

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В.В. Радкевич, С.В. Золотухин (ООО "ИНЭКО-А")

Используя огромный опыт в области разработки (реконструкции), внедрения и эксплуатации систем управления, в основном в газовой отрасли, авторы рассматривают последовательные рациональные этапы проектирования и внедрения таких систем. Предложенный подход инвариантен для автоматизации различных отраслей промышленности.

В 1990 г. фирма ООО "ИНЭКО-А" (Москва) одна из первых продолжила разработку АСУ объектами газовой промышленности. Анализируя опыт, накопленный более чем за 15 лет работы в указанной области, можно сформулировать черты, характерные для различных АСУ объектами в газовой промышленности:

- все функции контроля, измерения и управления объектом согласно ТЗ, реализованные на базе отечественных разработок, не хуже, чем на базе импортных систем;
- неоправданно длительные сроки реализации проектов (более 6 лет) из-за небольшого финансирования и задержек выплат по закрытым актам (более 2 лет);
- несогласование объемов проектно-исследовательских работ (ПИР), поставки оборудования и монтажно-наладочных работ (эти работы идут по разным статьям). Фирме приходилось расходовать свои средства на выполнение ПИР и приобретение оборудования;
- отдельные этапы реализации проекта иногда поручались разным организациям (по самостоятельным договорам через ОАО "Газпром"), что осложняло контроль за общим ходом работ со стороны головной фирмы-разработчика. В результате объект в срок не комплектовался, объемы финансирования на систему завышались, сроки срывались.

Сегодня в газовой отрасли многие из указанных положений изменились в лучшую сторону: значительно увеличены объемы финансирования на реконструкцию устаревшего оборудования, в том числе на технологическое оборудование и замену систем управления, которые не имели даже вычислительной техники; сократились сроки разработки и внедрения систем управления; применяется тендерная система и т.д. Но, к сожалению, некоторые моменты оставляют желать лучшего (не выделяются средства на разработку новых средств измерения, затягиваются планы по внедрению и т.д.).

Компания ИНЭКО-А, учитывая современную специфику автоматизации предприятий газовой отрасли и руководствуясь временной этапностью разработки системы (проектирование, подготовку и утверждение заказных спецификаций, заказ и поставку оборудования и только потом организацию строительно-монтажных работ и внедрение), предложила методы, позволяющие сократить сроки реализации и внедрения проекта на 1,5...2 года.

Рассмотрим основные этапы всего цикла разработки, поставки и внедрения систем, опираясь на опыт специалистов компании ИНЭКО-А (рис. 1). Прежде всего отметим, что выполнение всех работ нужно поручать одному разработчику (головной фирме), а остальные компании при необходимости привлекаются на ус-

ловиях подряда. Работа должна планироваться на 1...2 года и нормально финансироваться.

## Обследование объекта

Новый объект необходимо всесторонне изучить (структуру, технологию информационных связей, состояние технологического оборудования, КИП и А и т.д.). Заканчивается этот этап научно-техническим отчетом с выводами о целесообразности создания АСУ, замене или реконструкции оборудования и КИП и А. При необходимости разрабатываются технические требования к системе. Оба документа утверждаются заказчиком. Работы по обследованию могут проводиться совместно со специалистами заказчика, это позволит сократить сроки. Желательно, чтобы обследование проводили квалифицированные специалисты генподрядчика, а при описании оборудования и КИП можно привлекать специалистов заказчика.

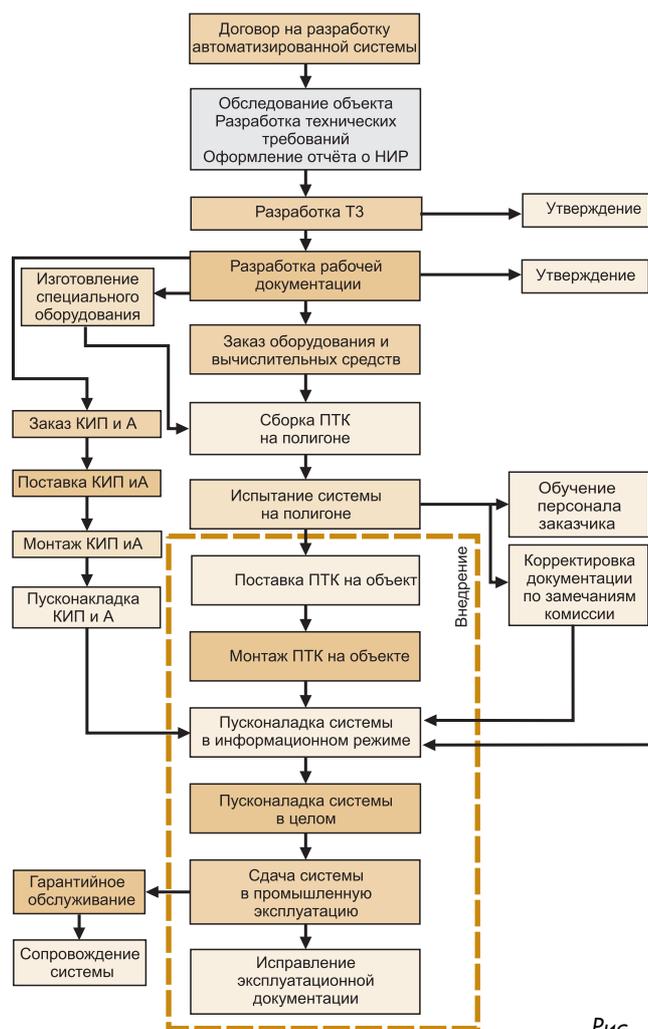


Рис. 1

**Разработка и утверждение технического задания**

Составление технического задания (ТЗ) проводится согласно утвержденным документам и по определенному содержанию. Сегодня некоторые разработчики не указывают конкретные программные средства и марку контроллеров, тогда как указывать их надо обязательно, так как ТЗ является основополагающим документом для создания системы (при внедрении системы все сравнивается с ТЗ).

Технико-экономическое обоснование (экономический эффект) рассчитывать (а зачастую придумывать) необязательно, так как АСУ нужны так же, как и телефон.

Объемы финансирования и сроки сейчас рассчитываются ориентировочно и записываются с различными условиями (например, после выполнения пункта X, дальнейшие сроки последующих пунктов будут корректироваться; после оплаты пункта Y будет выполнено действие A и B и т.д.).

**Разработка рабочей документации**

Рассмотрим наиболее интересные и важные моменты этого этапа: разработка заказных спецификаций; разработка ПО и выбор SCADA-системы; выбор и разработка ПТК системы.

*Заказные спецификации* – важный документ в заказе оборудования. Желательно, чтобы они составлялись проектным институтом как можно раньше. Заказывать технику (КИП и А, технологическое оборудование, вычислительную технику и т.д.) можно только после утверждения с заказчиком. В процессе работы над спецификациями необходимо согласовывать выбор оборудования с основным разработчиком системы.

На практике разработать заказные спецификации (и согласовать их с заказчиком) к определенному сроку часто не удается. Это связано с разными причинами (загруженность, недостаточная квалификация проектировщиков по выбору техники, нехватка людей, необходимость и т. д.). Желательно, чтобы разработка спецификаций (хотя бы по основным двум видам техники: КИП и А и вычислительному комплексу) была поручена головной фирме, т. к. она заинтересована в соблюдении сроков проекта.

Специалисты ИНЭКО-А на этапе заполнения спецификаций предлагают:

- выпускать предварительные материалы по заказным спецификациям, чтобы уложиться в сроки заказной компании. Заказные спецификации в полном объеме позже разработает проектный институт;
- брать на подряд проектный институт, что позволяет не только контролировать оценку финансирования работ, соблюдать по срокам календарный план работ, но и выполнить весь цикл работ по монтажу и пуску системы.

*Разработка ПО и выбор SCADA-системы.* ПО систем автоматизации состоит из общесистемного (ОС РВ QNX; Windows 2000), специального (MS Office

2000, iSaGRAF Workbench; iFix; Cristal Report) и прикладного. Прикладное ПО разрабатывается с помощью SCADA-системы, генератора печатных документов и среды программирования контроллеров. В него входят обработка информации, человеко-машинный интерфейс, функции управления, технологические и аварийные алгоритмы, расчетные задачи и т.п.

Верхний уровень АСУТП – диспетчерский пункт включает один или несколько ПК, т.е. являются базой для АРМ операторов, диспетчеров или др. Для обеспечения ЧМИ между оператором и системой управления в компьютерах установлено прикладное обеспечение типа SCADA.

КИП и А и ПТК заказываются в соответствии со спецификациями, согласованными с заказчиком.

*Заказ КИП и А* необходимо осуществить как можно быстрее, чтобы собрать все оборудование на складах заказчика и затем начать его монтаж. Опыт показывает, что централизованная комплектация оборудования через структуры ОАО "Газпром" приводит к увеличению сроков поставки оборудования на объекты. Поэтому в целях ускорения внедрения систем необходимо комплектацию проводить разработчику системы.

При составлении заказных спецификаций на *КИП и А* (особенно отечественного производства) и компьютерное оборудование необходимо предусмотреть *ЗИП*.

*Заказ программно-технического комплекса.* В этой заказной компании такая же проблема – время и деньги. Быстрее закажешь, быстрее получишь, и значит больше времени останется на разработку ПО системы.

Вычислительный комплекс заказывается несколькими фирмам: контроллеры, компьютеры, принтеры, стандартное и специальное ПО, сетевые модули, шкафы-стойки и прочие комплектующие. Самое главное в этом перечне – контроллеры, которые изготавливаются под специальный заказ (перечень входных/выходных параметров, число управляющих воздействий, взрывозащищенность, специальные параметры эксплуатации и т. д.). Марка их заранее закладывается в проектную документацию института и естественно обсуждается с заказчиком. Поставка контроллеров должна быть осуществлена заранее для их монтажа в шкафах и разработки специального и прикладного ПО. Естественно, нужна предоплата, а заказчики обычно не заключают договора с авансом. Сегодня почти у всех разработчиков одна серьезная проблема: после подписания акта о сдаче определенного этапа работ получить за короткий срок его оплату.

При разработке системы необходимо предусмотреть аппаратный резерв в размере 10...15% (в зависимости от масштаба и сложности объекта) по числу входных сигналов и каналов управления для внесения дополнительной информации и расширения системы.

При выборе компании-поставщика различного оборудования необходимо руководствоваться так называемым

*Я не знаю ничего более приятного и поучительного, чем сравнивать опыт с ожиданием или отмечать разницу между идеей и реальностью.*

Сэмюэл Джонсон

мым фактором доверительности, так как от него зависит обязательность выдержки сроков поставки оборудования. Правда, существует прописная истина: "Все в чем не доверяешь, отражай в договоре". В практике компании ИНЭКО-А были случаи, когда в договорах отражались, например, промежуточные сроки, проценты штрафов и т.д. Остальные параметры договоренностей (процент оплаты за транспорт, процент резерва и его стоимость, скидка за долгосрочность взаимного сотрудничества, дальнейшее обслуживание, поведение фирмы в непредвиденных ситуациях и т. д.) зависят от достигнутого по многим направлениям взаимоотношения с руководством и специалистами фирмы.

#### **Изготовление спецоборудования**

Спецоборудование в системе может быть различным: шкафы-стойки, оборудование для работы с высоким напряжением (краны, задвижки, электрооборудование) или определенной градацией тока, различные переходные устройства и т. д.

Фирма ИНЭКО-А занимается проектированием и монтажом оборудования и разводкой трасс в шкафах-стойках для контроллеров (размещаются контроллеры, сетевые концентраторы, клеммники, реле, искробезопасные блоки питания КИП, вентиляторы), кроссовых шкафов (размещаются кроссовое оборудование, схемы питания и управления отсекателями) и коммуникационных шкафах (размещаются преобразователи для ввода сигналов от электриков и схемы контроля электрозадвижек). Работы осуществляются согласно проекту ИНЭКО-А по расключению подводимых сигналов, выходных управляющих сигналов, электропитания, выходов на сигнализацию и др. (вся эта информация дублируется в контроллере, находящимся в "горячем" резерве). Все комплектующие приобретаются у различных фирм. Работоспособность смонтированного оборудования проверяется на полигоне.

#### **Сборка вычислительного комплекса на полигоне**

После закупки и изготовления необходимого оборудования вся система собирается на полигоне исполнителя. При этом надо учесть длину линий связи (при необходимости установить сетевые модемы или усилители), характер связи (радиосвязь или кабельная). При необходимости можно использовать имитатор входных/выходных сигналов (обычно пользуются при проверке рабочего программного продукта).

Сначала проверяется работоспособность всей смонтированной системы и ее конструктивных элементов. Затем отрабатывается прикладное ПО и все функции системы.

#### **Поставка КИП и А**

Поставка КИП и А осуществляется на склады фирмы разработчика системы или прямо транспор-

тируется (иногда своим автотранспортом с соответствующим страхованием) на склады дирекции строящихся объектов. При необходимости приборы поверяются и тарируются на полигоне разработчика (иногда доукомплектовываются). При неисправности оборудования составляется рекламация на его замену.

#### **Монтаж КИП и А**

После подписания соответствующего документа с дирекцией строящихся объектов о полной комплектации необходимого оборудования можно начинать монтажно-строительные работы на объекте согласно сметно-проектной документации. Обычно к началу монтажа полностью укомплектовать объект КИП и А и технологическим оборудованием не удается. Поэтому эти два этапа осуществляются последовательно и здесь, к сожалению, затягиваются сроки монтажа и вычислительного комплекса. Еще раз подчеркнем, что комплектация технических средств при реконструкциях таких объектов, как ГРП ПХГ должна проводиться через головную подрядную фирму (т. е. через одну фирму, которая отвечает за сроки и качество всех работ).

Монтаж КИП и А, строительство эстакад под кабель и пр. должно осуществляться строго по проекту. Правда, иногда некоторые специалисты от заказчика (курирующие демонтажные и монтажные работы на объекте) пытаются изменять проектные решения по своему мировоззрению (конденсатороборники не там врезать надо, изменить трассу прокладки кабелей, изменить угол наклона отборных трубок и пр.). При возникновении рациональных изменений рекомендуется все обсуждать на месте с обязательным присутствием представителя проектировщика, в протоколе утвердить все изменения, затем обратиться в проектный институт с просьбой в кратчайшие сроки внести все изменения в проект и просчитать дополнение к проектно-сметной документации.

#### **Испытания системы на полигоне**

Испытания системы на полигоне разработчика проводятся по разработанной методике согласованной и утвержденной заказчиком. Методика должна четко соответствовать ТЗ на разработку системы.

Испытания начинаются с проверки наличия всех элементов вычислительного комплекса (компьютеров, контроллеров, шкафов, ПО, принтеров и т.д.), далее – наличия эксплуатационной документации.

Испытания системы и ее элементов проводятся комиссией, в состав которой входят три специалиста от заказчика (ведущий инженер или заместитель начальника отдела КИП или АСУ объединения, системный инженер и инженер-технолог или начальник смены производственного управления).

После ознакомления с документацией комиссия приступает к проверке работоспособности элементов системы и всей системы в целом со всеми оговоренными ранее функциями. В конце испытаний (обычно они протекают 5...10 дней) составляется акт, где отражаются следующие позиции:

- соответствие системы требованиям, изложенным в ТЗ;
- состав системы (вычислительный комплекс и ПО);
- функциональные возможности;
- работоспособность системы, надежность, метрология, резервирование;
- недостатки и желательные сроки их устранения;
- поставка системы на объект заказчика (с определенными условиями).

Акт подписывается членами комиссии и утверждается директором фирмы исполнителя.

#### Исправления замечаний

##### после проведения испытаний системы на полигоне

Все сроки по замечаниям перед включением в акт испытаний обсуждаются совместно. Если замечания незначительные, то они устраняются до отправки вычислительного комплекса на объект. Если замечания серьезные и исправление их займет длительное время, то сроки их выполнения можно перенести и на более удаленное время. Все эти замечания должны укладываться в требования, изложенные в ТЗ, и не влиять на общую работоспособность системы.

Если замечания выходят за рамки ТЗ (по конструктивным элементам системы, функциям и пр.), то обсуждаются сроки их выполнения и дополнительное финансирование.

Поставка вычислительного комплекса на объект должна осуществляться только после подготовки площадки под комплекс: демонтаж старых щитов с КИП; подготовки операторной (при необходимости меняется фальшпол, освещение, вентиляция); подведения трассы от первичных датчиков и исполнительных механизмов, электропитания и логического заземления (для этого иногда необходимо провести бурение на расчетную глубину).

При транспортировке вычислительный комплекс должен быть застрахован.

#### Пуско-наладка и сдача системы в эксплуатацию

После выполнения этапов монтажа вычислительного комплекса, пуско-наладки КИП и А и поставки на объект общесистемного и прикладного ПО приступают к пуско-наладке системы в информационном режиме. Как бы не поджимали сроки нельзя увеличивать количественный состав пусконаладочной бригады. Все равно больше двух человек к стойке не подойдет, а настройкой системы сможет грамотно заниматься только ее разработчик.

Особое внимание необходимо уделить метрологической погрешности и надежности системы в целом.

Метрологическое обеспечение должно охватывать все стадии создания системы, а также ее эксплуатацию. На стадии внедрения должна проводиться метрологическая аттестация измерительных каналов системы и метрологических характеристик в соответствии с ГОСТ 8009-85. В процессе эксплуатации должна проводиться периодическая поверка измерительных каналов системы и метрологических характеристик в целом. В измерительные каналы системы входят следующие компоненты: датчики, преобразователи, устройства связи с объектом (контроллеры), линии связи, ПО. В состав системы разрешается включать указанные компоненты, прошедшие Госпроверку на соответствие действующей на них нормативно-технической документации, утвержденной Госстандартом России и имеющей в паспортах (формулярах) отметки о допуске к применению. Все компоненты измерительного канала должны быть зарегистрированы в Госреестре средств измерения и допущены к применению в РФ.

Организацию проведения метрологической аттестации должен осуществлять заказчик с привлечением при необходимости предприятий, выпускающих аттестуемые компоненты системы. Основными документами, определяющими требования к порядку и содержанию работ по метрологической аттестации и поверке системы, должны являться программа и методика метрологической аттестации, методика поверки, а также методика расчета погрешностей, утвержденные федеральными или региональными органами Госстандарта.

#### Требования по надежности, предъявляемые к системе

Средняя наработка на отказ, ч	
по информационным и управляющим функциям .....	≥20000
по функциям противоаварийной защиты .....	≥120000
Среднее время восстановления по любой функции, ч .....	≤0,5
Коэффициент готовности по основным функциям .....	≥0,99
Средний срок службы, лет .....	≥10
Периодичность обслуживания, год .....	≥1

Под отказом системы понимается:

- для информационных функций — прекращение сбора и выдачи информации оперативному персоналу, увеличение погрешности измерений выше предельной;
- для управляющих функций — прекращение формирования команд управления, выдача ложных команд;
- для функций противоаварийной защиты — отсутствие команд защиты при наступлении аварийной ситуации или выдача команды защиты при ее отсутствии.

Обычно степень готовности объекта к вводу системы в опытную эксплуатацию при первом приезде программистов на пуско-наладку может не превысить 50...70% (на разных объектах эта цифра может сильно колебаться и в первую очередь это зависит от сложности объекта). Поэтому всегда остается дополнительное время (до нескольких месяцев) на выполнение наладки системы.

Систему надо сдавать не в опытную эксплуатацию, а в опытно-промышленную, так как тогда она начинает эксплуатироваться на действующем ТП. Приказом по объединению систему принимает специально созданная комиссия. Срок проведения опытно-промышленной эксплуатации определяет заказчик (от 1 месяца и больше). После этого новым приказом создается комиссия (возможно без представителей разработчика, если нет серьезных замечаний), которая рассматривает устраненные замечания и принимает систему в промышленную эксплуатацию. Если система сдается в составе строительно-монтажных работ по реконструкции объекта (включая замену устаревшего технологического оборудования, КИП и А), то приемка проводится сначала рабочей, а затем государственной комиссиями.

Обучение специалистов заказчика проводится до пуска системы и оформляется двусторонним актом, а затем эти специалисты могут помочь в освоении системы другим. Таким образом, обучается весь технологический персонал, эксплуатирующий систему.

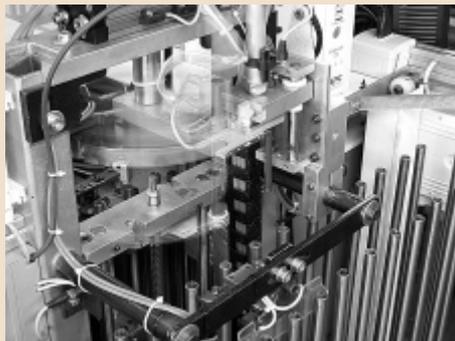
После сдачи системы в промышленную эксплуатацию разработчик осуществляет гарантийное обслуживание и сопровождение системы (сроком 0,5...1 года). Во время гарантийного срока элементы системы, вышедшие из строя (если это не явная вина заказчика), разработчик обязан заменить бесплатно. Дальше сопровождение по желанию заказчика может осуществляться по отдельному договору.

Пример одной из внедренных компанией ИНЭКО-А АСУ газораспределительного пункта Северо-Ставропольского ПХГ (967 параметров) приведен на цветной вкладке.

*Радкевич Валерий Васильевич — канд. техн. наук, директор,  
Золотухин Сергей Вячеславович — зам. директора ООО "ИНЭКО-А".  
Контактный телефон (495) 111-00-19.*

### Эксклюзивная технология производства текстиля с использованием компьютерного управления

Компания Castello Officine (Италия) выпускает ткацкое оборудование, в том числе растяжные устройства, используемые при производстве любых видов ткани и приспособляемые к любым моделям станков. Являясь структурными компонентами ткацкой машины, растяжные устройства служат для удержания боковых сторон тканого полотна на определенной высоте. Центральным элементом растяжного устройства является набор колец, которые предлагаются чуть ли не в 80 вариантах. Кольцо похоже на обручальное, но на кромке у него есть выступающие металлические шипы, которые соприкасаются с тканью. Растяжное устройство состоит из серии колец разных типов, подобранных для разных этапов обработки ткани.



Деталь механизма – система снятия колец и стержней главной цепи

Автоматический подбор колец, требуемых для конкретной конфигурации растяжного устройства, осуществляется в "интеллектуальном кольцевом магазине". Магазин разделен на две основные секции. Главная цепь кольцевых магазинов включает 400 стержней высотой примерно 1 м и насчитывает до 120 000 колец. Управляющая программа Beckhoff TwinCAT делит эту цепь на динамические секции фиксированных размеров, в которые входит определенное число стержней. Цепь разгрузки включает 40 стержней, каждый высотой по ~50 см. Кольца, изъятые из главной цепи, временно хранятся здесь в порядке, пригодном для конфигурирования растяжного устройства. Станок

управляется промышленным ПК Beckhoff C6140, подсоединенным к корпоративной сети Ethernet. Собственное ПО Castello Officine, написанное на языке Visual C# .NET, позволяет связывать станки с центральным сервером предприятия, где хранятся все конфигурации колец растяжного устройства.

После того, как отдана команда, на компьютер поступает идентификационный номер растяжного устройства. Компьютер извлекает из памяти конфигурацию для этого устройства, загружает нужную информацию, вызывает в определенной последовательности стержни для подготовки колец к изъятию и последующему монтажу, и, наконец, с помощью специального устройства надевает их на стержни.

Что касается аппаратных средств, управляющая система включает ПК с модулями Bus Terminals и Ethernet-устройством сопряжения VK9000, а также модули KL2502 для управления шаговым двигателем, KL5151 для определения позиций и KL4001 для управления скоростью движения главной цепи. Специально для сообщения с VK9000 в компьютере установлена дополнительная сетевая Ethernet-карта. Устройство сопряжения VK9000 было выбрано, чтобы стандартный ПК мог работать в Ethernet в режиме РВ. Другое преимущество: если Ethernet используется в качестве шины, компьютер не нуждается в дополнительных картах с шинным интерфейсом (Fieldbus Cards). Система остается простой, а расходы на ее проектирование снижаются.

Контактный телефон (495) 411-88-82. E-mail: info@beckhoff.ru [Http://www.beckhoff.ru](http://www.beckhoff.ru)

### Пуск АСУТП гидроагрегата №5 Саяно-Шушенской ГЭС

В апреле 2007 г. на ОАО "Саяно-Шушенской ГЭС им. П.С. Непорожного" начались испытания в режиме холостого хода гидроагрегата № 5 мощностью 640 МВт в составе турбины типа РО 230/833-667 и генератора типа СВФ 1285/275-42У4. Гидроагрегат оборудован АСУТП на базе ПТК "Апогей" производства НПФ "Ракурс". Специалисты НПФ "Ракурс" продолжают успешно выполнять программу по масштабной

модернизации АСУТП Саяно-Шушенской и Майнской ГЭС, ранее уже проведены пуски гидроагрегатов №1 и №3 Майнской ГЭС, гидроагрегата №7 Саяно-Шушенской ГЭС, оборудованных АСУТП НПФ "Ракурс" на базе ПТК "Апогей". Таким образом, НПФ "Ракурс" только для данных объектов созданы системы автоматизации для гидроагрегатов суммарной мощностью более 2 ГВт.

[Http://www.rakurs.com](http://www.rakurs.com)