

## **Стационарные и стендовые системы компьютерного мониторинга состояния оборудования КОМПАКС® для контроля качества эксплуатации и ремонта оборудования**

*Костоков В. Н., Генеральный директор ООО НПЦ «Динамика», г. Омск*

*Синицын А.А., инженер отдела продаж ООО НПЦ «Динамика», г. Омск*

В процессе управления производством на предприятиях угольной и горнодобывающей промышленности решаются две основные задачи: управление непосредственно технологическим процессом и управление техническим состоянием оборудования. При управлении технологическим процессом необходимо обеспечить его стабильность, которая зависит не только от правильного ведения его операторами, но и от состояния оборудования, так как нестабильность технологического процесса оборачивается большими финансовыми потерями и может привести к авариям и техногенным ситуациям. Необходимо обратить внимание на тот факт, что «большинство агрегатов и оборудования морально и физически изношено и функционирует с превышением нормативных сроков. Так, в настоящее время Ростехнадзор оценивает физический износ металлургического оборудования и агрегатов в 50 % и более, достигающий по отдельным агрегатам 70-75 %...». Поэтому обеспечение безопасной ресурсосберегающей эксплуатации с обеспечением наблюдаемости и управляемости техническим состоянием оборудования является первостепенной задачей всего менеджмента предприятия.

Первоначально задачу снижения потерь от неожиданных аварийных остановок и последующих простоев оборудования пытались решить массовым внедрением переносных средств диагностики для контроля состояния агрегатов, но это не привело к положительным результатам в отрасли. Причиной этого явилась высокая степень субъективности, разорванное кольцо управления между исполнителем и руководящим составом, непоступление достоверной информации – отсутствие наблюдаемости объекта. Только на основе информации надлежащего качества (достоверной, полученной своевременно и в необходимом количестве) можно правильно управлять объектом и только на основе правильного управления можно обеспечить устойчивость технологического объекта.

Поэтому появились АСУ БЭР™ КОМПАКС® - автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования, которые объединили системы мониторинга состояния оборудования КОМПАКС® в технологических цехах и стендовые системы качества закупаемой и выпускаемой после ремонта продукции в единую диагностическую сеть предприятия Compac-Net® с предоставлением всем заинтересованным службам и руководству объективной картины состояния оборудования в реальном времени.

**Автоматизированные системы управления безопасной эксплуатацией и ремонтом оборудования АСУ БЭР™ КОМПАКС®**, которые объединили системы мониторинга состояния оборудования на технологических установках и стендовые системы для диагностики качества закупаемого и выпускаемого после ремонта оборудования в единую диагностическую сеть

предприятия (Compac-Net<sup>®</sup>), предоставляют всем заинтересованным службам и руководству объективную картину состояния оборудования в реальном времени.

АСУ БЭР<sup>™</sup> реализуют безопасную ресурсосберегающую SM<sup>™</sup>–технология (Safe Maintenance) управления состоянием оборудования и представляют собой MES (Manufacturing Execution System) систему, которая обеспечивает наблюдаемость состояния выпускаемого, ремонтируемого и эксплуатируемого оборудования, управляемость его качеством на всех стадиях жизненного цикла, устойчивость, безопасность и эффективность производства.

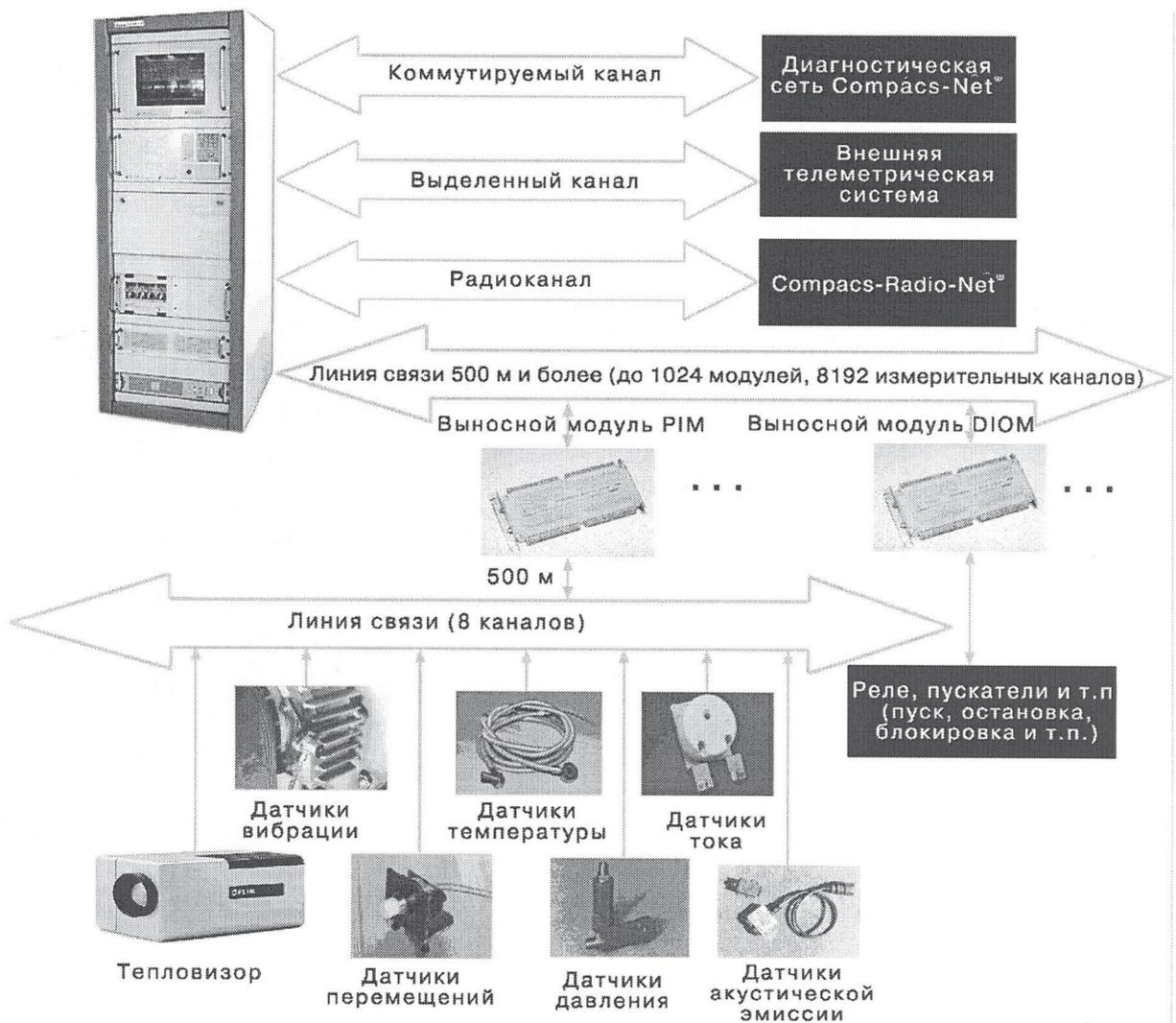
АСУ БЭР<sup>™</sup> опираются на три составляющие:

- системы мониторинга состояния оборудования производств в реальном времени (КОМПАКС<sup>®</sup>);
- системы диагностики качества выпускаемого и ремонтируемого оборудования;
- диагностическую сеть предприятия (Compac-Net<sup>®</sup>).

Ядром АСУ БЭР<sup>™</sup> КОМПАКС<sup>®</sup> являются стационарные системы мониторинга состояния оборудования КОМПАКС<sup>®</sup>, обладающие встроенной автоматической экспертной системой, инвариантной к конструкции агрегата, которая обеспечивает стратегию диагностики минимальной стоимости СДМС<sup>™</sup>, то есть 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>™</sup>), повысить производственную дисциплину путем объективного контроля и своевременной коррекции действий персонала.

Система КОМПАКС<sup>®</sup> включает в себя (Рис. 1):

- распределенную систему датчиков, контролирующих основные параметры оборудования;
- распределенную систему выносных модулей, обеспечивающих первичное преобразование сигналов с датчиков и их трансляцию в диагностический контроллер, а также обеспечивающих контроль за целостностью самих датчиков и линий связи;
- диагностическую станцию, обеспечивающую сбор, хранение, обработку данных, отображение результатов мониторинга.



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

Выносные модули системы КОМПАКС® устанавливаются в непосредственной близости от объекта измерения, на котором размещаются измерительные датчики. Размещение модулей осуществляется в защитных металлических коробах или шкафах. Выносные модули системы связываются с диагностической станцией всего по двум линиям связи для сокращения длины кабельных трасс. Модули и датчики имеют особое взрывозащищенное исполнение по классу 0ExiallCT6 и могут использоваться в зонах всех классов.

Диагностическая станция системы выполнена в промышленном исполнении. В качестве диагностического контроллера используется промышленный безвентиляторный отказоустойчивый компьютер собственной разработки, который выполняет функции управления системой, измерения, архивирования, анализа, визуализации измеренных параметров и сообщений экспертной системы (ЭС).

Программное обеспечение системы КОМПАКС® состоит из ряда модулей (Рис. 2) «МОНИТОР», «ТРЕНД», «АНАЛИЗ», «ЖУРНАЛ», «СИСТЕМА», «осциллограф» и уникального модуля «Экспертная система».



5. Модуль «СИСТЕМА» предназначен для контроля состояния измерительной аппаратуры системы КОМПАКС®. Система проводит автоматическую самодиагностику датчиков, модулей, измерительных линий и диагностической станции.

6. Модуль «ОСЦИЛЛОГРАФ» предназначен для автоматизации процедур метрологической поверки системы.

ЭС КОМПАКС® - инвариантна к конструкции машины и реализует различные методы неразрушающего контроля (НК) (виброакустический, акустико-эмиссионный, электрический, ультразвуковой, тепловой и параметрические методы диагностирования). ЭС КОМПАКС® относится к классу экспертных систем поддержки принятия решений, то есть задачей ЭС является помощь обслуживающему персоналу в принятии необходимых обоснованных решений по управлению режимом работы и состоянием оборудования.

Система КОМПАКС®, получая сигналы с датчиков, формирует вектор ортогональных диагностических признаков, инвариантный к типу диагностируемого оборудования, включающий в себя около десяти видов НК, основными из которых являются вибрационный, акустико-эмиссионный, тепловой, электрический и другие.

Вектор диагностических признаков поступает в блок обработки логических предикатов ЭС, по результатам работы которого формируются выводы экспертной системы. В результате автоматическая диагностическая экспертная система выдаёт диагностические предписания на основной экран в виде текстовых сообщений, а также формирует команды модулю вывода речевых предупреждений.

Таким образом, система обеспечивает непрерывный мониторинг производственного комплекса совокупностью различных методов НК на единой программно-аппаратной платформе, что позволяет диагностировать состояние машинного и технологического оборудования и прочего оборудования угольного и горнодобывающего комплекса.

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), производить балансировку роторов электродвигателей (КОМПАКС®-РЭБ), определять техническое состояние электродвигателей до и после ремонта (КОМПАКС®-РПЭ), проводить диагностику и динамическую балансировку роторов консольных насосов в собственных подшипниках (КОМПАКС®-РПМ).

#### **Система стендовая вибродиагностики подшипников качения КОМПАКС®-РПП**

Данная система состоит из диагностической станции (секция пультовая, диагностический контроллер, монитор, клавиатура, блок бесперебойного питания, принтер лазерный), программного обеспечения КОМПАКС®-РПП, стенда вибродиагностики подшипников, комплекта оправок, маркера искрового, комплекта специальных ключей и предназначена для вибродиагностики подшипников качения (Рис.3)



**Рис. 3. Система стендовая вибродиагностики подшипников качения  
КОМПАКС®-РПП**

Система обеспечивает сортировку поступающих в производство подшипников на три категории качества, рекомендуемые к применению на высокоскоростных (до 3000 об/мин и более), среднескоростных (не более 1500 об/мин) и агрегатах с малой скоростью вращения вала (не более 1000 об/мин). Качество подшипников оценивается по виброскорости и виброускорению в четырех полосах частот. В системе реализована оригинальная методика контроля вибрации подшипников качения и установлены нормы уровней вибрации для подшипников шариковых радиальных, шариковых радиально-упорных, роликовых радиальных с короткими цилиндрическими роликами, роликовых радиальных сферических двухрядных и роликовых конических.

Экспертная система диагностики дефектов подшипников построена на анализе спектра огибающей вибросигнала и указывает конкретные неисправности подшипников: внутренней и наружной обойм подшипника, тел качения и сепаратора, повышенный радиальный зазор и другие.

База данных подшипников включает сведения о номере подшипника, внутреннем и наружном диаметре, числе тел качения, их диаметре и угле контакта. Программное обеспечение

предусматривает возможность корректировки информации по параметрам подшипников с клавиатуры пульта оператора. Расчет подшипниковых частот с учетом частоты вращения при испытании подшипника производится автоматически. Предусмотрена возможность накопления информации по сигналам испытанных подшипников в специальном архиве.

Время диагностики подшипника с распечаткой протокола на принтере, входящем в комплект системы, не превышает 3-х минут без учета времени подготовки подшипника (промывка, размагничивание, смазка), установки на стенд и снятия со стенда, маркировки, консервации и упаковки. Для работы с системой не требуется персонал с высокой квалификацией, обычно работу с системой осуществляет слесарь 4-5 разрядов.

Диагностическая станция системы подключается к силовой однофазной сети электропитания напряжением  $220\pm 22\text{В}$ , частотой 50 Гц, потребляемая мощность не более 200 Вт.

Система КОМПАКС®-РПП оснащается любым из 3-х стендов вибродиагностики подшипников:

- привод 1608 с 12 оправками – для диагностики подшипников с внешним диаметром до 100 мм и внутренними диаметрами 7, 8, 9, 10, 12, 15, 17, 20, 25, 30, 35;
- привод 1602 с 16 оправками – для диагностики подшипников с внешним диаметром до 310 мм и внутренними диаметрами 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120;
- привод 1607 с 14 оправками - для диагностики подшипников с внешним диаметром до 500 мм и внутренними диаметрами 130, 135, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300.

Для обеспечения достоверности, повторяемости и сохранности результатов диагностики подшипников необходимо обеспечить следующие условия: предварительная промывка (расконсервация) подшипников, чистовая промывка подшипников, сушка подшипников, предварительный визуально измерительный контроль с измерением намагниченности (с размагничивающим устройством при необходимости), консервация подшипников. Участок входного контроля подшипников обеспечивает все условия контроля и сохранности результатов диагностики подшипников и состоит из:

- 1) ванны с подогревом для предварительной и чистовой промывки, сушки и консервации – 4 штуки;
- 2) стола дефектации и размагничивания в комплекте с размагничивающим устройством и измерителем намагниченности, лупой с подсветкой, индикаторами для микрообмеров с магнитным штативом;
- 3) стола упаковки.

**Система стендовая ультразвукового контроля подшипников скольжения КОМПАКС®-УЗД** (Рис. 4) состоит из диагностической станции с программным обеспечением КОМПАКС®-УЗД и механического стенда.



**Рис. 4. Система стендовая ультразвукового контроля подшипников скольжения КОМПАКС®-УЗД**

Экспертная система основана на ультразвуковом эхо - импульсном методе неразрушающего контроля - и автоматически определяет дефекты заливки вкладыша (отставание заливки от корпуса, несплошности в заливке, отклонение толщины заливки от номинальной) и дефекты корпуса самого подшипника (несплошности в корпусе, отклонение толщины корпуса от номинальной). Оценка технического состояния подшипника отображается на дисплее в виде цветной дефектограммы и текстового протокола и может быть распечатана на принтере.

База данных подшипников включает сведения о номере подшипника скольжения, параметре вкладыша, материалах корпуса и заливки. Программное обеспечение предусматривает возможность корректировки информации по параметрам подшипников с клавиатуры пульта оператора. Оценка технического состояния подшипника при испытании производится автоматически. Предусмотрена возможность накопления информации по испытанным подшипникам в специальном архиве.

**Система стендовая диагностики и динамической балансировки роторов консольных насосов в собственных подшипниках КОМПАКС®-РПМ** (Рис. 5) предназначена для диагностики качества сборки подшипниковой опоры насоса, с возможностью проведения

двухплоскостной динамической балансировки роторов насосов консольного и других типов в собственных подшипниках.



**Рис. 5. Система стендовая диагностики и динамической балансировки роторов консольных насосов в собственных подшипниках КОМПАКС®-РПМ**

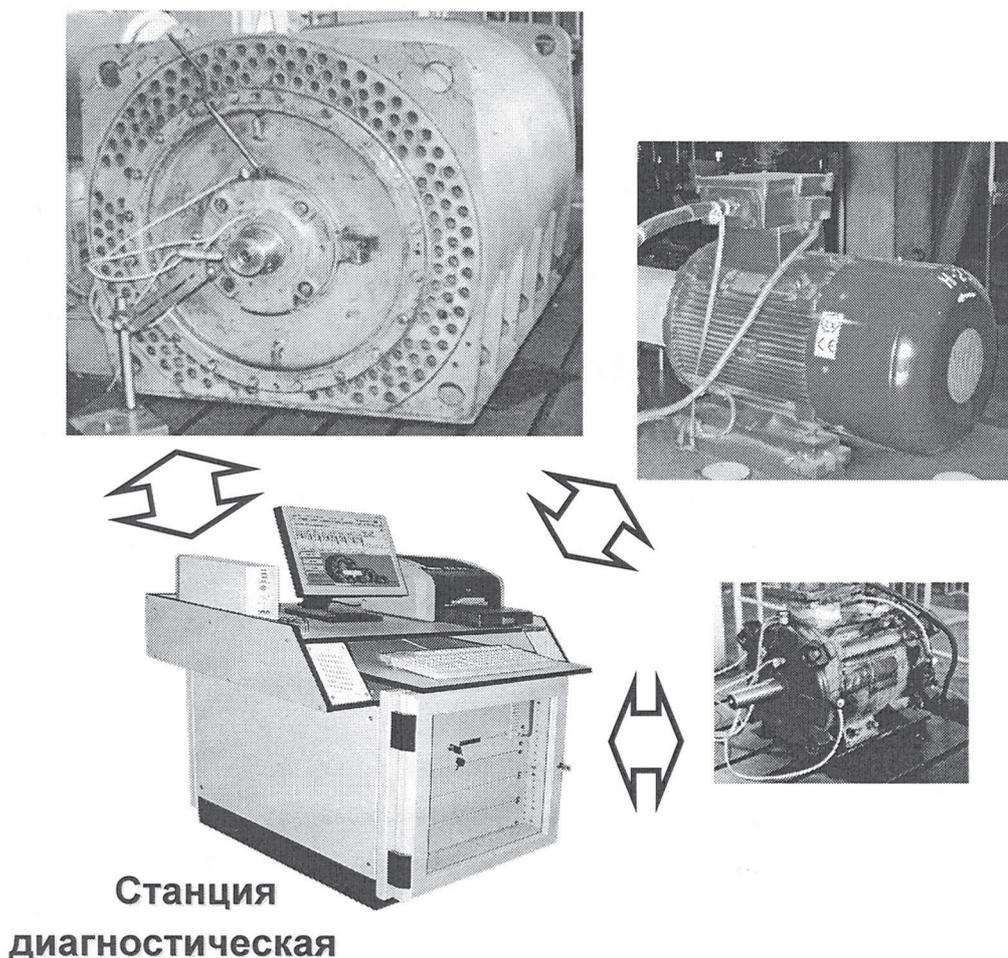
В системе предложен новый способ «SVOS<sup>TM</sup>-балансировки», который обеспечивает плавный разгон ротора до номинальной частоты вращения. При выявлении в процессе разгона дисбаланса система проводит динамическую балансировку ротора на достигнутой частоте. Балансировка производится в плоскости рабочего колеса и полумуфты со стороны насоса. Точность измерения дисбаланса не хуже 2 класса балансировки в соответствии с ГОСТ 22061-76 или ИСО 1940-73. SVOS<sup>TM</sup>-балансировка позволяет устранить динамический дисбаланс на частотах, меньших номинальной частоты вращения, что уменьшает динамические нагрузки и обеспечивает целостность подшипниковых узлов испытуемого ротора.

Состав системы: диагностическая станция (промышленный контроллер с установленным программным обеспечением диагностики насосов, цветной монитор, принтер, клавиатура и блок бесперебойного питания), привод СДРН-2 с блоком управления; измерительная аппаратура (измерительный модуль, шесть датчиков вибрации, два датчика температуры, датчик оборотов вала и датчик тока потребления электродвигателя). Система измеряет и производит диагностику

по параметрам вибрации (виброускорение, виброскорость и виброперемещение), тока потребления, температуры и частоты вращения.

Система имеет встроенный пакет экспертной системы, позволяющий диагностировать следующие неисправности: дефект внешней обоймы подшипника, дефект внутренней обоймы подшипника, перекос установки подшипника, перекос подшипникового щита, дисбаланс, дефекты крепления, перегрузка по току и т.д.

**Система стендовая диагностики электродвигателей КОМПАКС®-РПЭ** (Рис. 6). Система предназначена для диагностики технического состояния электродвигателей после ремонта и обеспечивает контроль вибропараметров (виброускорение, виброскорость, виброперемещение), измеряемых в плоскостях переднего и заднего подшипника двигателя в вертикальном, горизонтальном и осевом направлении, тока потребления, измеряемого по фазам питающего напряжения, температуры переднего и заднего подшипника двигателя и частоты вращения ротора двигателя.



**Рис. 6 Система стендовая диагностики электродвигателей КОМПАКС®-РПЭ**

Система имеет встроенную экспертную систему, позволяющую выявлять дефекты внутренней и внешней обоймы подшипника, дефект сепаратора подшипника, дефект тел качения подшипника, касание ротором статора, послабление посадки подшипника, увеличенный зазор

подшипника, пережатые подшипники, перекос подшипниковых щитов, дефект обмоток статора (перекос фаз), нарушение баланса ротора электродвигателя и другие. Система позволяет диагностировать от одного до восьми электродвигателей одновременно и обеспечивает выпуск из ремонта двигателей с максимальным потенциальным ресурсом.

Система КОМПАКС®-РПЭ в базовой комплектации состоит из диагностической станции (секция пультовая, диагностический контроллер, монитор, клавиатура, принтер), программного обеспечения КОМПАКС®-РПЭ, модуля МИУ-15 с набором из 6-ти магнитных датчиков вибрации, 2-х датчиков температуры, датчиков тока потребления и частоты вращения.

**Система стендовая балансировки роторов электродвигателей КОМПАКС®-РЭБ** предназначена для определения величины и положения дисбаланса роторов электродвигателей массой до 3-х тонн на частотах вращения от 500 до 1600 об/мин. В системе реализована концепция балансировки с одного пуска, при этом точность измерения дисбаланса составляет 0,5 г\*мм/кг. Система поставляется без балансировочного станка.

Все системы объединяются в диагностическую сеть предприятия Compac-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 и ремонта и для объективного контроля исполнения предписаний системы по ближайшим неотложным действиям с технологическим оборудованием (т.е. возможность объективного контроля своевременности и адекватности действий персонала) с целью обеспечения безопасной ресурсосберегающей эксплуатации оборудования завода. Подключение диагностической сети Compac-Net® к Интернету позволяет путем анализа сигналов и трендов в «on-line» режиме обеспечить консультации и поддержку принятия решений персоналом в сложных вопросах определения технического состояния оборудования и постановки диагноза.

Внедрение на предприятиях угольного и горнодобывающего комплекса автоматизированных систем управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования АСУ БЭР™ КОМПАКС® позволяет перейти на эксплуатацию оборудования по фактическому техническому стоянию в реальном времени, увеличить межремонтные пробеги технологических комплексов до продолжительности технологического цикла, значительно повысить надежность и техническую готовность оборудования при 100% загрузке производственных мощностей с полным исключением влияния «человеческого фактора» в процессе мониторинга как технического состояния оборудования, так и качества, своевременности и целенаправленности действий персонала по безопасной ресурсосберегающей эксплуатации технологического комплекса.



Научно-производственное объединение "МИР"



**II Международная научно-техническая конференция  
руководителей и специалистов горнодобывающих  
предприятий России и Казахстана**

«Современные технологии повышения  
энергоэффективности предприятий угольной  
и горнодобывающей промышленности»

16-17 апреля 2008 г.

***Сборник тезисов докладов***



Омск - 2008 г.

**ООО НПО «Мир» г. Омск  
ТОО «Богатырь Аксесс Комир» г. Экибастуз  
Акимат города Экибастуза**

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ**

**II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ И  
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

**16-17 апреля 2008 г.  
Казахстан, г. Экибастуз**

## Содержание

1. Законодательная, нормативная и методологическая базы создания АСКУЭ на ОРЭ РК  
Исенов Е.М., канд. техн. наук, начальник отдела метрологии и измерительных систем  
АО «KEGOC», Республика Казахстан, г. Астана,  
Гавриш В.А., главный специалист отдела метрологии и измерительных систем АО «KEGOC»,  
Республика Казахстан, г. Астана.....3
2. Автоматизированные системы технического учета электроэнергии и диспетчерского  
управления (АСТУЭ/АСДУ) как эффективный инструмент снижения затрат на электроэнергию,  
розничный рынок  
Рубан Д.А., заместитель Генерального директора по работе с Заказчиками ООО НПО «Мир»,  
г. Омск.....14
3. Мониторинг и оценка состояния горной техники. Организационно-технический аудит  
Андреева Л.И., докт. техн. наук, начальник отдела технологий и организации ремонтов ГТО  
ОАО «НТЦ-НИИОГР», г. Челябинск,  
Лапаева О.А., канд. экон. наук, ОАО «НТЦ-НИИОГР», г. Челябинск.....17
4. Опыт создания комплексной автоматизированной системы управления энергетическим  
производством  
Волокитин И.Е., Главный энергетик ОАО «СУЭК», г. Москва.....29
5. Кабель с изоляцией сшитого полиэтилена  
Козедуб О.А., коммерческий директор ТОО «Интеркоммерц-Запад», Республика Казахстан,  
г. Атырау.....36
6. Расчет и оптимизация режимов работы систем электроснабжения  
Вачугов В.Г., директор фирмы «АСУЭП», Республика Казахстан, г. Павлодар.....42
7. Организация мероприятий по снижению энергозатрат на предприятии  
Ионин Д.Ю., ведущий инженер отдела систем коммерческого учета ООО НПО «Мир»,  
г. Омск.....45
8. Стационарные и стендовые системы компьютерного мониторинга состояния оборудования  
КОПМАКС® для контроля качества эксплуатации и ремонта оборудования  
Костюков В. Н., Генеральный директор ООО НПЦ «Динамика», г. Омск,  
Синицын А.А., инженер отдела продаж ООО НПЦ «Динамика», г. Омск.....49
9. Весовое дозирование вагонов – один из путей решения проблемы  
Панин А.В., зам. директора по энергообеспечению ТОО «Богатырь Аксес Комир»  
Республика Казахстан, г. Экибастуз.....60
10. Диагностика механического оборудования. Комплекс «Прогноз-3»  
Щедрин В.И., начальник отдела диагностики механического оборудования НТЦ «Транспорт»,  
г. Омск,  
Тэттэр В.Ю., канд. техн. наук, начальник отдела НИИ ТЛД НТЦ «Транспорт», г. Омск.....69