

# Real-Time Monitoring of Equipment Status

## Мониторинг технического состояния оборудования в реальном времени

Vladimir Kostyukov \_ Andrei Kostyukov  
Владимир Костюков \_ Андрей Костюков

**When running a business, operational losses always hurt. Especially so when you realize you could have done without them.**

**Эксплуатационные потери в работе предприятия – это всегда неприятно. Тем более неприятно если в итоге понимаете, что можно было обойтись и без них.**

---

**Vladimir Kostyukov**  
is the general director at Dynamics SPC,  
based in the Siberian city of Omsk.

**Andrei Kostyukov**  
is the first deputy general director at Dynamics SPC.

**Владимир Костюков,**  
генеральный директор омского НПЦ «Динамика».

**Андрей Костюков,**  
первый заместитель гендиректора НПЦ  
«Динамика».

A significant proportion of investment in industry goes toward preventing emergencies and production malfunctions and needless repair expenditures on main production facilities.

It is possible to limit operational losses to a minimum by carrying out timely and purpose-driven maintenance on the basis of real-time monitoring of the equipment's technical condition. This makes it possible to fully utilize equipment resources and avoid sudden (read 'emergency') shutdowns and replacements.

On the basis of reliability analysis of the technology used in modern oil and gas production, it is possible to conclude that more than three quarters of equipment failures are failures of aggregate machinery машинных агрегатов, and that a high percentage of these failures is due to emergency and/or production malfunction, which causes equipment technology to fail and brings production to a halt.

The fundamental reasons for problems in operating equipment at petrochemical plants are:

- Lack of supervision of the operational processes;
- Lack of control over the quality of production and repair work involving aggregate machinery and its components;
- Mistakes in calculating necessary machine capacity;
- Lack of operating control over the actions of personnel responsible for technical processes and the availability of equipment.

These problems frequently prevent the timely and purpose-driven production support necessary for the maintenance of a high degree of technical preparedness. Dynamics SPC has developed an equipment monitoring system called

Значительная часть инвестиций в промышленность расходуется на устранение последствий аварий, производственных неполадок и необоснованных затрат на ремонт основных производственных фондов.

Эксплуатационные потери можно сократить до минимума, проводя своевременное и целенаправленное техническое обслуживание на основе мониторинга технического состояния оборудования в реальном времени, используя в полной мере заложенный в оборудовании ресурс и исключив его внеплановую остановку и замену.

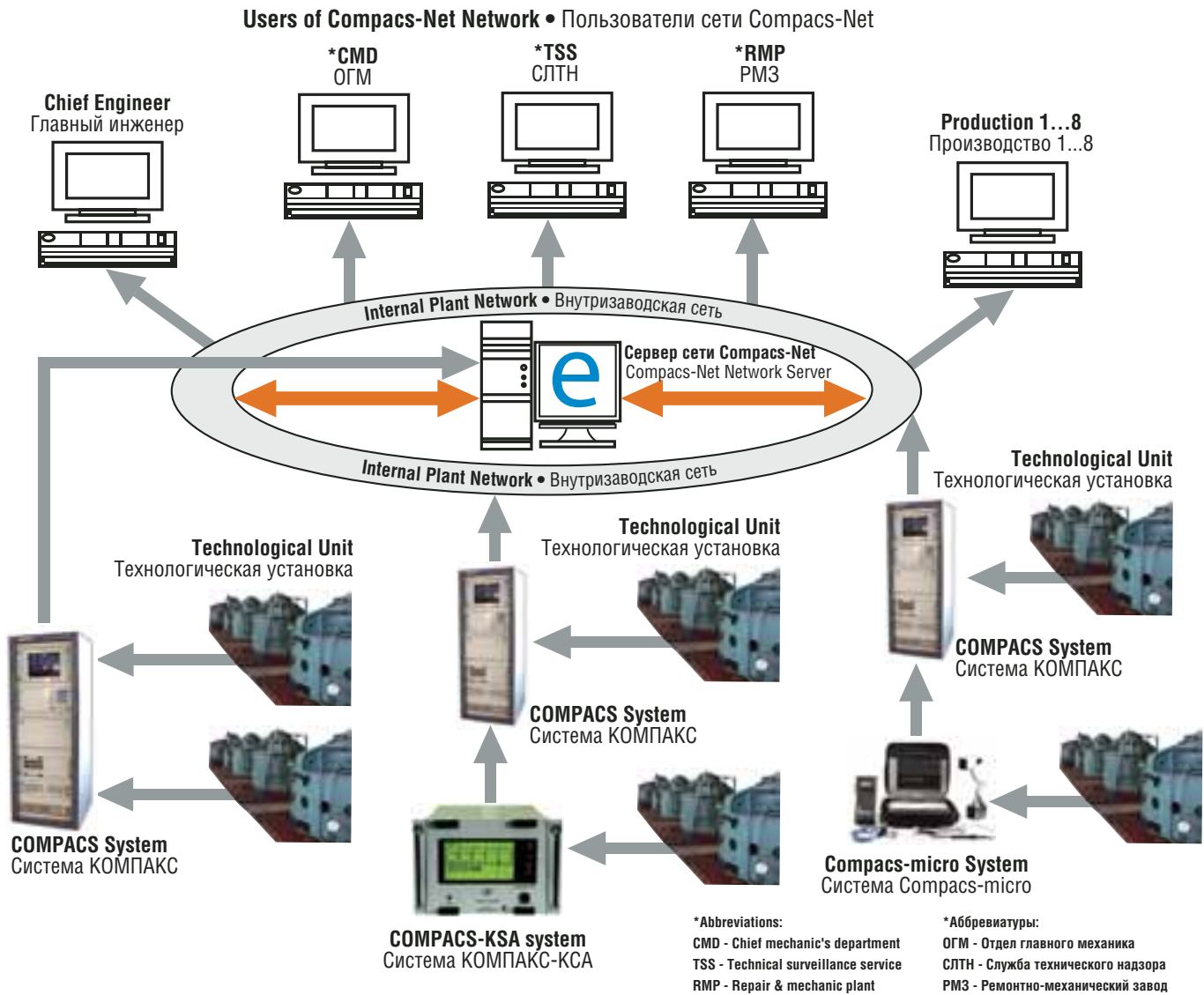
На основе анализа надежности технологических установок современных нефтегазовых производств, можно сделать вывод, что более трех четвертей отказов оборудования составляют отказы машинных агрегатов, высокая концентрация которых на установках нередко служит причиной аварий и производственных неполадок, простоев технологических установок и производств.

Фундаментальными причинами существующих на предприятиях нефтехимического комплекса проблем эксплуатации оборудования являются:

- отсутствие наблюдаемости реально протекающих процессов эксплуатации;
- отсутствие контроля качества агрегатов и их узлов при производстве и ремонте;
- проектные ошибки при расчете необходимой мощности агрегатов;
- отсутствие оперативного контроля над действиями персонала, ответственного за ведение технологического процесса и работоспособность оборудования.

**The structural scheme of the equipment operation monitoring system based on the COMPACS technology.**

Структурная схема эксплуатации оборудования по техническому состоянию на основе технологии АСУ БЭР КОМПАКС.



SOURCE: DYNAMICS SPC / ИСТОЧНИК: НПЦ ДИНАМИКА

Compacs®, which is installed directly on machine units. For repair work, a stand-based quality control system may be used for the repair of aggregate machinery and its component parts. Dynamics SPC also makes a computer diagnostic network called Compacs-Net®. This system makes possible direct, real-time management of operations across whole companies.

Compacs® is an EAM (Enterprise Asset Management) system by contemporary classification. The high level of efficiency of Compacs® systems for the management of safe, resource-efficient operations and equipment repair is due to the automation of the following production tasks:

- Early diagnosis and prediction of basic equipment faults (>95–98 percent) facilitating continued full use of equipment resources and making repairs convenient;
- Warning personnel of the next urgent actions required in relation to equipment conditions;
- Control over the execution of system diagnostic instructions and over the actions of personnel via Internet technology;

Эти проблемы часто не позволяют проводить своевременные и целенаправленные мероприятия по поддержанию производства в высокой степени технической готовности. Они решаются путем внедрения на технологических установках стационарных систем мониторинга состояния оборудования КОМПАКС®, в ремонтном производстве – стендовых систем контроля качества ремонта агрегатов и их узлов, в целом на предприятии – компьютерной диагностической сети Compacs-Net®, которая позволяет осуществлять непосредственное управление процессом эксплуатации в реальном времени.

Высокая эффективность автоматизированных систем управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией и ремонтом оборудования АСУ БЭР КОМПАКС®, которая по современной классификации относится к EAM (Enterprise Asset Management) системам, заключается в автоматическом решении следующих производственных задач по:

- диагностике и прогнозированию основных неисправностей (>95–98%) оборудования с ранним обнаружением, полным использованием ресурса и сохранением ремонтпригодности;

- Creation of purpose-driven repair plans based on knowledge of the actual condition of equipment;
- Provision of databases on diagnostics, work, replacements and equipment resources and the creation of management reports at all levels.

In addition, automated analysis of systems communication and instructions allows personnel in charge of diagnostics and analysis to locate and prevent design and assembly errors, optimizing technical design and equipment choice and eliminating various fundamental reasons for equipment failure (LIFPO® technology).

Systems like Compacs® for the management of safe, resource-efficient operations and equipment repair (SM® –

- предупреждению персонала о ближайших неотложных действиях по управлению состоянием оборудования;
- контролю исполнения диагностических предписаний систем и действий персонала посредством сетевых (Internet) технологий;
- формированию планов целенаправленных ремонтов на основе знания фактического состояния оборудования;
- ведению баз данных диагнозов, работ, замен и ресурсов оборудования, представлению отчетов на всех уровнях управления предприятием.

Кроме того, анализ сообщений и предписаний систем, выдаваемых автоматически, позволяет персоналу, диагностам и аналитикам выявлять и устранять ошибки проектирования и монтажа, оптимизировать технологические схемы и состав оборудования и, тем самым, ликвидировать фундаментальные причины отказов оборудования (технология ЛИФПО®)

Появление АСУ БЭР КОМПАКС® и Технологии управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования SM® (safe maintenance) стало возможным благодаря появлению в начале 1990-х годов автоматических экспертных систем поддержки принятия решений о состоянии оборудования и сроках его вывода в ремонт. В 1980–90-е годы была разработана технология, которая позволила контролировать оборудование на всех этапах жизненного цикла путем своевременного обнаружения его неисправности, наблюдения за развитием неисправностей и выдачи предписаний персоналу о необходимости вывода оборудования в ремонт или экстренной его остановке, а так же путем контроля своевременности исполнения обслуживающим персоналом выданных предписаний. Так, автоматическая экспертная система АСУ БЭР КОМПАКС® позволяет без участия специалиста определять следующие типы неисправностей машинных агрегатов:

- нарушение центровки;
- нарушение балансировки, в т. ч. износ рабочего колеса, полумуфты;
- дефекты подшипников качения и скольжения;
- нарушение режима смазки;
- гидро-газодинамические проблемы в насосах и компрессорах;
- состояние торцовых уплотнений;
- неисправности зубчатых передач;
- ослабление крепления агрегата к фундаменту и присоединенным конструкциям;
- нарушение технологического процесса (превышение максимальной загрузки мощностей);
- неисправности электродвигателей.

В декабре 2003 года комиссией Госгортехнадзора РФ приняты и рекомендованы к широкому внедрению на предприятиях, подконтрольных ГГТН РФ, две новейшие разработки НПЦ «Динамика» – система комплексного мониторинга состояния оборудования НХК и система мониторинга оборудования предприятия в реальном времени для эксплуатации по техническому состоянию. Они реализованы на основе автоматических систем управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией и ремонтом оборудования КОМПАКС®. Впервые в мире, на единой программно-аппаратной платформе, благодаря одновременной интеграции в системе мониторинга КОМПАКС® нескольких видов неразрушающего контроля, прежде всего, вибродиагностического и акустико-эмиссионного, создана, выдержала успешные испытания и сдана в постоянную эксплуатацию система комплексного мониторинга состояния



▲ The COMPACS equipment monitoring system was installed in the control room of the Omsk oil refinery's KT-1 deep refining facility in 1994.

Стационарная система мониторинга состояния оборудования КОМПАКС была установлена в операторной комплекса глубокой переработки нефти КТ-1 Омского НПЗ в 1994 году.

safe maintenance), became a possibility in the early 1990s, thanks to the appearance of automated expertise-support and decision-making solutions handling equipment condition and repair scheduling. During the 80s and 90s, technologies to control machinery at every stage of its life-cycle were developed by means of timely location of malfunctions, observation of developing faults and delivery of instructions to personnel in cases where equipment requires servicing or extraordinary shut-down. These systems also make possible the monitoring of servicing by personnel, to ensure timeliness. The automated expertise of the Compacs® system makes it possible to address the following aggregate machinery faults without involving specialists:

- Centering faults;
- Balancing faults, including wheel and half-coupling deterioration;
- Pump and slide bearing defects;
- Lubrication faults;
- Problems with hydro- and gas-dynamics in pumps and compressors;
- Frontal compression conditions;
- Gear transmission faults;
- Weakening in the foundation or in the structures which attach aggregate machinery to its foundations;

- Technical faults (exceeding maximum capacity);
- Engine faults.

In December 2003, a commission from Russia's Gosgortekhnadzor federal inspection authority recommended that the enterprises it oversees use two of Dynamics SPC's latest products: a system for monitoring equipment conditions at petrochemical plants and Dynamics SPC's systems for real time, operational monitoring of the technical condition of equipment. These are automated Compacs® systems for the management of safe, resource-efficient operations and equipment repair. Thanks to the simultaneous integration of several types of non-invasive control on a unified platform in the Compacs® system (particularly vibrodiagnostic and acoustic emissions control), for the first time ever a system for the monitoring of equipment on a coke reactor has been created, successfully tested and launched while the 21–10–3M unit at Sibneft-Omsk Oil Refinery was operational. Also at the Sibneft-Omsk Refinery, a system for the monitoring of all machines and equipment on its Aromatika unit has been installed. A portion of this solution is hooked up to stationery Compacs® systems and another portion is handled by portable Compacs®-micro systems. This makes it possible to pull data relating to the condition of all equipment on the unit into a single information database, so as to automate plans for purpose-driven and timely servicing and repair of all the machine tools, using them as their technical condition allows.

The report published by Gosgortekhnadzor on Dec. 11, 2003 notes that the installation of such Compacs® systems ensures high levels of industrial safety and production efficiency and is therefore necessary.

### ***Installation of Compacs® systems ensures high levels of industrial safety and production efficiency.***

SM® is a technology developed by Dynamics SPC and put into use at a number of enterprises in Russia. It is based on three interrelated components:

- Stationary Compacs® uninterrupted diagnostic and monitoring systems for pumping and compression equipment which facilitate: the prevention of emergencies that put aggregate machinery out of order, objective equipment monitoring, detection and elimination of the major reasons for equipment failure, the acceptance of equipment after repairs and, most importantly, transition from work on a planned preventative repair (PPR) schedule to the operation of equipment based on charting its real technical condition. The portable Compacs® -micro and Compacs® -KSA signaling systems complement the above-listed systems, encompassing quasi-statistical equipment (periodic operations) and equipment where proper control requires signaling that alerts operators to worsening conditions;
- Stand-based quality control systems for the repair of aggregate machinery and quality control systems which regulate the introduction of spare parts – Compacs® RPP, RPM, RPE, PEB and UZD which enable the return of equipment to production after repair in such a way as to maximize resource potential;
- The computer diagnostic network Compacs-Net®, which unifies all stationery systems and presents exhaustive information on the technical condition of equipment in the

машинного и технологического оборудования (коксовых реакторов) в процессе его функционирования на установке 21–10–3М ОАО «Сибнефть-Омский НПЗ». На комплексе «Ароматика» того же предприятия внедрена система мониторинга состояния всего машинного оборудования комплекса – и подключенного к стационарным системам КОМПАКС®, и опрашиваемого с помощью переносных диагностических систем СОМПАКС® -Микро. Это позволило свести в единую базу информацию о состоянии всего оборудования установки и обеспечить автоматическое формирование планов целенаправленных и своевременных работ по обслуживанию и ре-

### ***Внедрение систем на основе АСУ БЭР КОМПАКС® обеспечивает высокий уровень технологической безопасности и эффективности производств***

монту всего машинного оборудования при эксплуатации по техническому состоянию.

В заключении комиссии Госгортехнадзора РФ от 11 декабря 2003 года отмечено, что внедрение данных систем на основе АСУ БЭР КОМПАКС® обеспечивает высокий уровень технологической безопасности и эффективности производств, и является необходимым.

SM® – технология, разработанная и реализованная НПЦ «Динамика» на ряде предприятий России, базируется на трех взаимосвязанных составляющих:

- стационарных системах непрерывного мониторинга и диагностики насосно-компрессорного оборудования КОМПАКС®, позволяющих: предотвратить аварии по причинам выхода из строя агрегатов, обеспечивать объективный мониторинг состояния оборудования, выявлять и ликвидировать фундаментальные причины отказов оборудования, осуществлять приемку агрегатов из ремонта и, самое главное, перейти от системы ППР к эксплуатации оборудования по фактическому техническому состоянию. Переносные диагностические системы Compacs® -micro и системы сигнализации КОМПАКС® – КСА дополняют вышеперечисленные системы, охватывая квазистатическое оборудование (периодического действия) и оборудование, необходимость контроля которого сводится к сигнализации об ухудшении его технического состояния;
  - стендовых системах контроля качества ремонта агрегатов и входного контроля качества поступающих запасных частей – КОМПАКС® -РПП, РПМ, РПЭ, РЭБ, УЗД, позволяющих выпускать из ремонта оборудование с максимальным потенциальным ресурсом;
  - компьютерной диагностической сети Compacs-Net®, объединяющей все стационарные системы и предоставляющей исчерпывающую информацию о фактическом техническом состоянии подконтрольного оборудования по предприятию в целом, что позволяет осуществлять анализ и планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования (ТО-РО) в рамках всего предприятия.
- Большой объем резервных мощностей, часто двойной и более, позволяет уменьшить потери при авариях и простоях производств. Однако это не оправдывает неэффективное использование основных производственных фондов. Кроме того, предприятия вынуждены при этом нести практически двойные эксплуатационные расходы, связанные с поддержанием данных производств в рабочем состоянии. Внедрение

enterprise as a whole, enabling big-picture planning for equipment servicing and repair.

A large volume of reserve capacity (often double or more) makes it possible to reduce losses in case of accident or stoppage — but it does not correct the inefficiencies in main production facilities. Such a plan also means businesses carry operating expenses that are almost doubled due to the necessity to maintain all equipment in working order. Integration of SM®-technology facilitates timely and purpose-driven servicing and repair and equipment optimization, considerably reducing groundless operating expenses. SM®-technology also minimizes the risk of emergencies and equipment failures, increases production discipline and evaluates the actions of personnel responsible for production operations.

***Operational expenses savings are equal to lowering the plant's costs of refining by \$2 per ton of crude or to boosting the depth of refining by 2 to 3 percent.***

Sibneft, YUKOS, LUKOIL, SIBUR and Gazprom have all broadly integrated Compacs® solutions.

The economic effect of real-time equipment monitoring is three-fold: reduced repair costs, reduced profit losses from incomplete production of petroleum products, and energy savings.

#### **SOURCES OF SAVINGS INCLUDE:**

- improved industrial safety and increased runs between equipment emergencies (by 12 times or more);
- runs between repair are increased by four to six times (by four to eight times for the pumps' end seals);
- the elimination of losses from emergencies and stoppages due to machinery and distillation column failures;
- reduction of expenses/losses by eliminating ineffective unplanned and planned preventative repair (PPR) repairs and introducing equipment operations based on the quick and exact charting of equipment's real technical condition;
- reduction of repair work volume by four to six times;
- reduced complexity of repairs and reduction of parts replaced by 1.5 times or more;
- increased quality of equipment repairs by means of objective diagnostics using a stand-based diagnostic system for repair work and stationary systems on permanent units;
- reduction of capital repair times by 10 to 15 percent;
- reduction of energy waste by 10 to 15 percent;
- increased productivity and discipline of personnel by means of uninterrupted objective control over quality of work on equipment;
- rationalized equipment selection, allocation and utilization to minimize dynamic load and maximize operational reliability;
- increased availability ratio and rate of basic production facility use as a whole.

According to data published by users, savings on operational expenses and lost profit are more than \$30,000 on a single unit under diagnostics for a single year; these are savings equivalent to \$2 per ton of oil produced or to a two to three percent increase in refining depth. The cost of integrating our solutions will not go above several percent of the total cost of the equipment/processes on which it is being installed. Investment pay-

SM® — технологии дает возможность проводить своевременное и целенаправленное ТОРО и оптимизировать состав технологического оборудования, реально сократив необоснованные эксплуатационные издержки, не допустить аварий и простоев производств по причинам выхода из строя оборудования, повысить производственную дисциплину и оценить адекватность действий персонала, ответственного за эксплуатацию производства.

***Экономия эксплуатационных расходов эквивалентна снижению себестоимости переработки тонны нефти на \$2 или повышению глубины переработки на 2–3%.***

АСУ БЭР КОМПАКС® и технология широко внедрены на нефтегазоперерабатывающих предприятиях «Сибнефть», «ЮКОС», «ЛУКОЙЛ», АК «СИБУР», РАО «Газпром».

Экономический эффект от применения мониторинга технического состояния оборудования в реальном времени складывается из трех составляющих — снижения потерь средств потребляемых на ремонт, снижения потерь прибыли от недополученных и нереализованных нефтепродуктов, снижения энергозатрат.

#### **ИСТОЧНИКАМИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЯВЛЯЮТСЯ:**

- увеличение техногенной безопасности и межаварийного пробега оборудования в 12 и более раз;
- увеличение межремонтного пробега оборудования в 4–6 раз, в том числе торцовых уплотнений насосов в 4–8 раз;
- исключение потерь вследствие аварий и простоев из-за отказов машинного и колонно-емкостного оборудования;
- снижение эксплуатационных затрат и потерь путем исключения неэффективных внеплановых и планово-предупредительных ремонтов и перевода оборудования на эксплуатацию по фактическому техническому состоянию, которое системы определяют быстро и точно;
- снижение объемов ремонтов в 4–6 раз;
- снижение сложности ремонтов и числа, заменяемых деталей в 1,5 и более раз;
- повышение качества ремонта оборудования, путем объективной диагностики его состояния стендовыми диагностическими системами ремонтного производства, и приемки в эксплуатацию стационарными системами на установках;
- сокращение сроков капитального ремонта технологических установок и вывода их на режим на 10–15%;
- сокращение потерь электроэнергии на 10–15%;
- повышение производственной и технологической дисциплины персонала путем непрерывного объективного контроля адекватности его действий по работе с оборудованием;
- рациональный подбор, размещение и загрузка оборудования по минимуму динамических нагрузок и максимуму эксплуатационной надежности;
- увеличение коэффициента готовности и коэффициента использования основных производственных фондов в целом.

Экономия эксплуатационных расходов и потерь прибыли по данным потребителей, опубликованным в открытой печати, превышает \$30 тыс. на один диагностируемый агрегат в год, что эквивалентно снижению себестоимости переработки тонны нефти на \$2 или повышению глубины переработки на 2–3%. Затраты на внедрение наших систем не превышают нескольких процентов от стоимости защищаемого оборудования

back periods do not exceed half a year; on individual units pay-back periods are less than two months from systems' launch.

Compacs® and its safe, resource-efficient technologies for real-time equipment operations provide a solution for some of the most important challenges facing Russia's economy today. These include increased safety and efficiency of uninterrupted production and minimization of expenditure on supporting equipment in suitable working condition.

Resource-efficient safety, significant savings and short pay-back periods – these are the factors which recommend our new technology which has already been successfully integrated by leading companies in Russia, the CIS and abroad. 🏠

и процессов. Сроки окупаемости инвестиций не превышают полугодя, а на отдельных производствах составляют менее 2 месяцев с даты ввода систем в эксплуатацию.

АСУ БЭР КОМПАКС® и созданная на их основе безопасная ресурсосберегающая технология эксплуатации оборудования в реальном времени обеспечивают решение важнейшей народнохозяйственной задачи – повышения безопасности и эффективности непрерывных производств при достижении минимума затрат на поддержание технологических комплексов в надлежащем техническом состоянии.

Ресурсосберегающая безопасность, значительный экономический эффект и короткие сроки окупаемости – вот отличительные черты новой технологии, успешно внедряемой передовыми предприятиями России, ближнего и дальнего зарубежья. 🏠