

# АСУ гидроагрегатов Загорской ГАЭС: особенности внедрения, эксплуатации и развития



АСУ комплексного объекта нельзя рассматривать как статичный механизм решения алгоритмизированных задач. Хотя ей присущи такие черты и подобная позиция выглядит экономически привлекательной, однако это путь к неконтролируемой деградации объекта управления. Системный же подход требует не только выбора правильных решений для структуры и принципов функционирования, но и ежедневного компетентного анализа, внимания к деталям, доработки как объекта управления, так и АСУ в соответствии с изменившимися условиями.

ООО «НПФ «Ракурс», г. Санкт-Петербург

## Объект и стратегия автоматизации

Существование гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) обусловлено дефицитом маневренных мощностей на фоне преобладания тепловых и атомных электростанций. Ночное использование избытка электроэнергии для закачивания воды в верхний бассейн, утреннее и вечернее покрытие дефицита в энергосистеме работой агрегатов в генераторном режиме обеспечивают выравнивание суточной неоднородности графика нагрузок. Попутно решаются задачи оптимизации работы тепловых и атомных электростанций, позволяя им избегать кратковременных глубоких разгрузок и таким образом сокращать износ оборудования энергоблоков. Обеспечивается баланс доступных потребителям активной и реактивной мощностей. Реализация функции аварийного резерва генерирующей мощности дает возможность купировать сбои в энергосистеме, не позволяя локальным авариям перерасти в системные.

Мощность Загорской ГАЭС, расположенной в Сергиево-Посадском районе Московской области, — 1200/1320 МВт (в турбинном/насосном режимах). Шесть обратимых гидроагрегатов радиально-осевого типа мощностью по 200/220 МВт, расчетный напор 100 м. К ГАЭС относятся рукотвор-

ное водохранилище верхнего бьефа и нижний бьеф на реке Кунья.

Проведенное обследование объекта привело к выработке следующей стратегии автоматизации: было принято решение о разделении гидромеханической и электротехнической частей оборудования на две независимые системы для обеспечения возможности выбора наиболее эффективных решений, учитывающих их специфику и индивидуальные специализированные требования. Работы по созданию автоматизированной системы управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) еще продолжаются, тогда как весь запланированный комплекс работ по автоматизации системы управления гидроагрегатами (АСУ ГА) был завершен к концу 2011 года.

В течение пяти лет с декабря 2006 года ООО «НПФ «Ракурс» последовательно произвело замену АСУ ГА всех агрегатов. АСУ состоит из двух частей — верхнего (общего) и среднего (поагрегатного) уровня.

## Верхний уровень АСУ

Состав и функции верхнего уровня управления представлены в табл. 1.

Базовое программное обеспечение:

- ▶ Windows XP и Windows 2003 Server (Microsoft) — операционные системы.

- ▶ Intouch (Wonderware) — SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), обеспечивающая визуализацию технологического процесса: схема ГА, электрическая схема, гистограммы температур, диаграмма мощности, текущая сигнализация, управляющие экраны датчиков и механизмов.

- ▶ FinsRouter (ООО «НПФ «Ракурс») — сервис маршрутизации данных, кросс-конвертации стандартных протоколов связи.

- ▶ FinsLogger (ООО «НПФ «Ракурс») — сервис архивации данных аналоговой и дискретной истории.

- ▶ RawServer (ООО «НПФ «Ракурс») — сервис доступа к данным аналоговой и дискретной истории.

- ▶ Trends (ООО «НПФ «Ракурс») — программа для работы с данными аналоговой и дискретной истории: построение графиков, отчетов, отображение и фильтрация дискретной истории.

- ▶ UnitDiag (ООО «НПФ «Ракурс», «Фирма ОРГРЭС») — программа диагностики функционирования агрегатов.

- ▶ HART-Master (ПГ «Метран») — программа для работы с агрегатными мультиплексорами и обслуживания датчиков, поддерживающих HART-протокол.

- ▶ Алмаз-7010 (ООО «Диамех 2000») — программный комплекс виброконтроля.

Таблица 1. Состав и функции верхнего уровня управления АСУ Загорской ГАЭС

Наименование	Выполняемые функции
Дублированные серверы баз данных (БД)	Ведение архива данных функционирования АСУ ГА и интегрированных систем, обслуживание канала связи с административной сетью станции
Дублированные серверы общестанционного уровня (ОУ)	Обработка сигналов точного времени от программно-технического комплекса (ПТК) измерений, сигнализации, управления общестанционного уровня (ИСУ ОУ), организация SNTP (Simple Network Time Protocol) сервера для синхронизации участников сети верхнего уровня
ПТК ИСУ ОУ	Централизованная обработка сигнализации от ПТК верхнего и среднего уровней, математическая обработка показаний датчиков уровня бьефов с учетом стоячих волн, расчет текущего напора и передача его на ПТК электрогидравлического регулятора (ЭГР) каждого агрегата, раздача ПТК агрегатного уровня синхроимпульсов сигналов точного времени от GPS/ГЛОНАСС приемника ПС-161 (производства ОАО «Российский институт радионавигации и времени»)
Автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативного и диспетчерского персонала (6 шт.)	Визуализация протекания технологического процесса, сигнализации
Агрегатный шлюз на каждом ГА	Узел связи между верхним и средним уровнями: консолидация данных от ПТК среднего уровня, транзит команд от верхнего уровня управления и обеспечение синхронизации по SNTP
Информационная панель на каждом ГА	Ведение архива данных функционирования агрегата для обеспечения локального, независимого от основных серверов БД доступа к нему
Станция виброконтроля на каждом ГА	Подключение к локальному стационарному комплексу оборудования виброконтроля, сбора, анализа и трансляция данных от него
Мультиплексор «Метран-670» на каждом ГА	Подключение HART (Highway Addressable Remote Transducer) совместимых устройств, передача данных между ними и конфигурационным программным обеспечением

Сетевое взаимодействие осуществляется по FINS-протоколу в рамках сети Ethernet 100 Mb/s (TX, FX). Топология сети — дублированная звезда на основе сетевого оборудования Moxa (EDS-5xx, EDS-7xx, NPort-5xxx). Сигналы, участвующие в алгоритмах управления, передаются только по физическим линиям.

#### Средний уровень АСУ

Средний уровень на каждом из агрегатов представлен 6 шкафами управления, выполненными на базе ПТК «Апогей», в основе которых микропроцессорные программируемые логические контроллеры Omron CS1D-S. Агрегатный уровень управления состоит из 6 шкафов:

- 1) АУГ — автоматизированное управление агрегатом;
- 2) ЭГР — электрогидравлический регулятор;
- 3) ИСУ — концентрация агрегатной сигнализации, управление синхронизацией с сетью;
- 4) ТК — температурный контроль;
- 5) УВО — управление вспомогательным оборудованием;
- 6) АРЗ — управление аварийно-ремонтными затворами.

Ручное управление и информационная поддержка технологического процесса на шкафах реализовано с помощью стрелочных приборов, ламп-индикаторов, кнопок и ключей. В рамках каждого ПТК всю полноту и доступность

информации о подключенных устройствах и механизмах, а также функции управления обеспечивают сенсорные терминалы Omron NS8 и NS10. Одно из главных их достоинств — надежность и безотказность в самых жестких условиях эксплуатации.

#### Особенности реализации проекта

Привычный формат статей о конкретных системах автоматизации — это описание объекта внедрения и самой системы, малоинтересные данные о том, сколько оборудования было подключено. Далее идет перечисление традиционных для промышленной АСУ аспектов надежности и функционала, часто заимствованных из рекламных проспектов. В заключение авторы обычно говорят об успешности внедрения, завершении работ и пуске. Но хотелось бы чего-то большего. Серьезных и хорошо себя зарекомендовавших решений в автоматике не так много, и большинство проектов — это лишь их адаптивное копирование. Но хочется показать, что результатом совместных усилий заказчика и исполнителя может стать не только ограниченный функционал штатных средств промышленной автоматизации от мировых разработчиков, но и если не революционные, то, как минимум, полезные находки. Хочется, чтобы и у исполнителей, и у заказчиков возникло понимание, что жизненный цикл

АСУ не заканчивается подписанием актов и в дальнейшем требует обоюдных усилий для достижения наилучшего результата.

ГАЭС оказалась интересным и интенсивным объектом. Технологические процессы, такие, как пуск или остановка и связанные с ними ситуации, происходящие на обычных гидроагрегатах, паровых турбинах или водогрейных котлах 10–20 раз за год, здесь возникают до 400 раз в месяц! Не говоря уже о многообразии режимов, переходов между ними и требований к своему временному и точному их достижению. Все это приводит к тому, что эксплуатация — и оперативный, и обслуживающий персонал — несет большую нагрузку. Это диктует широкие требования к функционалу АСУ, так как ожидается не только отработка стандартных действий, но и максимально возможная помощь в разборе аварий и нестандартных ситуаций, информации, позволяющей выявить и предотвратить проблему, если возможно, то еще до ее появления, описание возможностей достигать результата разными взаимно непересекающимися путями. Все эти требования трудно формализуемы и выкристаллизовываются как в процессе пусконаладочных работ, так и в первые несколько лет эксплуатации, когда возможности новой системы дают большую волю фантазии и позволяют переосмыслить накопленный опыт.

Ниже описаны основные результаты внедрения АСУ Загорской ГАЭС, которые, по нашему мнению, можно отнести к реальным достижениям совместной работы всех участников проекта:

1. Основной целью модернизации была замена морально устаревшего оборудования технологической системы управления агрегатами на современное и более надежное. Противоаварийная эффективность — это критерий, трудно поддающийся прямой оценке, однако, принимая одним из серьезных ее показателей надежность самой АСУ ТП, уже можно говорить о ее улучшении. Вывод опирается на два исчисляемых фактора. Первый — это уменьшение частоты выхода из строя использованной элементной базы. Второй — снижение

объемов и сложности операций по обслуживанию и ремонту.

2. Со времени ввода в работу первой системы прошло уже несколько итераций курсов в нашем учебном центре, инициированных самим заказчиком, для своего оперативно-ремонтного и административно-технического персонала. Это позволило повысить уровень их компетентности и дало возможность рассматривать наши системы с точки зрения разработчика – отчетливее представлять их сильные и слабые стороны, потенциал расширения и развития.

3. Срочное и оперативное восстановление программных элементов системы производства ООО «НПФ «Ракурс», оснащенных, как интеллектуальная собственность, механизмами защиты от копирования, могло бы представить определенную сложность для персонала станции. Специально для устранения этой проблемы были внедрены два решения. Первое – использование активационных ключей ограниченного срока действия, которые генерируются автоматически при установке программного обеспечения (ПО) и дают месяц на получение бессрочного. Второе – электронный почтовый сервис, мгновенно предоставляющий оговоренное количество лицензий для всех продуктов в ответ на запрос с доверенных почтовых адресов заказчика.

4. Исходные технологические алгоритмы, повторяющие предыдущую реализацию, были предоставлены ОАО «ПИ НИИ институт «Гидропроект» имени С.Я. Жука» и в процессе ввода в эксплуатацию были доработаны при тесном сотрудничестве специалистов «Ракурса», «Гидропроекта» и ЗаГАЭС. Это позволило использовать значительный объем наших собственных наработок и весь предшествующий опыт службы эксплуатации. Совместными усилиями удалось преодолеть и ограничения консервативного подхода к построению АСУ, и просто поведенческого консерватизма. Из наиболее заметных достижений стоит отметить режим пуска агрегата в СКГ (режим синхронного компенсатора обратного агрегата с генераторным направле-

нием вращения) от ПТУ (пусково-тиристорного устройства). Ценность данного варианта в том, что становится возможным пуск агрегата без использования воды и отключения направляющего аппарата.

5. Для совместной работы с ЭГР была произведена реконструкция гидромеханических колонок (ГМК). К отличительным особенностям их реализации можно отнести наличие ручного управления с помощью механизма ограничения открытия. Это позволяет позиционировать направляющий аппарат при отсутствии электрического питания и команд от ПТК ЭГР. Таким образом, ГМК сохраняет свой статус автономного управляющего устройства, что обеспечивает дополнительное удобство и надежность при эксплуатации и ремонте гидроагрегатов.

6. В качестве системы визуализации SCADA была выбрана система Intouch, которая является одной из самых надежных. Однако ее компоненты, связанные с работой по ведению архива данных, далеки от совершенства. Они отличаются сложностью обслуживания, ограниченной расширяемостью, высокими требованиями к аппаратным ресурсам. Это отражается и на итоговой стоимости, и на удобстве использования. С самого начала работ было принято решение отказаться от их использования. По первой оценке нужды станции составляли несколько простых форм отчетов по данным термоконтроля; графики всех аналоговых параметров с широкими возможностями их масштабирования и комбинирования; обобщенный протокол событий по всем агрегатам и общестанционному оборудованию. Применение имевшихся собственных разработок позволяло не только эффективно решить обозначенные задачи, но и, имея доступ к исходному коду ПО, реализовать любые пожелания заказчика. Первый шаг – это использование для архивации данных из контроллеров на серверы БД программы FinsLogger. Данные записываются в бинарные файлы. Так обеспечивается простота управления архивом, переносимость, минимизация используемого для хранения места.

Второе – отказ от традиционных систем управления базами данных (СУБД) на основе SQL (Structured Query Language) сервера для доступа к данным. Роль провайдера ретроспективных данных исполняет RawServer. Количество одновременных подключений ограничено лишь возможностями операционной системы; минимальные требования к доступной оперативной памяти и процессорному времени ввиду отсутствия необходимости удержания в памяти всего объема накопленной информации; отсутствие ограничений на общий размер базы данных. По сути, сервер БД реализован как файл-сервер, что сводит временные задержки доступа к информации к времени, необходимому на вычитывание файлов с жестких дисков.

7. Отображение ретроспективной информации в рамках SCADA-системы Intouch или дополнительных продуктов Wonderware имеет множество ограничений: жесткость заданных принципов вывода и манипуляций объектами; обязательное лицензирование каждой копии с установкой ее самой и аппаратного ключа на компьютер конечного пользователя. В случае выбора web-ориентированного решения – низкая скорость доступа и урезанный инструментарий работы с представляемыми результатами. То есть при наиболее экономически выгодном формалистском подходе со стороны разработчика заказчик получает в итоге не то, что ему надо, а то, что может базовое ПО. Решением описанных проблем явилось использование собственной разработки – Trends. Одна оболочка совмещает в себе механизмы вывода отчетов, графиков, истории событий; обеспечивает выбор из предварительно сконфигурированных временных интервалов или любого произвольно заданного; позволяет параллельно работать с несколькими окнами для всестороннего анализа всего комплекса рассматриваемых данных. Построение отчетов выполнено на базе компонентов FastReport. Последние позволяют в каждом конкретном случае делать выбор реализации обработки и подготовки данных по принципу «толстого»

или «тонкого» клиента. Управление графиками позволяет:

- ▶ совмещать отображение произвольного количества сигналов;
- ▶ через контекстное меню моментально изменять индивидуальные характеристики отрисовки;
- ▶ изменять масштаб и смещаться по осям времени и значения;
- ▶ показывать уставки датчиков;
- ▶ уточнять метку времени и значение сигнала в любой точке по наведению мыши или используя курсор-рамку;
- ▶ выводить значения замеров в табличном виде;
- ▶ динамически управлять пользовательскими наборами трендов.

История событий представляется в табличном виде как упорядоченный по времени с точностью до миллисекунд перечень зафиксированных событий. Для удобства пользователя вызов функционала рационально распределен между панелью инструментов, контекстными меню и «жестами» мыши. Программа Trends была доработана с учетом пожеланий к организации доступа не только из технологической, но и из административной сети. Для оптимизации обслуживания и обновления запуск осуществляется с общедоступного сетевого диска – на сегодня зарегистрировано 11 пользователей технологической сети верхнего уровня и свыше 30 пользователей административной сети.

8. Слабым местом многих АСУ и программных средств автоматизации, как таковых, является несовершенство способов фильтрации событийных списков. В ряде решений для этого требуются знания о соответствии имен переменных искомым событиям, или умение строить запросы к СУБД, или представление общих списков событий, манипулирование которыми занимает гораздо больше времени, чем работа с результатами фильтрации. Нами была предложена и реализована структура упорядочивания объектов и событий по схеме «агрегат – контроллер – группа источников событий – устройство». Учитывая, что развитие технологии и управления отдельными устройствами было изначально рационально распределено между ПТК в соответствии с их

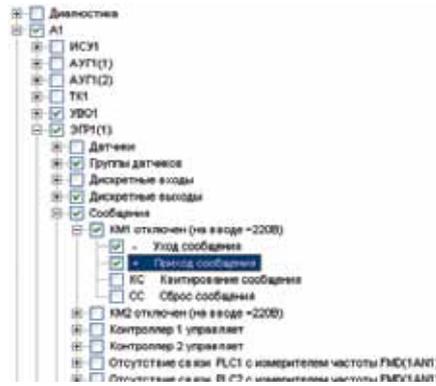


Рис. 1. Древоидная структура представления фильтра событий объектов

обозначенными целями функционирования, причинно-следственные основания их расположения в структуре становились очевидны для персонала станции. Наиболее наглядным вариантом представления мы сочли древоидную структуру (рис. 1).

Использование такого подхода и прозрачной логики расположения элементов позволило пользователям быстро отмечать интересные отдельные события или же сразу целые группы. При этом древо фильтра постоянно находится на виду, и внесение изменений в уже заданную фильтрацию становится секундным делом.

9. Суммарное количество объектов, способных генерировать события, в общей сложности составило свыше 60 000. Чтобы обеспечить действенный контроль информации – предоставление именно той информации, которая необходима в данный момент, была реализована возможность сохранения/загрузки подготовленных самими работниками станции фильтров. Дана возможность использовать фильтр, расположенный в произвольном месте или размещенный в библи-

отеке фильтров соответствующей службы (рис. 2).

Использование таких опытных наработок персонала станции расширяет доступность информации и позволяет поставить регулярность мониторинга работы на плановую основу, быстро и эффективно сравнивать текущие характеристики работы с прошлыми периодами.

10. Развитием технологии сквозного общего протокола событий и показаний датчиков стала интеграция с системами виброконтроля и АСУ ЭТО станции. Клиентская часть программного комплекса виброконтроля «Алмаз-7010» была доработана для запуска по сети и стала доступной на всех АРМ сети верхнего уровня. Дополнительно утвержденный перечень сигналов от обеих систем был добавлен в систему архивации и отображения ретроспективной информации АСУ ГА. Соответствующие группы появились в каталоге датчиков и древе фильтра событий. Это подняло на новый уровень работу технологов, так как информация, о существовании которой они раньше не знали или были вынуждены собирать ее из разных систем, стала непрерывно доступна и в контексте основных для гидроагрегатов событий, которые дополняют и объясняют ее.

11. Другим инструментом, обеспечивающим требуемую высокую надежность и заблаговременное обнаружение тенденций к отказам и неисправностям на ранних стадиях развития, становится диагностика. Система диагностирования гидроагрегатов была разработана специально для агрегатов ЗаГАЭС с учетом их индивидуальных конструктивных особенностей и двунаправленного рабочего цикла. Подготовкой алгоритмической основы

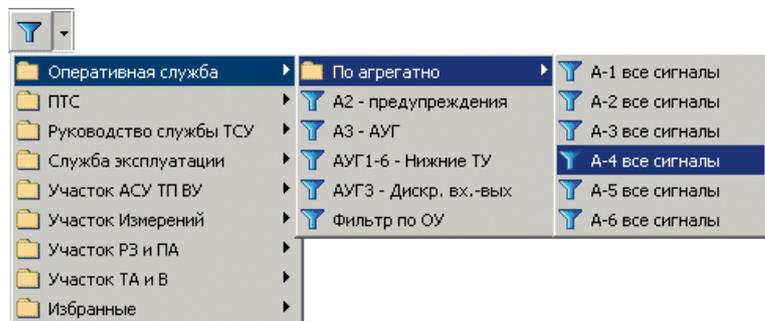


Рис. 2. Библиотека фильтров

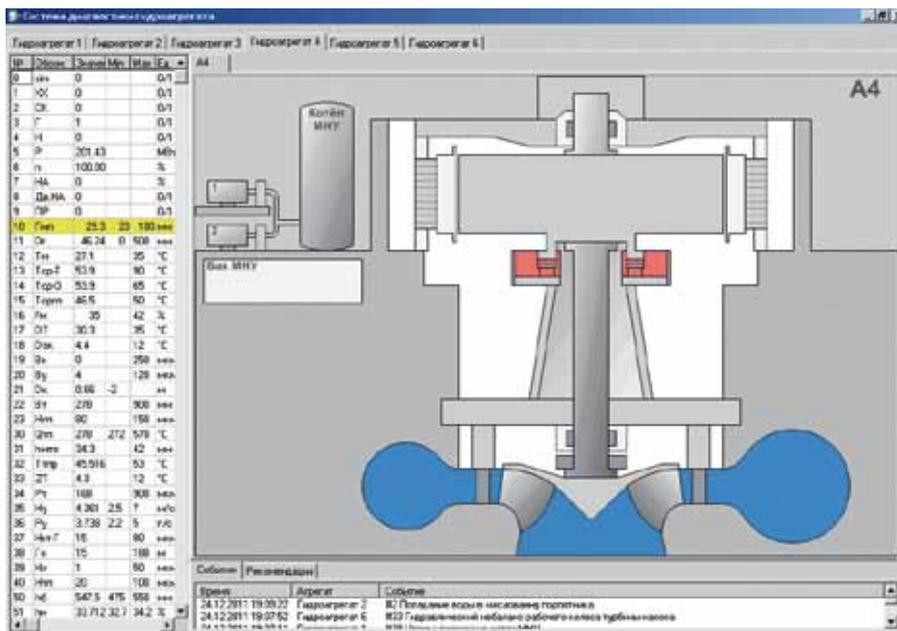


Рис. 3. Экран системы диагностирования гидроагрегата

экспертной системы занималась «Фирма ОРГРЭС». Хотелось отметить бесценный опыт и огромный личный вклад ведущего специалиста А. Е. Александрова.

Программа диагностирования постоянно получает все необходимые данные от АСУ каждого агрегата, проводит их обработку и анализ. Результатом становится расширенная интерпретация событий, прогнозирование развития дефектов и при необходимости выдача рекомендаций о необходимости проведения корректирующих мероприятий. Вся информация, выдаваемая системой диагностирования, попадает в единый общий архив событий, таким образом, обеспечивается максимальная полнота ретроспективного анализа развития дефектов.

В программной реализации были учтены проблемы, с которыми сталкивалась эксплуатация при использовании автоматизированной системы контроля гидроагрегатов производства НПП «Мера», суще-

ствовавшей на одном из агрегатов с 1998 года. UnitDiag, так же как и Trends, доступна и в сети верхнего уровня, и в административной сети станции. Таким образом, регулярный и оперативный доступ к ней имеют все заинтересованные лица. И износ, и каждый ремонт агрегата оказывают влияние на значения параметров, принимаемых как номинальные, поэтому персоналу обеспечен доступ к смене всех уставок и параметров. Код алгоритмов представлен открытым скриптовым языком, что не привязывает станцию к нам, как единственному разработчику, и обеспечивает оперативность и простоту добавления или коррекции алгоритмов. Эффективность работы экспертной системы обеспечивается активностью персонала ЗаГАЭС по регулярному отслеживанию изменений показателей работы агрегатов и привлечению специалистов-технологов для сопровождения алгоритмического обеспечения на всем жизненном цикле.

Подводя итоги, хочется отметить выраженную тенденцию по развитию систем АСУ в течение как всего периода внедрения, так и промышленной эксплуатации. Налаженная обратная связь между специалистами заказчика и исполнителя дала широкое поле деятельности по анализу функционирования программной и аппаратной частей АСУ, технических средств самих агрегатов. Практическая возможность влиять на работу всего комплекса средств управления стала серьезной мотивацией в первую очередь для специалистов заказчика, так как обеспечила осязаемый и конкретный результат их личной работы. Таким образом, по многим вопросам удалось совершить переход от формулярной функциональности, которую гарантирует исполнение технических требований и технического задания на систему, к реальной задаче ориентированности, отвечающей конкретным нуждам и практикам при эксплуатации и обслуживании общего комплекса АСУ и объекта управления.

#### Литература

1. Калянов Г.Н., Левочкина Г.А. Направления продуктового ИТ-консалтинга // Автоматизация в промышленности. 2010. № 9.
2. Ицкович Э.Л. АСУ для промышленных предприятий. Болевые места автоматизации производства // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. № 9.
3. Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. М.: ЭНАС, 2008.
4. Rowe D., Рыбинский А., Новиков М. Как защитить данные внутри локальной сети? // Рациональное управление предприятием. 2011. № 5.
5. Ильиных И. И. Гидроэлектростанции. М.: Энергоатомиздат. 1988.
6. Материалы сайта <http://www.rushydro.ru>

В. В. Плетнёв, старший инженер-программист отдела разработки ПО ВУ, ООО «НПФ «Ракурс», г. Санкт-Петербург, e-mail: [pletnev@rakurs.com](mailto:pletnev@rakurs.com), [www.rakurs.com](http://www.rakurs.com)

# Промышленные мониторы из нержавеющей стали



**ADVANTECH**

*Enabling an Intelligent Planet*

## Промышленные мониторы для использования в агрессивных средах с передней панелью из нержавеющей стали

- Мониторы с панелью из нержавеющей стали и степенью защиты IP66
- Поддержка расширенного диапазона рабочих температур -20 ... +60° C
- Надежная защита от вибрации, ударов, пыли и химических реагентов



### FPM-8151H

15-дюймовый промышленный XGA монитор с резистивным сенсорным экраном и расширенным диапазоном рабочих температур



### IPPC-8151S

Панельный безвентиляторный промышленный компьютер в корпусе из нержавеющей стали с ЦП Intel® Celeron® M и 15-дюймовым ЖК XGA TFT монитором



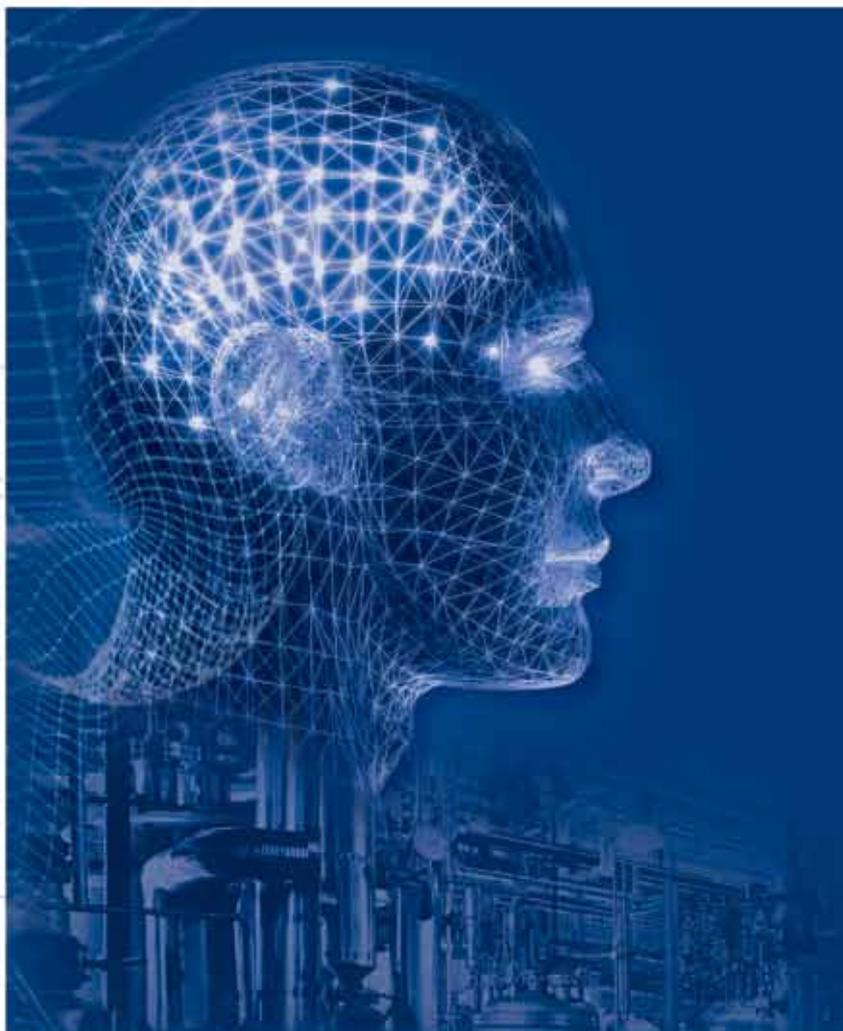
### FPM-3171S/3191S

17/19-дюймовый промышленный SXGA монитор из нержавеющей стали с резистивным сенсорным экраном и портом Direct-VGA



# АВТОМАТИЗАЦИЯ

ХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



- ИКТ в промышленности • Автоматизация производства
- Автоматизация производственной инфраструктуры • АСУ ТП
- Технические и программные средства автоматизации
- Измерение, контроль, испытание, диагностика
- Встраиваемые системы • Автоматизация зданий
- Робототехника • Техническое зрение • Приводная техника
- Автоматизация проектно-конструкторской деятельности

Организаторы выставки:



**FareXPO IFE**

ais@orticon.com, www.farexpo.ru/ais  
тел.: +7 (812) 777-04-07, 718-35-37

Место проведения: Санкт-Петербург, СКК, пр. Ю. Гагарина, 8, м. «Парк Победы»

**24–26 октября 2012**

Санкт-Петербург, СКК