система выдает диагностические предписания на основной экран в виде текстовых сообщений, а также в виде речевых предупреждений.

Таким образом, система обеспечивает непрерывный мониторинг производственного комплекса бла-

годаря совокупности разных методов НК на единой программно-аппаратной платформе, что позволяет диагностировать состояние машинного (станов, клетей, насосов, компрессоров, воздуходувок, электродвигателей и др.), технологического (прессов, печей, трубопроводов, резервуаров) и прочего оборудования.

Технология АСУ БЭР базируется на концепции повышения качества производства и ремонта оборудования путем объективной оценки технического состояния узлов и агрегатов. Концепция, реализованная на базе системы компьютерного мониторинга Компакс, включает стендовые модификации системы, которые успешно работают в ремонтных производствах десятков предприятий и позволяют, в частности, объективно оценивать техническое состояние подшипников качения и скольжения (Компакс®-РПП и Компакс®-УЗД); выполнять балансировку роторов электродвигателей (Компакс®-РЭБ), а также диагностику и динамическую балансировку роторов консольных насосов в собственных подшипниках (Компакс®-РПМ).

Все системы объединяются в диагностическую сеть предприятия Compacs-Net, посредством которой руководители и специалисты отдела главного механика, технического надзора, главного энергетика и других служб и подразделений в реальном времени получают достоверную, своевременную и полную информацию для технического обслуживания, ремонта и объективного контроля исполнения предписаний системы (возможность объективного контроля своевременности и адекватности действий персонала) с целью обеспечения безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования завода. Подключение диагности-

ческой сети Compacs-Net к Интернету позволяет путем анализа сигналов и трендов в on-line режиме обеспечить консультации и поддержку принятия решений в сложных вопросах, а также постановку диагноза.

**Стационарная система компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля состояния Компакс.** Система была внедрена в 2005 г. на колесопрокатном стане (КПС) прессопрокатного участка (ППУ) колесопрокатного комплекса (КПК) Выксунского металлургического завода. КПС состоит из верхнего и нижнего эджерных валов, приводимых в движение двигателями постоянного тока через двухступенчатые редукторы, а также из узла нажимных валков и каретки, управляемой гидравлической системой (рис. 2).

Система Компакс-КПС обеспечивает мониторинг технического состояния стана (22 канала вибрации, четыре — температуры, два — частоты вращения, три — давления жидкости в гидравлической системе), а также контроль температуры заготовок с помощью пирометра (рис. 2). Система представляет текущую информацию о состоянии стана операторам и включена в диагностическую сеть предприятия Compacs-Net, по которой информацию получают механики и технологии ППУ, а также лаборатория технической диагностики.

К особенностям данной системы относятся: экспертная система диагностики низкооборотного оборудования, основанная на методе SPD-фильтрации [3]; новые алгоритмы диагностирования технического состояния стана на холостом ходу, т. е. режим системы Компакс-КПС, предназначенный для контроля качества ремонтных работ при технологическом режиме; алгоритмы диагностирования стана в режиме старт-стоп; модуль оперативной замены подшипников (в одних и тех же узлах могут быть установлены подшипники разных производителей).

В результате мониторинг технического состояния в реальном времени позволил перевести отказы колесопрокатного стана из категории внезапных в категорию постепенных благодаря раннему их обнаружению и оповещению персонала о развивающейся неисправности. Кроме того, после ремонта стан принимается только под наблюдением системы Компакс-КПС. Это дает возможность до выхода стана на технологический режим работы выявить и устранить все возникающие дефекты путем технического обслуживания или ремонта. В качестве подтверждения эффективности внедрения стационарных систем Компакс на металлургическом оборудовании можно рассмотреть несколько примеров безопасной ресурсосберегающей эксплуатации колесопрокатного стана по фактическому техническому состоянию.

На рис. 3 представлен тренд вибропараметра, отвечающего за состояние крепления винта вала нижнего эджерного вала. После простоя, связанного с перевалкой инструмента (участок 1), произошло ослабление крепления вала (участки 2 — 4). Механик ППУ дал указание остановить стан и закрепить валок. Таким образом, авария (обрыв конуса) и 8-ч простой линии прокатки были предотвращены и проведено техничес-

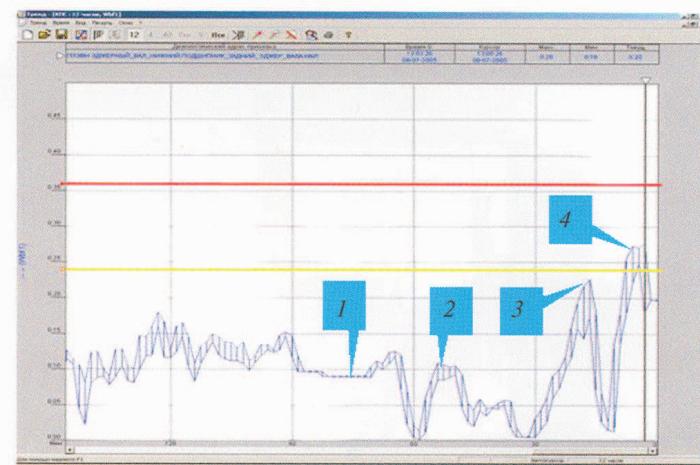


Рис. 3. Тренд вибропараметра, отвечающего за ослабление крепления винта вала нижнего эджерного вала : 1 — простой стана, связанный с креплением инструмента; 2 — 4 — многостадийное ослабление крепления вала

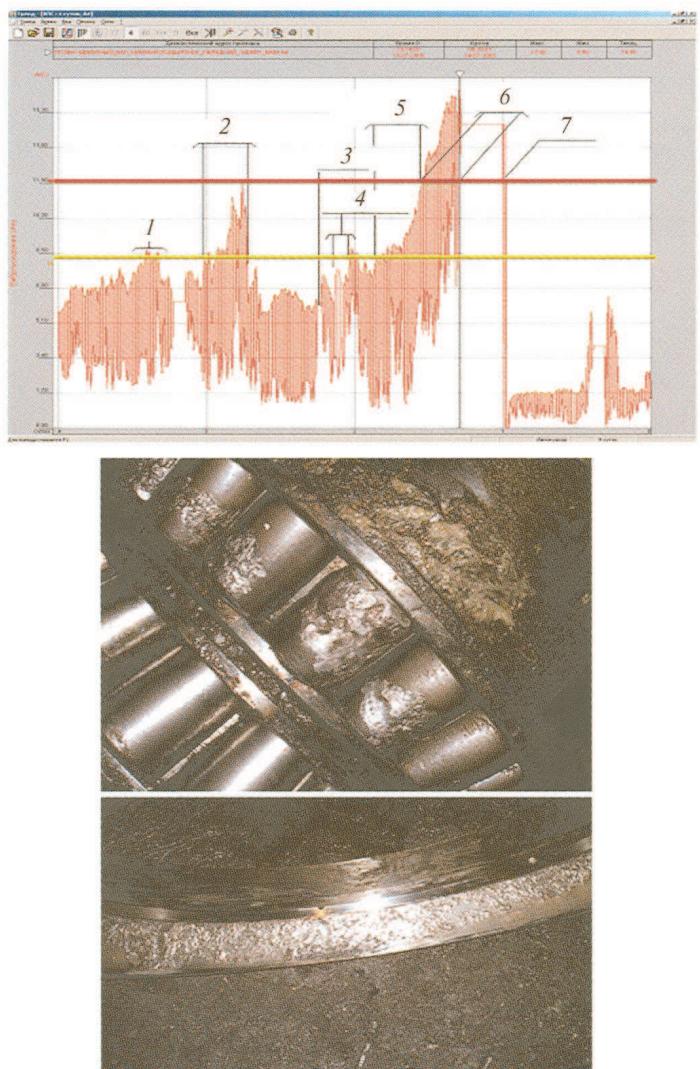


Рис. 4. Тренд вибропараметра, отвечающего за наличие или отсутствие смазки в подшипниковом узле быстроходного вала нижнего редуктора колесопрокатного стана

кое обслуживание по фактическому состоянию в реальном времени, тем самым было дополнительно выпущено более 800 колес. Необходимо отметить, что данная ситуация развивалась на протяжении 30 мин.

Тренд на рис. 4 иллюстрирует эффективность диагностирования системы смазки. После текущего простоя линии, связанного со шлифовкой инструмента деформации, техническое состояние нижнего редуктора ухудшилось и стало недопустимым, при этом система предупредила персонал о необходимости проверки системы смазки. В результате осмотра было обнаружено, что масляные трубы забиты и смазка не поступает. После проведения технического обслуживания работа данного узла улучшилась и перешла в технического состояния "допустимо". В результате авария и простой линии в течение 16 ч были предотвращены и дополнительно изготовлено более 1600 колес.

На рис. 5 представлены многостадийное разрушение подшипника эджерного вала стана и адекватная реакция системы мониторинга состояния оборудования, которая обнаружила дефект за 52 ч до остановки стана. Аварийная остановка была исключена, проведен плановый ремонт прессопрокатной линии по фактическому техническому состоянию. Необходимо отметить, что диагностика подшипников эджерного вала, выполненная с помощью переносных приборов на холостом ходу

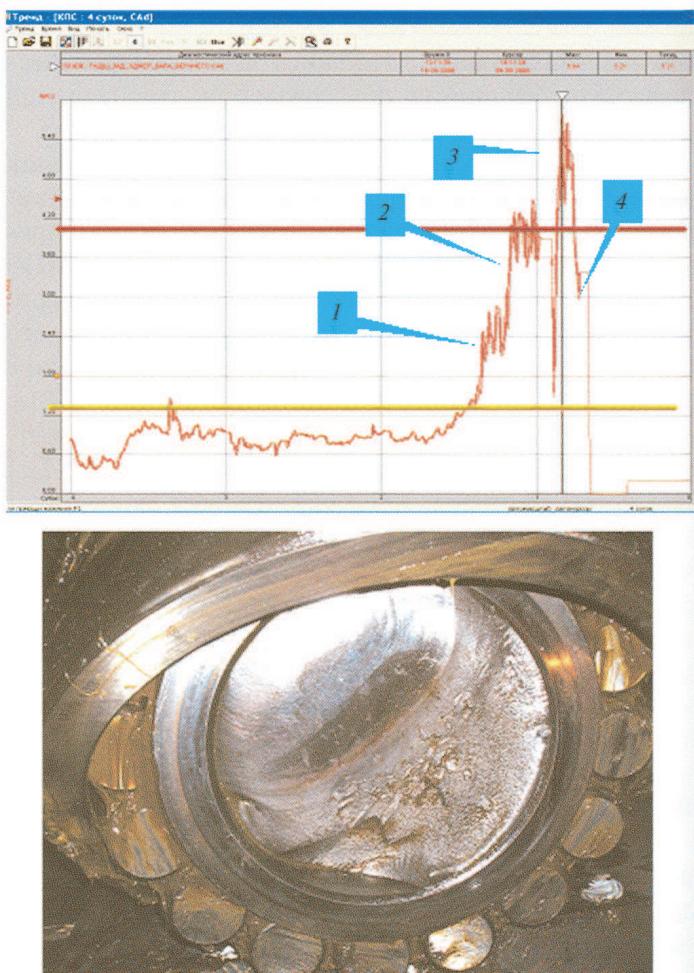


**Рис. 5.** Многостадийное разрушение подшипника эджерного вала: 1 — 1-е предупреждение; 2 — 2-е предупреждение; 3 — диагностика переносными приборами; 4 — наблюдение за работой системы; 5 — катастрофическое разрушение подшипника; 6 — аварийные предупреждения (НДП); 7 — пуск КПС

во время перевалки, результатов не дала, так как стан работал без реальных нагрузок.

На рис. 6 показан тренд мультимодального экспоненциального разрушения эджерного вала, на котором ярко выражены три стадии его усталостного разрушения (участки 1 – 3). В результате было принято решение эксплуатировать его до отказа, т. е. использовать в полной мере заложенный ресурс. Была своевременно собрана ремонтная бригада, подготовлен новый эджерный вал и затем оперативно проведена его замена, что позволило сократить простой стана более чем на 3 ч, благодаря чему было дополнительно изготовлено более 300 колес.

Мониторинг состояния в реальном времени обеспечивает своевременное техническое обслуживание в нужном объеме и вывод оборудования в ремонт в зависимости от его состояния, условий эксплуатации и отрицательного влияния “человеческого фактора”. Стационарная система Компакс обеспечивает высокий уровень безопасности при переводе оборудования в эксплуатацию по фактическому техническому состоянию. Глав-



**Рис. 6.** Тренд мультимодального экспоненциального разрушения (срез) эджерного вала колесопрокатного стана: 1 – 3 — верхний вал; 4 — ремонт стана по фактическому состоянию

ным источником рентабельности становится уменьшение в несколько раз числа внезапных отказов, числа и продолжительности простоев технологической линии прокатки, а также потеря оборудования вследствие поломок или разрушения. Существенно сокращается длительность выхода оборудования на рабочий режим после ремонта. Другой важный фактор заключен в повышении культуры эксплуатации оборудования, что привело к значительному увеличению его ресурса.

**Экономическая эффективность.** За два года эксплуатации системы Компакс-КПС отработана технология безопасной ресурсосберегающей эксплуатации стана, при этом не произошло ни одной аварии и ни одного инцидента из-за внезапного выхода из строя оборудования. В то же время по данным системы Журнал и трендов состояния оборудования всегда можно определить качество работы обслуживающего и технологического персонала и выявить фундаментальные причины отказа оборудования. Устранение этих причин позволило исключить ряд ранее возникавших отказов, вести безопасную ресурсосберегающую эксплуатацию в реальном времени, своевременно и целенаправленно устранять деструктивные нагрузки на агрегат.

Таким образом, после внедрения системы комплексного мониторинга состояния оборудования Компакс-

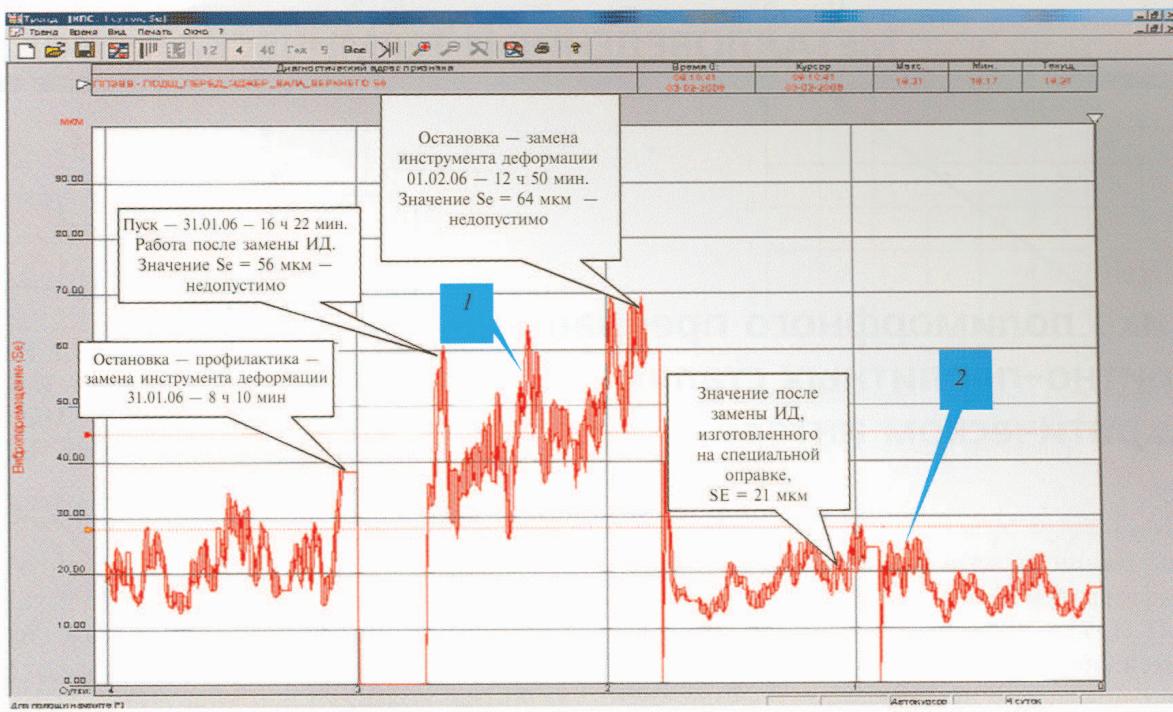


Рис. 7. Тренд вибропараметра, отвечающего за техническое состояние геометрии инструмента деформации: 1 — нарушенная геометрия инструмента; 2 — правильная

КПС на колесопрокатном стане ВМЗ в течение 6 мес перешли на эксплуатацию и ремонт оборудования по фактическому техническому состоянию в реальном времени; по официально опубликованным данным предотвращено более 30 критических ситуаций. Система окупилась более чем в 10 раз, обеспечив прямой экономический эффект более 50 млн руб.

**Ликвидация фундаментальных причин отказов (технология ЛиФПО™).** Важная составляющая эффективности применения систем Компакс — возможность оптимизации технологических режимов работы комплекса для ликвидации фундаментальных причин отказов оборудования благодаря наблюдаемости за его техническим состоянием. Например, анализ состояния посадочного места верхней и нижней головок эджерных валов (рис. 7) показал, что некачественное изготовление инструмента деформации приводит к повышенным динамическим нагрузкам (участок 1). После изменения технологии изготовления инструмента уровень вибрации снизился более чем втрое (участок 2). Следовательно, система служит инструментом для оценки эффективности принятых решений об изменении технологии его изготовления.

В дальнейшем планируется расширение системы диагностики состояния линии прокатки (прессов мощностью 20, 50, 100 и 35 МН, сосудов наполнителей) и наиболее ответственных узлов, что позволит перейти на безопасную ресурсосберегающую эксплуатацию прессопрокатного участка на основе АСУ БЭР Компакс.

## Заключение

Внедрение на Выксунском металлургическом заводе автоматизированной системы управления безопас-

ной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования АСУ БЭР Компакс позволило: перейти на обслуживание оборудования по фактическому техническому состоянию в реальном времени; увеличить межремонтные сроки эксплуатации комплексов до продолжительности технологического цикла; значительно повысить надежность и техническую готовность оборудования при полной загрузке производственных мощностей, благодаря мониторингу технического состояния исключить влияние “человеческого фактора”.

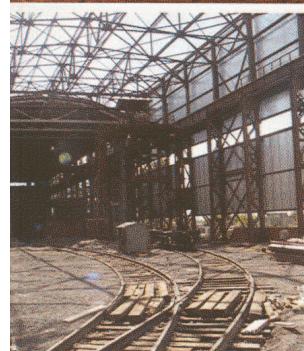
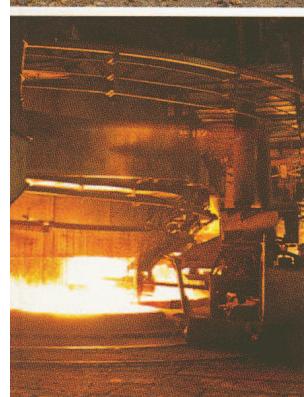
Рекомендуется внедрять АСУ БЭР Компакс на новых и реконструируемых производствах. Оборудование новых агрегатов вследствие неконтролируемых и неквалифицированных действий персонала требует постоянного ремонта. В связи с этим на Выксунском металлургическом заводе считают целесообразным при проектировании новых технологических установок учитывать внедрение стационарных систем Компакс на этапе строительства.

## Библиографический список

1. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства. — М. : Машиностроение, 2002. — 224 с.
2. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР™ Компакс®) / В. Н. Костюков, С. Н. Бойченко, А. В. Костюков : под ред. В. Н. Костюкова. — М. : Машиностроение, 1999. — 163 с.
3. Пат. 2103668 РФ, МКИ G 01 M 15/00. Способ диагностики и прогнозирования технического состояния машин по вибрации корпуса / Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Костюков А. В. ; опубл. 1998, Бюл. № 3.
4. Пат. 1739245 РФ, МКИ G 01 M 15/00. Устройство для диагностики машин / Костюков В. Н. ; опубл. 1992, Бюл. № 21.

ISSN 0038-920X

# СТАЛЬ



50 лет  
Серовскому  
 заводу  
 ферросплавов

4/2008

Москва . ООО "Интернет Инжиниринг"

На правах рекламы

## Содержание

### ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Буткарев А. А. Методология комплексного исследования и оптимизации теплотехнических схем обжиговых конвейерных машин ..... 2  
Лавров В. В., Спирин Н. А., Бабин И. А., Перминов А. И., Бурыкин А. А. Повышение эффективности работы доменного цеха путем оптимального использования топливно-энергетических ресурсов ..... 10

### СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Живченко В. С., Фролова С. А. Влияние технологических факторов внепечного рафинирования на степень усвоения наполнителей в порошковой поволоке ..... 14  
Макрушин А. А., Зарубин С. В., Айзин Ю. М., Цветков А. Д., Румянцев И. Л., Груздев А. Я. Опыт эксплуатации узких стенок слябового кристаллизатора с оптимизированной формой рабочей поверхности ..... 17  
Смирнов А. Н., Цупрун А. Ю., Новикова Е. В., Кислица В. В., Нагорный С. А. Особенности явления «наматывания» окалины опорными роликами слябовой МНЛЗ ..... 19  
Гущин В. Н. Особенности формирования кузнецких слитков при дифференцированном теплоотводе от верхней части ..... 23

### ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ

- Юрьев А. Б., Годик Л. А., Девяткин Ю. Д., Козырев Н. А., Токарев А. В. Разработка технологии раскисления рельсовой стали карбидом кальция ..... 25  
Дашевский В. Я., Шалимов Ал. Г. Физическая химия металлических расплавов (Научные чтения, посвященные 105-летию со дня рождения А. М. Самарина) ..... 27

### ФЕРРОСПЛАВЫ

- Есенжулов А. Б., Островский Я. И. Серовскому заводу ферросплавов — 50 лет ..... 29  
Есенжулов А. Б., Островский Я. И., Афанасьев В. И., Заякин О. В., Жучков В. И. Использование российского хроморудного сырья при выплавке высокоуглеродистого феррохрома в ОАО СЗФ ..... 32  
Вундер А. Ю., Веселовский И. А., Кононова О. В. Вопросы подготовки к сертификации систем менеджмента на Серовском заводе ферросплавов ..... 36  
Островский Я. И., Кирпиков Н. А. Курс на экологически чистое производство ..... 40  
Абдибеков Е. К. Развитие шлакопереработки на Серовском заводе ферросплавов ..... 41

### ПРОКАТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Кузнецов И. С., Прахов А. Е., Уманский А. А., Рубцов Ю. Т. Влияние технологических факторов на качество поверхности заготовок конструкционных сталей ..... 43  
Капланов В. И. Математические модели контактного трения при горячей прокатке листовой стали ..... 46  
Ефимов О. Ю., Фастыковский А. Р., Чинокалов В. Я., Копылов И. В. Освоение технологии прокатки — разделения на непрерывном мелкосортном стане ..... 50  
В. П. Настичу — 55 лет ..... 52

### ПРОИЗВОДСТВО ТРУБ

- Павловский Б. Г., Угрюмов Ю. Д. Совершенствование процессов косовалковой прошивки и раскатки ..... 53

### МЕТИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

- Демидов А. В., Рожков А. И., Сачава Д. Г. Стойкость термохимически упрочненных волок ..... 56

### МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Костюков А. В., Синицын А. А., Волков А. М., Кузнецов О. В. Система мониторинга состояния оборудования Компакс® для колесно-прокатного стана ..... 58

### МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

- Гладштейн Л. И., Риваненок Т. Н. Кинетика полиморфного превращения в ферритино-перлитных сталях при нагреве в межкритическом интервале температур ..... 64

- Демин К. К., Паршиков С. Ф. Совершенствование технологии охлаждения ленты после светлого отжига в одностопной колпаковой печи ..... 69

- Гришина Е. Новые стали — новые возможности ..... 70

- Марченко В. Н., Зинько Б. Ф. Современные тенденции разработки и производства сталей и труб для магистральных газонефтепроводов (по материалам конференции) ..... 72

### НОВЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОЦЕССЫ

- Зайченко В. В., Косов В. В., Косов В. Ф., Синельщиков В. А., Сокол Г. Ф. Новый композитный углеродный материал: технология и перспективы ..... 77

### ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Хотомлянский А. Л., Черната Т. Н. Ситуационный подход к распределению косвенных расходов между отдельными видами металлопродукции ..... 80

### ЭКОЛОГИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

- Лозин Г. А. Совершенствование структуры газоотводящей системы электросталеплавильного производства ..... 84

- Гогичаишвили Б. Г., Кашакашвили Г. В., Микадзе О. Ш., Сванидзе З. С. Применение сорбентов для очистки газов, образующихся при производстве комплексных сплавов из вторичного сырья ..... 88

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Антонов Г. Л., Перлевский А. А., Маликова Е. Б., Осипова Л. В., Картунова О. Ю. Совершенствование технологии обжига известняка в шахтных печах ..... 90  
В. Ф. Сарычеву — 70 лет ..... 92

- Книги издательства “Интермет Инжиниринг” ..... 22  
О подписке на журнал ..... 83



Основан в июне 1931 года

# сталь

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ

4  
2008

Учредитель:  
Международный союз металлургов

МОСКВА  
ООО "Интермет Инжиниринг"

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
**Колпаков С. В.**

АЛЕКСЕЕВ Е. А.  
(зам. главного редактора)

АРСЕНЬЕВ В. В.

АФОНИН С. З.

БРОДОВ А. А.

ВАГИНА Л. П.

ГАСИК М. И.

ДЕЙНЕКО Ал. Д.

ДРОЗДОВ Н. И.

ЕЛАНСКИЙ Г. Н.

КАЛЕНСКИЙ И. В.

КАШАКАШВИЛИ Г. В.

КОЛИКОВ А. П.

КОСЫРЕВ К. Л.

ЛАВРИК А. Н.

ЛЕОНТЬЕВ Л. И.

ЛУКАШОВ А. З.

МОКРИНСКИЙ А. В.

МОЛОТИЛОВ Б. В.

ПАРШИН В. М.

ПАСЕЧНИК Н. В.

ПЕТРИК С. М.

ПУМПЯНСКИЙ Д. А.

РАДЮКЕВИЧ Л. В.

САРЫЧЕВ А. Ф.

СЕРОВ Г. В.

СИНЕЛЬНИКОВ В. А.

СКОРОХОДОВ В. Н.

СМИРНОВ Л. А.

СОСКОВЕЦ О. Н.

ТРЕТЬЯКОВ М. А.

УГАРОВ Ан. А.

ФИЛИППОВ Г. А.

ЧЕРНЫШЕВ В. Н.

ЧИКАЛОВ С. Г.

ШАЛИМОВ Ал. Г.

ШАТЛОВ В. А.

ШАХПАЗОВ Е. Х.

ЮГОВ П. И.

РЕДАКЦИЯ: Е. А. Алексеев, Л. П. Вагина, Г. Л. Дьяченко,  
Г. В. Захарова, Н. В. Шаренко, М. И. Терехова

Корректор Ю. И. Королева  
Компьютерная верстка М. Г. Севастьянова  
Компьютерный набор М. Б. Самсонова  
Дизайн, допечатная подготовка цветных полос О. В. Цыряпкина

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати,  
рег. № 016185 от 06.06.1997 г.

Адрес редакции:

127006, Москва, Старопименовский пер., дом 8, стр. 1 – 1А  
Тел.: (495) 755-9039, 699-9785; факс: (495) 755-9040  
E-mail: stal@imet.ru  
www.imet.ru

Подписано в печать 15.04.2008. Формат 60×84/8. Бумага мелованная.  
Печать офсетная. Объем 12 печ. л.  
Заказ 04/08-STA.

Отпечатано в типографии ООО "Группа Море"  
101898, Москва, Хохловский пер., д. 9  
Тел./факс: (495) 917-8037

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ,  
а также в список изданий, рекомендованных ВАК России при защите  
докторских диссертаций.  
Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной  
системе по периодическим и продолжающимся изданиям  
"Ulrich's Periodicals Directory".

Перепечатка материалов журнала "Сталь" допускается  
только с письменного разрешения редакции.  
При цитировании ссылка обязательна.

Представленные заказчиками готовые формы рекламных материалов  
не подвергаются редакторской правке и печатаются в оригинале.

ISSN 0038—920X. "Сталь". № 4. 2008 г.