



ракурс

ЯСНОСТЬ ЦЕЛИ

ГРУППА КОМПАНИЙ "РАКУРС" - Ваш партнер в области промышленной автоматизации.

Инновационная компания.
Резидент технико-внедренческой особой экономической зоны Санкт-Петербурга
отделение «Нойдорф».

**ПРОДАЖА СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ**

Тел./факс: (812) 252-43-90

**ПОСТАВКА КОМПОНЕНТОВ
АВТОМАТИЗАЦИИ**

Тел./факс: (812) 655-07-68

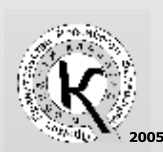
**ДЕПАРТАМЕНТ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Тел./факс: (812) 702-47-50

**УЧЕБНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР**

Тел./факс: (812) 252-78-45

198095, Санкт-Петербург, Химический пер., д.1, к.2, e-mail: info@rakurs.com, rakurs.com



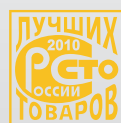
2005



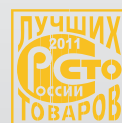
2009



ПРЕМИЯ 2010
В ОБЛАСТИ
ЭНЕРГОСВЕРЖЕНИЯ



ЛУЧШИХ
2010
РГО
ОССИИ
ГОВАРОВ



ЛУЧШИХ
2011
РГО
ОССИИ
ГОВАРОВ



ISO 9001:2008

Опыт реконструкции гидромеханической колонки электрогидравлического регулятора на Загорской ГАЭС



В статье подробно рассказано о работах, проведенных специалистами ГК «Ракурс» в рамках реконструкции гидромеханической части систем регулирования гидроагрегатов Загорской гидроаккумулирующей электростанции (Загорской ГАЭС).

ГК «Ракурс», г. Санкт-Петербург

Загорская ГАЭС – единственная в России крупная действующая гидроаккумулирующая электростанция. История ее «жизни» насчитывает уже почти четыре десятка лет – строительство начиналось еще в СССР в 1974 году, а первый агрегат был запущен в последний день 1987 года. В 2005-м был дан старт масштабной программе технического перевооружения, успешно завершённой в 2011 году.

В рамках этой программы при проведении плановых капитальных ремонтов на всех шести гидроагрегатах станции, начиная с 2008 года, была произведена модернизация автоматики системы управления гидроагрегатами. Одним из ее важных элементов является система регулирования, контролирующая положение регулирующих органов гидротурбины. Таким образом осуществляется управление частотой вращения и активной мощностью гидроагрегата. На Загорской ГАЭС установлены радиально-осевые гидроагрегаты, в которых регулирующим органом является направляющий аппарат, ограничивающий расход воды через турбину. Управление расходом осуществляется при помощи изменения положения сервомоторов направляющего аппарата – в сторону большего или меньшего его открытия.

Система регулирования состоит из двух основных частей: электрической панели электрогидравлического регулятора (ПТК ЭГР) и гидромеханической – реализованной в виде ГМК (гидромеханической колонки управления). По командам, полученным от электрической панели ЭГР, гидромеханическая часть регулятора осуществляет перемещение сервомоторов направляющего аппарата в требуемом направлении на заданную величину.

Для достижения наилучшего эффекта желательно проводить одновременную реконструкцию электрической и гидромеханической частей системы регулирования. В этом случае возможности взаимодействия современной микропроцессорной техники и гидроавтоматики будут реализованы в полной мере, а не наткнутся на ограниченное быстродействие нереконструированной второй половины.

Достоинства микропроцессорного ЭГР по сравнению с прежней системой – тема для отдельной статьи. Что касается реконструкции ГМК, то здесь требовалось достичь следующих целей:

- ▶ улучшить динамические и статические характеристики гидромеханической системы управления сервомотором направляющего ап-

парата. В результате достигается соответствие современным требованиям и стандартам, предъявляемым к системам регулирования гидроагрегатов (IEC 61362 – Guide to specification of hydroturbine control systems и ГОСТ 12405-81 (2003 г.) – «Регуляторы электрогидравлические для гидравлических турбин. Технические условия»).

- ▶ заменить морально и технически устаревшее оборудование и повысить ремонтпригодность и надежность работы ГМК. В оригинальной конструкции применялось оборудование индивидуального производства, к которому невозможно было подобрать взаимозаменяемого аналога. При реконструкции же используется современное, серийно выпускаемое электрогидравлическое оборудование общепромышленного назначения со стандартизованными установочными и присоединительными размерами.

Первые шаги

Первым в очереди на техническое перевооружение стоял гидроагрегат № 4. Для реконструкции ГМК было принято традиционное в данной области техническое решение, в упрощенном виде представленное на рис. 1. В соответствии с ним из ГМК были демонти-

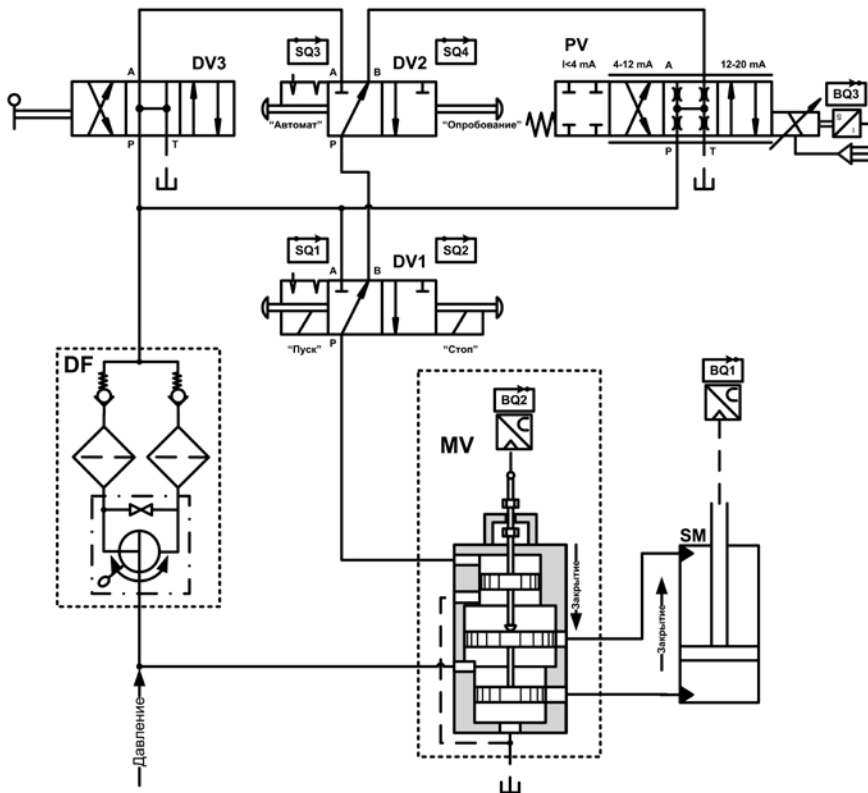


Рис. 1. Схема реконструкции ГМК гидроагрегата № 4 Загорской ГАЭС: MV – главный золотник; PV – пропорциональный гидрораспределитель; DV1 – механизм пуска/останова; DV2 – гидрораспределитель переключения «Автомат»/«Опробование»; DV3 – механизм опробования; DF – сдвоенный фильтр тонкой очистки; SM – сервомотор направляющего аппарата; SQ1 – SQ4 – дискретные датчики обратной связи; BQ1 – BQ3 – аналоговые датчики обратной связи

рованы механические обратные связи и все прежнее оборудование, кроме главного золотника, являющегося основным элементом колонки. Именно от его положения зависят направление и скорость перемещения сервомоторов направляющего аппарата.

Вместо прежнего оборудования в ГМК были установлены новые функциональные блоки:

- ▶ блок управления главным золотником, состоящий из гидропанели и установленной на нее распределительной аппаратуры. Такой блок управления позволяет ГМК функционировать в двух режимах – автоматическом и режиме опробования. В автоматическом режиме управление главным золотником осуществляется при помощи пропорционального гидрораспределителя PV, который направляет потоки рабочей жидкости в соответствии с командами, полученными от ПТК ЭГР. В режиме опробования при помощи распределителя с ручным управлением DV3 (механизм опро-

бования) можно осуществлять смещение главного золотника до упора вверх или вниз, соответствующим образом направляя сервомоторы в сторону открытия или закрытия, – данный режим полезен при наладке и обслуживании системы регулирования. Переключение между режимами осуществляется с помощью гидрораспределителя DV2. Механизм пуска/останова DV1 устанавливается для принудительного смещения главного золотника в сторону закрытия при неисправности пропорционального гидрораспределителя PV;

- ▶ сдвоенный фильтр тонкой очистки рабочей жидкости, который необходим для обеспечения требуемой чистоты рабочей жидкости в управляющем контуре ГМК. От этого зависят надежность и долговечность всей гидрораспределительной аппаратуры блока управления. Сдвоенные фильтры применяются для возможности «горячего» переключения с загрязненного фильтроэлемента на чистый,

находящийся в резерве. Встроенный датчик засоренности позволяет обеспечить своевременную замену загрязненных фильтроэлементов;

- ▶ механизм обратной связи главного золотника BQ2, представляющий собой датчик линейных перемещений и набор кронштейнов для его установки;

- ▶ на сервомотор направляющего аппарата также был установлен механизм обратной связи BQ1.

Реконструкция была произведена успешно, но после приобретения основных навыков работы с новым оборудованием сотрудники службы эксплуатации ГАЭС высказали пожелание сохранить при модернизации последующих агрегатов систему автономного ручного управления ГМК, позволяющего позиционировать направляющий аппарат независимо от ПТК ЭГР.

Оригинальные разработки

Пожелания сотрудников ГАЭС были учтены уже при реконструкции ГМК следующего гидроагрегата № 2. Реализовать автономное ручное управление было решено на базе уже имеющихся в ГМК механизмов и тросовых обратных связей. Основная задача заключалась в достижении согласованности в работе органов ручного и автоматического управления.

Специально под эту задачу была разработана (патент № 2366820 (РФ)) концепция селективного гидравлического управления по максимуму/минимуму (рис. 2). Идея заключается в соединении распределительных устройств гидросистемы двумя различными способами, которые позволяют контролировать расход рабочей жидкости в соответствии с максимальным/минимальным заданием гидрораспределителей №№ 1 и 2. К примеру, в соответствии со схемой, изображенной на рис. 2а, мы получаем возможность подавать давление к рабочему органу с расходом, соответствующим максимальному заданному на одном из двух гидрораспределителей: $\vec{Q} = \max(\vec{Q}_1; \vec{Q}_2)$. В случае со схемой, представленной на рис. 2б, аналогичным образом подводим/отводим рабочую жидкость в соответствии с минимальным из заданий на гидрораспределителях: $\vec{Q} = \min(\vec{Q}_1; \vec{Q}_2)$.

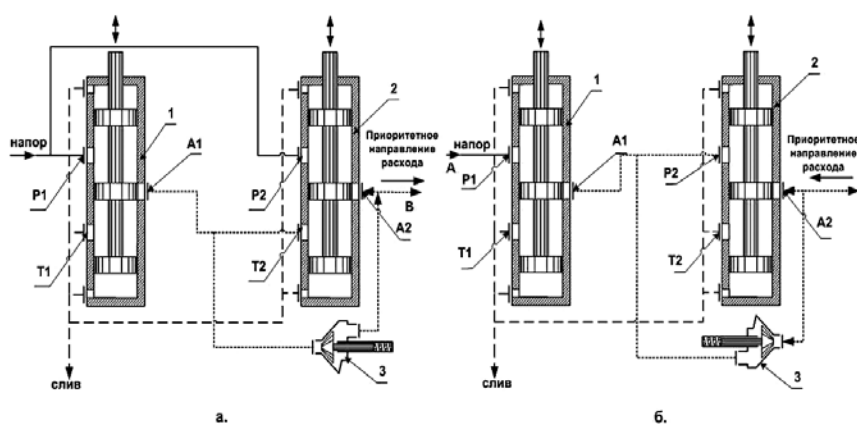


Рис. 2. Селективное гидравлическое управление рабочим органом по максимуму (а) и минимуму (б):

1 – гидрораспределитель № 1; 2 – гидрораспределитель № 2; 3 – обратный клапан

При реконструкции ГМК ЭГР-10-8, установленной на гидроагрегате № 2 Загорской ГАЭС (упрощенная гидравлическая схема представлена на рис. 3), была применена схема селективного гидравлического управления по минимуму. В качестве гидрораспределителя № 1 выступил существующий главный золотник. Распределительным устройством № 2 был назначен пропорциональный гидрораспределитель.

В составе ГМК из прежней конструкции были сохранены:

- ▶ блок золотников в составе главного золотника (использованного в новой конструкции в качестве золотника ручного управления) и золотника аварийного закрытия (примененного в качестве механизма пуска/останова DV1);
- ▶ механизм ограничения открытия (МОО) – система рычагов и тросовых обратных связей, необходимых для реализации ручного управления.

Все остальные функциональные элементы прежней конструкции были демонтированы, после чего в ГМК было установлено новое оборудование:

- ▶ пропорциональный гидрораспределитель PV с датчиком обратной связи, который в соответствии с электрическим сигналом от ПТК ЭГР управляет расходом и направлением потоков рабочей жидкости;

- ▶ кран переключения «Автомат»/«Ручное» BV;
- ▶ золотник аварийного закрытия DV2, позволяющий закрыть на-

правляющий аппарат независимо от положения других распределительных устройств;

- ▶ сдвоенный фильтр тонкой очистки DF;

- ▶ на промежуточный сервомотор и индивидуальные приводы лопаток направляющего аппарата были установлены механизмы обратной связи.

Все новые распределительные элементы были оснащены датчиками обратной связи, позволяющими осуществлять мониторинг исполнения команд, поданных системой управления.

В результате было разработано и внедрено решение, позволяющее совместить в себе преимущества современной гидроавтоматики и сохранить при этом за ГМК статус устройства, способного позиционировать направляющий аппарат гидроагрегата в автономном режиме, независимо от ПТК ЭГР. Дан-

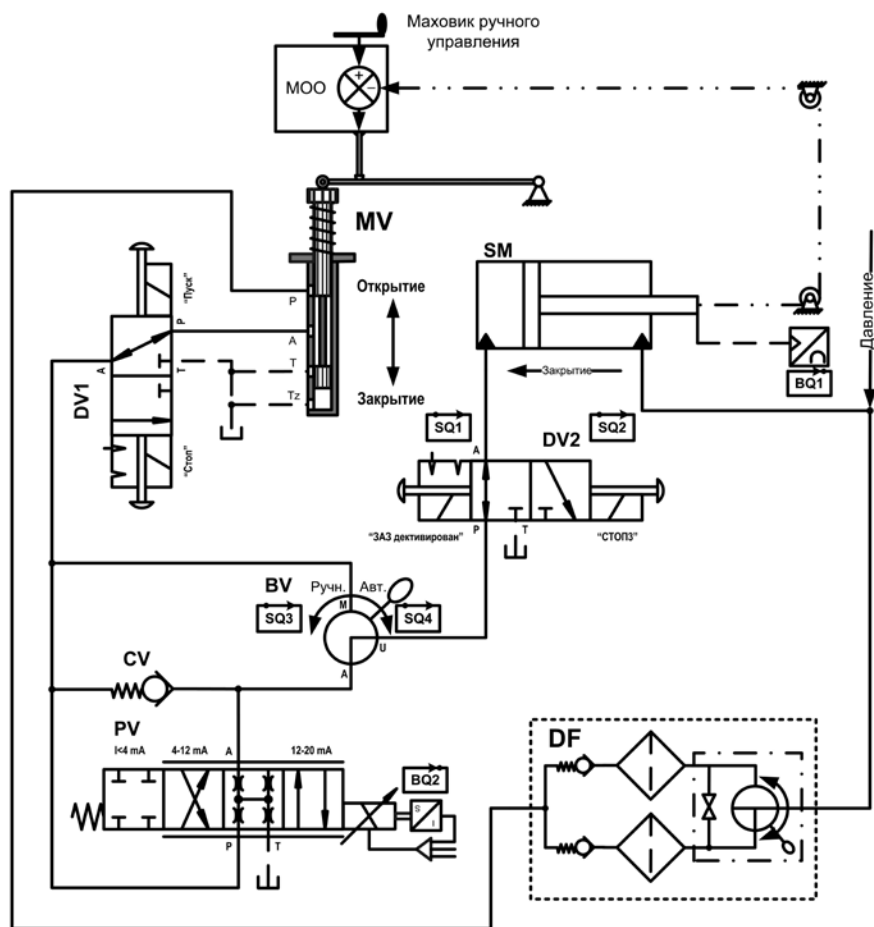


Рис. 3. Схема реконструкции ГМК гидроагрегата № 2 Загорской ГАЭС:

MV – золотник ручного управления; PV – пропорциональный гидрораспределитель; DV1 – механизм пуска/останова; DV2 – золотник аварийного закрытия; BV – кран переключения «Автомат»/«Ручное»; MOO – механизм ограничения открытия; CV – обратный клапан; DF – сдвоенный фильтр тонкой очистки; SM – промежуточный сервомотор направляющего аппарата; SQ1 – SQ4 – дискретные датчики обратной связи; BQ1 – BQ2 – аналоговые датчики обратной связи

ное решение получило положительные отклики от обслуживающего персонала ГАЭС и успешно эксплуатируется с 2009 года.

Дальнейшее развитие

В конце 2009 года появились новые требования к гидромеханической части системы регулирования гидроагрегатов. Отныне конструкция ГМК должна предусматривать тенденцию на закрытие направляющего аппарата при потере электрического питания.

Данная задача была решена установкой пропорционального гидрораспределителя с возвратной пружиной, переводящей гидроаппарат в заранее заданное безопасное положение, которое было выбрано, исходя из необходимости смещения главного золотника на закрытие.

Однако все оказалось не так просто. Если для ГАЭС соответствующие рекомендации Ростехнадзора по закрытию направляющего аппарата были применены без лишних колебаний, то с ГАЭС ситуация обстоит несколько сложнее. Дело в том, что никто не мог ответить на вопрос: как быть с насосным режимом работы гидроагрегата? Не приведет ли закрытие направляющего аппарата в насосном режиме к существенному ущербу для гидроагрегата?

Вопрос требовал тщательного изучения и согласования с компетентными организациями, что всегда занимает достаточно много времени. График технического перевооружения станции при этом никто не отменял. Тогда возникла идея на техническом уровне предусмотреть в ГМК возможность настройки тенденции смещения главного золотника в нужную сторону, в зависимости от режима работы гидроагрегата, а уже после появления конкретных рекомендаций для ГАЭС завести в автоматику соответствующие алгоритмы.

Было решено сразу после пропорционального гидрораспределителя установить дополнительный гидрораспределитель DV2, выполняющий функцию гидравлического инвертора. Таким образом, в одном из положений данного устройства пропорциональный гидрораспределитель будет при потере электри-

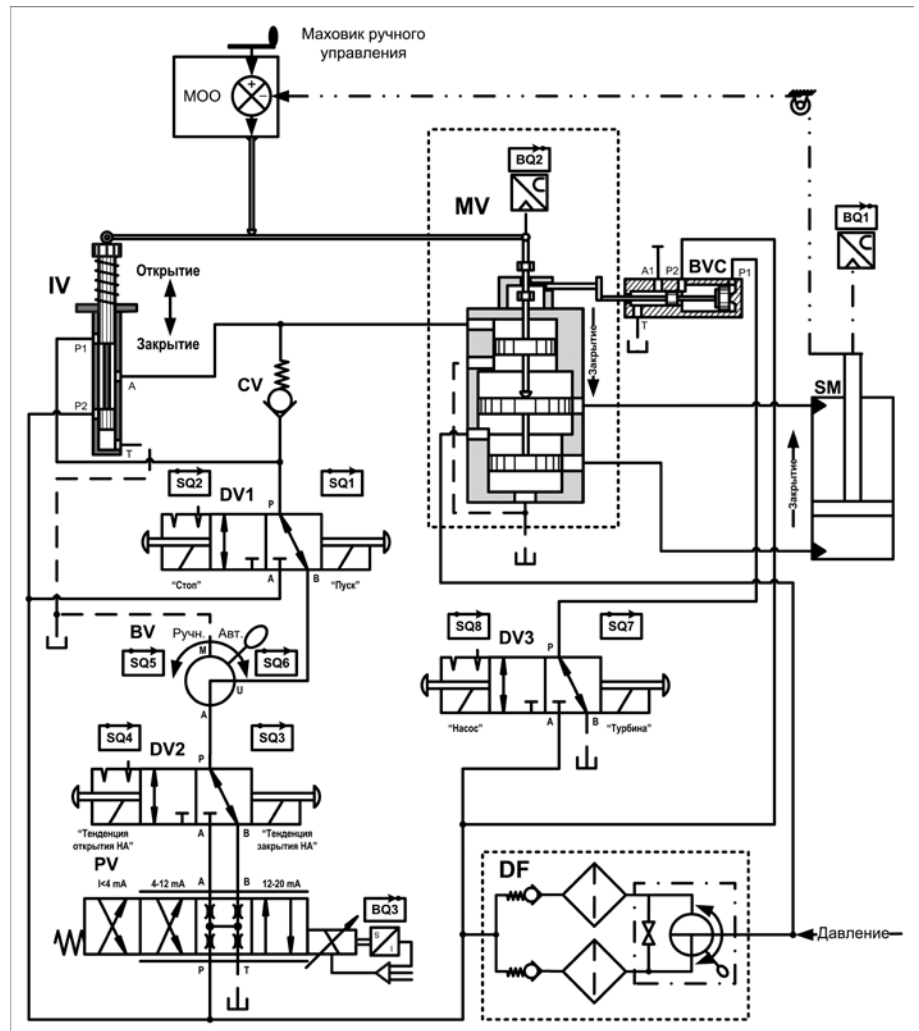


Рис. 4. Схема реконструкции ГМК гидроагрегатов №№ 3, 5, 6 Загорской ГАЭС: MV – главный золотник; IV – побудительный золотник; BVC – блокировочный золотник; PV – пропорциональный гидрораспределитель; DV1 – механизм пуска/останова; DV2 – механизм выбора тенденции; DV3 – гидрораспределитель управления блокировочным золотником; BV – кран переключения «Автомат»/«Ручное»; MOO – механизм ограничения открытия; CV – обратный клапан; DF – сдвоенный фильтр тонкой очистки; SM – сервомотор направляющего аппарата; SQ1 – SQ8 – дискретные датчики обратной связи; BQ1 – BQ3 – аналоговые датчики обратной связи

ческого питания смещать главный золотник в сторону закрытия направляющего аппарата, а во втором положении – в сторону открытия.

Далее, учитывая требования по сохранению ручного управления, все эти идеи были применены к концепции селективного гидравлического управления по максимуму, в результате чего появилась гидравлическая схема реконструкции ГМК ЭГР-150-9, в упрощенном виде представленная на рис. 4.

Из ГМК были демонтированы все элементы прежней конструкции, кроме главного и блокировочного золотников, а также системы рычагов и тросовых обратных связей механизма ограничения откры-

тия, необходимых для сохранения ручного управления. Побудительный золотник был модифицирован.

Блокировочный золотник BVC был сохранен в составе ГМК для ограничения скорости открытия направляющего аппарата в насосном режиме. При активации блокировочного золотника между ограничительными гайками устанавливается дополнительная планка, уменьшающая ход главного золотника вверх, в сторону открытия. В итоге достигается механическое ограничение расхода рабочей жидкости, направленной на открытие направляющего аппарата.

Из нового оборудования были установлены:

- ▶ пропорциональный гидрораспределитель PV с датчиком обратной связи;
- ▶ механизм выбора тенденции DV2;
- ▶ кран переключения «Автомат»/«Ручное» BV;
- ▶ механизм пуска/останова DV1, позволяющий сместить главный золотник в сторону закрытия независимо от положения других распределительных устройств;
- ▶ гидрораспределитель управления блокировочным золотником DV3;
- ▶ двоярный фильтр тонкой очистки DF;

- ▶ механизм обратной связи главного золотника BQ2;
- ▶ на сервомотор направляющего аппарата также был установлен механизм обратной связи BQ1.

Все новые распределительные устройства, как и в предыдущий раз, были оснащены датчиками обратной связи.

Таким образом, были реконструированы ГМК гидроагрегатов №№ 3, 5, 6.

Реконструкция ГМК гидроагрегата № 1 была произведена аналогично гидроагрегату № 2, но с приме-

нением идеи «гидравлического инвертора», для того чтобы обеспечить возможность настройки тенденции движения направляющего аппарата.

В настоящее время в компании «Ракурс» разработана концепция модульного построения ГМК, в рамках которой классифицированы и унифицированы технические решения по реконструкции различных функциональных узлов колонки. Эта концепция позволяет быстро адаптировать имеющиеся наработки к еще нереконструированным ранее типам ГМК.

Д.А. Серяпин, старший инженер-гидромеханик
отдела развития продукции ООО «Ракурс-инжиниринг»,
ГК «Ракурс», г. Санкт-Петербург,
тел.: (812) 252-3244,
e-mail: info@rakurs.com,
www.rakurs.com



**2-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ 2013
21 – 23 ноября 2013
Москва, ВК «Гостиный двор»**

Организаторы:

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Электрификация
близкой к вам

Генеральные информационные партнеры:



Официальный информационный партнер:

стратегии развития

Генеральный Интернет-партнер:

ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

www.ENES-expo.ru
contact@ENES-expo.ru; +7(499)760-34-74