

Автоматизация реверсивного стана горячей прокатки ДУО-850

*Виталий Грицюк, Андрей Созонтов, Сергей Счастливец,
Евгений Леонидов-Каневский, Павел Гагарин*

В ходе модернизации стана горячей прокатки специалистами Киевского института автоматики была создана АСУ ТП с применением собственных разработок и современных аппаратно-программных средств фирм Siemens, Advantech, Rittal, Balluff, Bosch Rexroth, СКБ ИС и других. В статье описаны структура и основные функции АСУ и гидравлического нажимного устройства, рассмотрены схемы регулирования толщины полосы, анализируются достигнутые показатели АСУ ТП.

ВВЕДЕНИЕ

Стан ДУО-850 на Кировском заводе по обработке цветных металлов (КЗ ОЦМ) находится в эксплуатации с 1957 года. Стан включает в себя две проходные нагревательные печи, рабочую клетку, вертикальную клетку, гильотинные ножницы и бухтосвёрточную машину. Выпускает листовую продукцию из меди и медных сплавов (плиты, листы, рулонную полосу). Стан является единственным входным агрегатом в технологической схеме производства листового проката. Большая часть рулонной продукции стана подаётся для последующей холодной прокатки. При этом рулоны укрупняются, что выдвигает повышенные требования к разности толщин свариваемых концов полос. Однако на стане отсутствовали средства автоматизации и качество продукции полностью определялось опытом и навыками операторов стана.

В 2005 году к работам по реконструкции стана были привлечены сотрудники Киевского института автоматики, которые совместно со специалистами завода провели обследование стана. По результатам обследования было принято решение о реконструкции ряда механизмов и создании АСУ ТП прокатки.

Создание АСУ ТП

В состав устройств, работа которых должна контролироваться и управляться АСУ, входят:

- рабочая клетка ДУО (главный привод и электромеханические нажимные винты);
- эджерная клетка (электромеханические нажимные винты);
- рольганги.

На рис. 1 показана рабочая клетка стана ДУО-850 прокатного цеха Кировского завода ОЦМ.

В процессе реконструкции, которая в соответствии с возможностями завода осуществлялась поэтапно, на первом этапе были проведены:

- замена нажимных винтов рабочей клетки с уменьшением шага с 40 до 32 мм, что уменьшило возможность самоотвинчивания при входе металла в клетку;
 - модернизация системы уравнивания верхнего вала и шпинделя с целью исключения отрыва нажимных винтов от подушек при подъёме и динамического перекоса при опускании;
 - замена приводов рольгангов на частотно-регулируемые приводы, перевод на частотное управление привода нажимных винтов эджерной клетки.
- Для решения задач автоматизации центральным вопросом был подбор и привязка к действующим механизмам необходимых датчиков. Были разработаны схемы привязки, изготовлены специалистами завода требуемые детали и установлены на стане датчики нижнего уровня.

Работы, проведённые на первом этапе реконструкции, дали возможность



Рис. 1. Рабочая клетка стана ДУО-850

осуществить программное управление процессом прокатки на стане, обеспечить оператора полной информацией, осуществить регистрацию и передачу в АСУ цеха протоколов прокатки каждого слитка.

На втором этапе реконструкции и автоматизации стана была осуществлена замена месдоз мембранными исполнительными механизмами (МИМ), которые позволили не только оценивать усилие прокатки по давлению масла, но и регулировать зазор и перекося валков под нагрузкой. Однако замена месдоз на МИМ породила новую проблему: при временной неработоспособности гидравлики одновременно отключалось программное управление в связи с исчезновением сигнала наличия металла в клетке, формируемого по сигналу усилия прокатки. Для восстановления надёжности системы были дополнительно установлены датчики растяжения стоек станины, выполненные на базе



Рис. 4. Операторская станция с функциональной клавиатурой на главном посту управления

- импульсный датчик ПДФ5 (датчик угла поворота главного электропривода рабочей клетки) – ДИ1;
- преобразователи угловых перемещений типа ЛИР-158Б производства ОАО «СКБ ИС» (датчики положения вертикальных валков эджерной клетки) – ДИ2 и ДИ3;
- инфракрасные линейные датчики типа ИЛД1-01 разработки НПП «Киевский институт автоматики» – Ф1, Ф2;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) мастера на промышленном компьютере iROBO-2000 фирмы irc2u;
- гидравлическое нажимное устройство (ГНУ) с системой управления в составе:
 - мембранные исполнительные механизмы с встроенными датчиками положения – МИМ1 (с ДП1) и МИМ2 (с ДП2),
 - электрогидравлические блоки управления БУГ1 и БУГ2,
 - насосная станция,
 - шкаф управления ШУ ГНУ с программируемым логическим контроллером ПЛК2 и панелью оператора ОР77В (Siemens),
 - шкаф управления насосной станцией ШУ НС.

Для контроля температуры проката используются двухспектральные пирометры фирмы Raytek. Оборудование монтировалось в шкафах фирмы Rittal.

Основные функции АСУ

Перечислим функции, реализуемые системой.

Информационные функции:

- приём исходных данных в систему и связь с оператором-технологом;
- сбор, хранение и выдача технологической информации;
- визуализация процесса прокатки металла и работы системы.

Программное управление механизма стана:

- инициация программной перестройки;
- слежение за металлом в клетях и формирование команд на перестройку;
- перестройка нажимных винтов горизонтальной (рабочей) клетки;
- перестройка главного привода рабочей клетки;
- программное управление скоростями рольгангов;
- программная перестройка нажимных винтов вертикальной (эджерной) клетки.

Регулирование толщины полосы:

- стабилизация раствора валков при входе полосы в клеть;
- стабилизация толщины по длине полосы;
- стабилизация усилия прокатки по длине полосы;
- стабилизация толщины от полосы к полосе (адаптивная коррекция программы перестройки нажимных винтов).

Эти функции реализуются на верхнем уровне путём:

- ввода задания на прокатку очередной садки слитков, находящихся в нагре-

вательной печи (ввод предусмотрен из АСУ цеха и продублирован ручным вводом с ФК; в задании указываются атрибуты каждой полосы, в том числе два обязательных – это заданная выходная толщина и планируемое количество проходов);

- ввода программы прокатки на текущий типоразмер;
- счёта пропусков и полос;
- отображения текущей технологической информации оператору стана (человеко-машинный интерфейс);
- ситуационного формирования и выдачи уставок механизмам в соответствии с действующей программой прокатки;
- стабилизации средней толщины полос текущей группы по команде «Так держать!»;
- формирования оперативного протокола прокатки (с возможностью просмотра в паузе и в конце прокатки);
- формирования архивного протокола прокатки (по пропускам);
- формирования ретроспективного протокола технологических параметров с интервалом 0,25 с;
- формирования протокола событий.

Это иллюстрируют экранные формы (ЭФ). На рис. 5 показана ЭФ «Прокатка». Она используется оператором в процессе прокатки, обеспечивая его необходимой технологической и ситуационной информацией и давая возможность оператору выполнять некоторые управляющие функции. А ЭФ «Параметры прокатки», приведённая на рис. 6, содержит информацию для мастера и технолога цеха.

На нижнем уровне ранее перечисленные функции реализуются путём:

- измерения положения позиционных механизмов (нажимных винтов гори-



Рис. 5. Основная экранная форма «Прокатка»

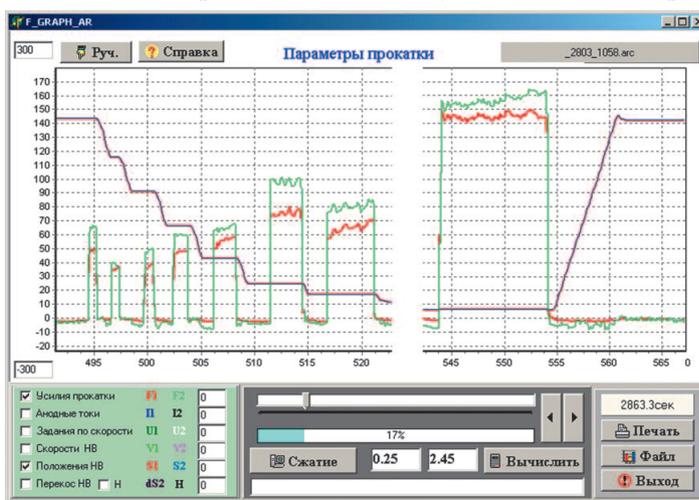


Рис. 6. Экранная форма «Параметры прокатки» (информация для мастера и технолога)

зонтальной и вертикальной клетей, растворов МИМ) и скорости главного привода;

- измерения усилия прокатки по давлению в МИМ, по растяжению стоек станин и формирования сигнала «Металл в клетях»;
- установки в заданное положение нажимных винтов горизонтальных и вертикальных валков (в паузах между проходами);
- поддержания заданных растворов и регулирования толщины по длине полосы с помощью МИМ при прокатке;
- отработки перекося валков по команде оператора во время прокатки.

Обмен информацией между уровнями АСУ ТП осуществляется по сети PROFIBUS DP, а с АСУ цеха – по сети Ethernet. На АРМ мастера в составе АСУ ТП выполняются сервисные функции, оно предназначено для отображения текущего технологического процесса в режиме реального времени. Данные о предыдущих прокатанных слитках, а также технологическом процессе прокатки хранятся в ОС и передаются по сети Ethernet в цеховой сервер. Интерфейс PROFIBUS DP объединяет ОС, контроллеры SIMATIC S7-300

ПЛК1 (АСУ ТП) и ПЛК2 (СУ ГНУ), а также два датчика положения ВТЛ.

Специальное программное обеспечение (СПО) контроллера в составе АСУ ТП стана ДУО-850 называется STAN-850. Оно разработано с использованием программного пакета STEP7 версии V5.3 (среда автоматизации SIMATIC) фирмы Siemens. Пакет STEP7 работает в операционной среде Windows 2000.

ОПИСАНИЕ ГНУ

Беспоршневое гидравлическое нажимное устройство на основе мембранных гидрокапсул разработано в Киевском институте автоматики (КИА) с использованием конструктивных решений, отработанных на устройствах силоизмерительных гидравлических (УСГ) для калибровки месдоз в клетях прокатных станов, ранее поставлявшихся КИА [1]. Основу ГНУ составляют две мембранные гидрокапсулы (точнее называемые мембранными исполнительными механизмами – МИМ), устанавливаемые в пазах подушек верхнего валка, как показано на рис. 7. Сервоклапаны, датчики давления, аккумуляторы и другое гидравлическое оборудование собраны в блоках управления гидравликой (БУГ –



Рис. 7. Мембранные гидрокапсулы, установленные в пазах подушек верхнего валка



Рис. 8. Блок управления гидравликой

рис. 8), установленных на шапке клетки в непосредственной близости от МИМ. Давление в магистрали обеспечивается насосной станцией (рис. 9) с напором до 315 бар. Все гидравлические устройства спроектированы на базе оборудо-



Рис. 9. Насосная станция

вания фирмы Bosch Rexroth. Гидрокапсула характеризуется установочными габаритами 616×636×215 мм. Размер 616 мм является конструктивным ограничением, которое определяется максимально возможной шириной паза в подушке валька. Эффективная площадь гидрокапсулы – 1666 см². Расчётное усилие при давлении 290 бар составляет 490 тс. Допустимый диапазон рабочего хода – от 0 до 8 мм. Паспортная пропускная способность сервоклапана 20 л/мин обеспечивает скорость раздвижения под нагрузкой 2,0 мм/с. В гидрокапсуле установлен датчик линейного перемещения с разрешающей способностью 5 мкм. С наружной стороны к капсуле крепится конечный выключатель (на рисунке не показан), который должен предотвращать подачу жидкости при чрезмерном раздвижении (свыше 10 мм).



Рис. 10. Гидрокапсула в процессе замены мембраны

«Узким местом» мембранных гидрокапсул традиционно считается стойкость (долговечность) самих мембран. Определённая на специальном стенде долговечность мембран составила 1 миллион циклов перемещения с амплитудой ±0,05 мм под нагрузкой. Эксплуатация подтвердила расчётные показатели: при односменной эксплуатации мембраны служили в среднем по 1,5 года. Полный цикл замены мембраны (извлечение МИМ из клетки, разборка, сборка, промывка, заправка, удаление воздуха, установка в клетку) занимает 4 часа, что вполне допустимо по условиям эксплуатации. На рис. 10 показана гидрокапсула в процессе замены мембраны.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ

Обработка программы обжатий по пропускам не требует дополнительных пояснений. В то же время регулирование толщины при реверсивной прокат-

ке может осуществляться множеством способов с выходом на постоянную заданную толщину в последнем пропуске. При этом желательно не нарушать заданное технологами распределение обжатий по пропускам.

На рис. 11 показаны две схемы регулирования толщины, принятые в настоящее время. Условные обозначения на рисунке: q, q_{et} – жёсткость полосы и эталонная жёсткость; ΔS_{nv} – коррекция раствора нажимных винтов перед очередным пропуском; P, P_{set}, P_{et} – усилие прокатки текущее, заданное, эталонное; ΔS_{gnu} – коррекция зазора гидрокапсул на полосе; f – функция измерительная/вычислительная.

Схема по первой строке обычно работает при прокатке первых трёх полос. Схема по второй строке действует при прокатке следующих полос, после включения режима «Так держать!».

Регулирование на каждом пропуске производится в две стадии.

Первая стадия – стабилизация толщины от полосы к полосе. Автоматическая установка растворов вальков для каждого пропуска снижает влияние человеческого фактора на точность прокатки, но не гарантирует повторяемость толщины, поскольку слитки в партии могут отличаться как по температуре, так и по химическому составу, что приводит к разбросу средних толщин.

Суть регулирования состоит в следующем. На каждом пропуске, используя данные по усилию прокатки и рас-

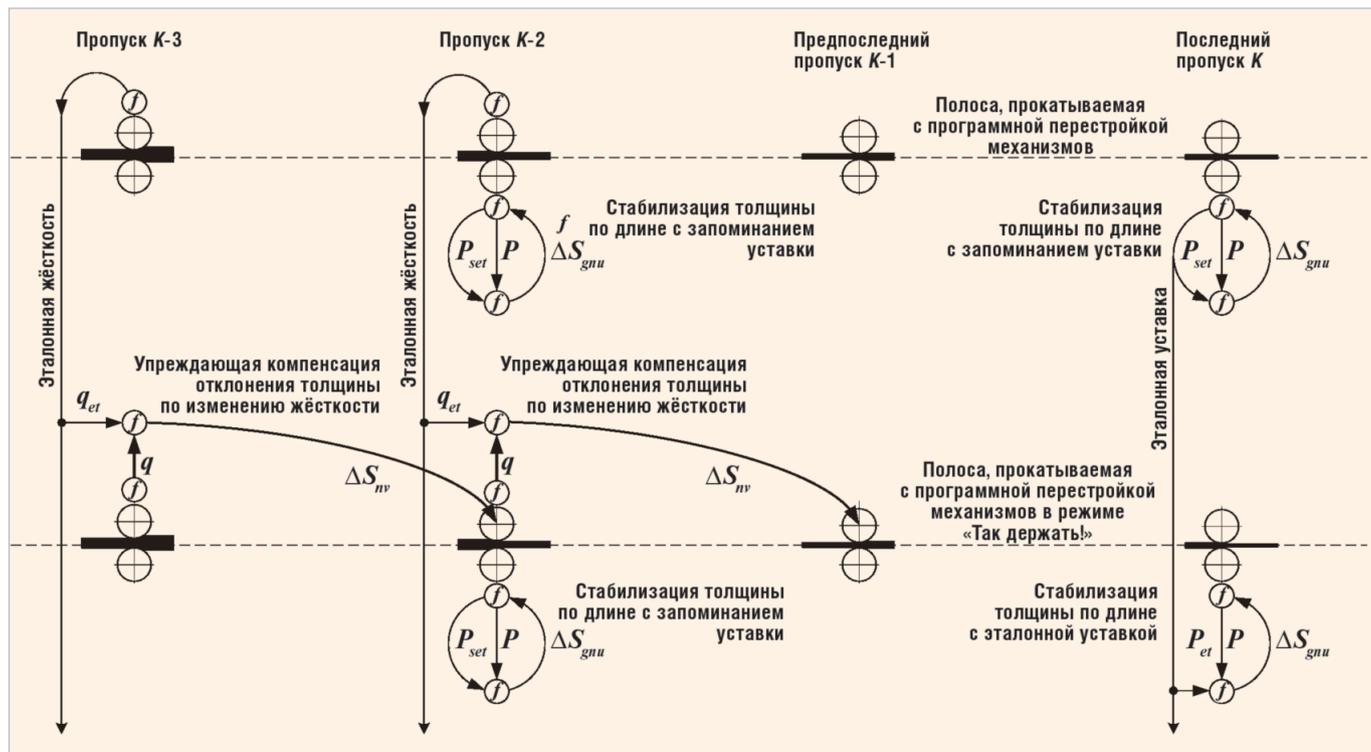


Рис. 11. Схемы регулирования толщины полосы по пропускам

твору валков, вычисляется толщина и жёсткость полосы. Впоследствии для полосы, принимаемой (по решению оператора) за эталон, формируется массив распределения эталонной жёсткости q_{et} по пропускам. При прокатке следующей полосы на каждом пропуске дополнительно оценивается отклонение текущей жёсткости относительно её эталонного значения. Далее, используя принцип подобия, прогнозируется дальнейшее изменение жёсткости и усилия прокатки для следующего пропуска, на основании чего формируется поправка положения нажимных винтов рабочей клетки.

Очевидное преимущество этой схемы состоит в том, что мы встречаем раскат валковым зазором, скорректированным заранее.

Вторая стадия – стабилизация толщины по длине полосы. Она возможна только при работе ГНУ. На последнем проходе стабилизация осуществляется по принципу Симса-Головина (режим абсолютно жёсткой клетки – АЖК). На предпоследнем проходе регулирование по Симсу-Головину отсутствует (имеем режим нормальной клетки – НК), так как нам выгоден возникающий при

этом обратный клин в толщине, снижающий нагрузку на ГНУ в последнем пропуске. Для получения наибольшей величины клина входную толщину на предпоследнем проходе желательнее иметь постоянную. Поэтому прокатка на третьем от конца проходе проводится также в режиме АЖК. Таким образом, в программе прокатки необходимо задавать настройку на трёх последних проходах 100% (АЖК), 0% (НК), 100% (АЖК) соответственно. Оператор может по своему усмотрению менять предложенную по умолчанию схему регулирования в последних пропусках. При задании режима «Так держать!» регулятор использует на последнем пропуске эталонную уставку по усилию прокатки.

Достигнутые показатели АСУ ТП

Точность позиционирования нажимных винтов

Позиционирование нажимных винтов рабочей клетки обеспечивается с погрешностью, не превышающей 0,06 мм. Однако при входе полосы в клеть вследствие выборки всех люфтов по-

является подскок нажимных винтов, имеющий случайную амплитуду (до 0,22 мм). Поэтому ГНУ компенсирует ошибки позиционной системы уже после входа металла в клеть. Ошибка совместного позиционирования при этом не превышает 0,02 мм.

Позиционирование нажимных винтов эджера обеспечивает установку валков на заданную ширину с погрешностью не хуже 2 мм.

Разброс средней толщины полосы

Влияние работы АСУ на разброс средней толщины полосы в пределах одного типоразмера иллюстрируется табл. 1.

Продольная разнотолщинность по длине полосы

Влияние работы АСУ на продольную разнотолщинность полосы иллюстрируется табл. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Модернизация оборудования и внедрение АСУ ТП на стане ДУО-850 позволило существенно улучшить качествен-

Таблица 1

Влияние работы АСУ на разброс средней толщины полосы в пределах одного типоразмера

Марка типоразмера	Погрешность средней толщины полос с доверительной вероятностью 95% (удвоенная сигма), мм		
	Ручная перестройка стана	Программная перестройка стана	Программная перестройка с коррекцией по эталону
Медь	0,167	0,092	0,051
Латунь Л63	0,189	0,132	0,022

Таблица 2

Влияние работы АСУ на продольную разнотолщинность полосы

Марка типоразмера	Продольная разнотолщинность с доверительной вероятностью 95% (удвоенная сигма), мм	
	Естественная	С регулированием
Медь	0,05	0,02
Латунь Л63	0,08	0,04

ные показатели выпускаемой продукции и облегчить условия труда операторов. Появилась возможность оператив-

но задавать, проверять и отрабатывать новые технологические режимы прокатки, в том числе ранее неосуществи-

мые. Например, ограниченная мощность вертикальной клетки не позволяла провести требуемое эджирование в один проход, а перестройка эджера между нечётным и чётным проходами ранее была невозможна.

Большой объём собираемой и регистрируемой информации о прокатке каждого конкретного слитка и работе оборудования стана позволяет руководству оперативно контролировать состояние дел и принимать соответствующие решения. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Ю.Б. Градуировочные устройства для клеток автоматизированных прокатных станов // Сталь. — 1981. — № 7. — С. 55.

E-mail: evgenk4@gmail.com

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

В линейке поставок ПРОСОФТ появился новый бренд Santerno

Компания ПРОСОФТ открыла новое направление — «Частотные преобразователи и устройства плавного пуска». В последние годы в России наблюдается постоянно растущий интерес к данной продукции. Частотные преобразователи и устройства плавного пуска (ЧРП и УПП) применяются практически в любой отрасли, где необходимо правильное и точное управление двигателем. Нефтегазовая отрасль, водоснабжение, энергетика, автоматизированное производство, атомная и оборонная промышленность — далеко не полный перечень отраслей, в которых использование ЧРП и УПП просто необходимо.



Компания Santerno — крупнейший итальянский производитель ЧРП и УПП. Вся продукция производится на заводах Италии и Южной Кореи и имеет гарантию от 2 до 3 лет. ЧРП и УПП имеют серьёзные технические и коммерческие преимущества по сравнению с конкурентами на российском рынке. Продуктовая линейка очень широка — производитель предлагает решения для различных задач.

Стандартные приводы SINUS M и SINUS N реализуют векторное или V/F-управление двигателями и имеют улучшенные выходные ха-

рактеристики. Они подходят для простых решений в сфере ЖКХ и водоснабжения.

Промышленный привод SINUS PENTA — многозадачное устройство с функциями управления несколькими насосами и регенеративным режимом. Изделие предназначено для применения в промышленности и обрабатывающих отраслях.

Также компания предлагает преобразователи постоянного тока DCREG, которые широко используются в задачах, где необходимы рекуперация энергии, точное поддержание скорости, хорошие динамические характеристики системы и стабильный момент на валу во всём диапазоне регулирования скорости. Среди типичных областей применения приводов постоянного тока можно назвать экструдеры, миксеры, куттеры, волочильные машины и прессы.

Устройства плавного пуска ASAC и ASAB используются для оптимизации работы электродвигателей, тем самым продлевая их жизнь. Серии рассчитаны на двигатели разных мощностей, что позволяет подобрать нужное устройство для решения простых задач.

Фирма ПРОСОФТ с 2013 года является официальным дистрибьютором компании Santerno. Вся продукция доступна для заказа на сайте. Актуальная информация по новому направлению представлена в разделе АСУ ТП. ●

Новости ISA

К исполнению обязанностей вице-президента ISA (округ 12) приступил господин Brian Curtis (Ирландия), который будет трудиться на этом посту с 1 января 2013 года по 31 декабря 2014 года. Господин Curtis дважды посещал Санкт-Петербург и принимал участие в заседаниях Европейского совета ISA в 2002 и 2007 годах.

В штаб-квартире Международного общества автоматизации (ISA) в Российской Федерации состоялось ежегодное заседание Президиума ISA РФ. Президентом-секретарём Российской секции ISA избрана проректор ГУАП, доцент Антонина Юлия Анатольевна. Она вступит в должность президента секции 1 января 2014 года.

Продолжается подготовка к проведению в рамках XIV Международного форума «Формирование современного информационного общества: проблемы, перспективы, инновационные подходы» (Modern information society formation: problems, perspectives, innovation approaches) круглого стола «Тенденции в глобальной автоматизации до 2020 года». Круглый стол проведут профессор Gerald Cockrell (США) — президент ISA 2009 года, Pino Zani (Италия) — президент ISA 2002 года, а также глава представительства ISA в РФ профессор Анатолий Оводенко (ГУАП, Россия). Форум пройдет со 2 по 6 июня 2013 года в Санкт-Петербурге. В период с 1 по 9 июня 2013 года состоится визит в Санкт-Петербург двух бывших президентов ISA: Gerald Cockrell и Pino Zani. Руководители ISA посетят ГУАП, штаб-квартиру ISA в Российской Федерации, примут участие в заседании Российской секции ISA, выступят перед студентами, аспирантами и преподавателями ГУАП.

Очередное заседание исполкома Европейского совета ISA пройдет в Лиссабоне (Португалия) 10–11 мая 2013 года.

5–7 ноября 2013 года в городе Нашвилл (Теннесси, США) пройдет ISA Automation Week 2013: Technology and Solution Event. ●



Участники заседания Президиума ISA РФ