

Поле для модернизации

О выявлении сдерживающих факторов в обрабатывающей промышленности
Андреас Кролл, Франк Симон, Гордон Чивер, Томи Пильбакка, Дэвид Стэниер



Операторы обрабатывающих предприятий находятся под постоянным прессом требований повысить рентабельность. Первый важный шаг к обеспечению конкурентоспособности – понять, какое место занимает данное предприятие по отношению к тому предприятию, управление которым осуществляется наиболее эффективно. Несмотря на определённые различия между предприятиями это возможно – при использовании некоторых общепринятых в промышленности характерных показателей.

Когда запускается проект модернизации предприятия, встаёт важная и сложная задача выявления возможностей для достижения от будущей модернизации максимальной отдачи. Возможный начальный путь такой: выбрать область поиска, исходя из личного опыта специалиста-эксперта, и в этой области выполнить первоначальный поиск. Как правило, после этого производится конкретный технико-экономический анализ с целью оценки имеющегося потенциала для модернизации. Часто при этом определяются и критерии оценки эффективности проектов модернизации.

Главная идея этой нисходящей процедуры – найти для проекта модернизации новое, как в областях знаний, так и среди функций и компонентов.

В настоящей статье представлен альтернативный подход, при котором отбор всего полезного для модернизации производится в широком диапазоне автоматизированных систем и практического опыта их использования¹⁾. Рамки такого отбора ограничиваются:

- системами автоматизации производственных процессов и информационными системами реального времени;
- инструментальными и аналитическими средствами, электродвигателями и приводами;
- электродвигателями и приводами.

Вновь разработанная систематизированная процедура с компьютерной поддержкой позволяет эксперту в течение нескольких дней собрать информацию по одному конкретному предприятию. Во-первых, производится всеобъемлющая техническая оценка ранее установленных систем и оборудования, а также существующих технологических процедур. Во-вторых, через сравнение с показателями мирового уровня оценивается экономический потенциал модернизации в смысле роста выпуска продукции и снижения себестоимости.

Главная идея этой нисходящей процедуры – найти для проекта модернизации новое, как в областях знаний, так и среди функций и компонентов. При этом ставятся следующие типовые вопросы: «что эффективнее – снижение расходов на техническое обслуживание или совершенствование управления производственным процессом?» и «не будет ли ещё более эффективной непосредственная поддержка рабочих мест и изменение характеристик выпускаемых изделий?»

Коллектив из специалистов различного профиля разработал процесс ускоренной оценки контрольно-измерительных приборов и систем автоматизации (КИПиА) и их компонентов, а также соответствующих рабочих процедур путём сочетания методов оценки и эталонного тестирования. Новый метод, при котором работа по изучению конкретного производства занимает всего два-три дня, уже опробован в пилотных проектах в химической и целлюлозно-бумажной промышленности.

Методология

На рис. 1 показана последовательность отдельных шагов и процедур обработки данных, входящих в разработанную методологию.

Оценка и эталонное тестирование

Под оценкой понимаются действия по определению того, насколько какие-либо характеристики, процессы или оказываемые услуги соответствуют заданным требованиям. В настоящей статье термин «оценка» относится к оценке характеристик предприятия с применением заранее определённых процедур. Важной, хотя и нелёгкой задачей является точное определение максимально достижимого объёма производства, а также момента, когда он будет достигнут.

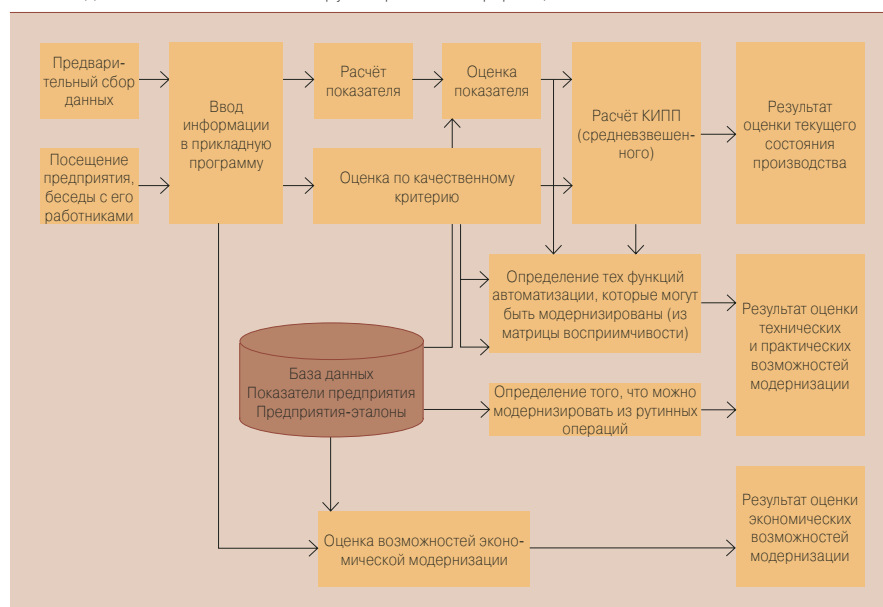
Что же касается эталонного тестирования, то Ахмад и Бенсон [2] определили его как структурированный процесс сравнения показателей конкретного предприятия с наилучшими показателями подобных предприятий в глобальном масштабе. Конечная цель этого процесса – пережить всё лучшее, что имеется в данной области. В некоторых случаях сравнение производится даже между различными отраслями. В настоящей статье под эталонным тестированием понимается сравнение конкретного предприятия с другими для ранжирования его показателей. При ранжировании определяется, превышают ли показатели предприятия средние по отрасли значения и входит ли предприятие по своим показателям в 25% предприятий, лучших по своим показателям в выбранной базе сравнения. Сравнение может производиться в региональном или глобальном масштабе, со смежными отраслями или в пределах одного производственного сектора или же по каким-либо другим критериям.

Важной, хотя и нелёгкой задачей является точное определение максимально достижимого объёма производства, а также момента, когда он будет достигнут.

Иерархия показателей и ключевые индикаторы показателей производства

В ходе оценки технических характеристик производится тщательный анализ всего фронта автоматизации производственного процесса. При этом определяются наиболее существенные моменты, подлежащие дальнейшему, более углубленному анализу при последующей инженерной проработке.

1 Последовательность шагов по сбору и обработке информации



Удобство эксплуатации

Область оцениваемых характеристик простирается от оснащения предприятия контрольно-измерительной аппаратурой, включает в себя системы управления, в том числе усовершенствованные, вплоть до систем производственного планирования и организации технического обслуживания. При оценке учитывается применяемая технология и её использование, рабочие процедуры, а также затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание.

При оценке используется около 100 критериев, в основном количественных. Последние носят название индикаторов показателей производства. Примеры некоторых из них приведены во вставке.

Качественные критерии (их меньше) определены для различных уровней показателей и в совокупности представляют собой средство для производства согласованных, воспроизводимых и сравнимых оценок. Все упомянутые критерии сведены в десять ключевых индикаторов показателей производства (далее КИПП), каждый из этих ключевых индикаторов касается той стороны производства, показатели которой могут нуждаться в улучшении.

1. Состояние основных средств КИПиА
2. Срок службы (степень износа) КИПиА
3. Объём выпуска продукции
4. Качество и выход продукции
5. Гибкость производства и его темп
6. Влияние на окружающую среду, безопасность, соблюдение обязательных требований
7. Техническое обслуживание
8. Эксплуатационные расходы
9. Кадры
10. Поддержка действий оператора

Оценка индикаторов показателей производства

После того как значения указанных индикаторов рассчитаны, их следует оценить на предмет того, на должном ли уровне находятся показатели производственного процесса и есть ли реальная возможность их улучшить.

Масштаб каждого индикатора может быть различным, но приведение к общему масштабу упрощает взаимосвязь КИПП и их интерпретацию. По этой причине были определены четыре

■ Пример значений КИПП с процентными рейтингами, коэффициентами по шкале уровней и минимальными значениями этих коэффициентов.

Что оценивается (виды КИПП)	% от уровня (0–100%)	Значение уровня (1–4)	Мин. уровень (1–4)
Состояние основных средств КИПиА	33%	2.0	1.5
Срок службы (степень износа) КИПиА	42%	2.3	1.5
Объём выпуска продукции	32%	2.0	1.0
Качество и выход продукции	59%	2.8	1.5
Гибкость производства и его темп	35%	2.0	1.0
Влияние на окружающую среду, безопасность, соблюдение обязательных требований	40%	2.2	1.0
Техническое обслуживание	51%	2.5	1.0
Эксплуатационные расходы	24%	1.7	1.0
Кадры	63%	2.9	1.8
Поддержка действий оператора	46%	2.4	1.0

Количественные критерии определены в виде некоторых показателей, например:

ACUI = Показатель использования автоматизации	$:= 1 - \frac{\text{Число контуров управления, спроектированных для автоматического режима, но работающих в ручном}}{\text{Общее число контуров управления, спроектированных для автоматического режима}}$
QCIDI = Показатель уровня контроля качества	$:= \frac{\text{Число параметров качества продукции, измеряемых и управляемых в реальном масштабе времени}}{\text{Общее число параметров качества продукции}}$
ARSI = Показатель аварийности в установившемся режиме работы оборудования	$:= \frac{\text{Число аварийных сигналов, принимаемых в течение 10 мин.}}{\text{...}}$
AMCI = Показатель стоимости технического обслуживания систем автоматизации	$:= \frac{\text{Стоимость технического обслуживания систем автоматизации}}{\text{Оценочная стоимость полной замены автоматизированной системы на новую}}$

уровня масштабирования индикаторов:

- показатели на уровне мировых (уровень 4);
- хорошие показатели (уровень 3);
- посредственные показатели (уровень 2);
- показатели нуждаются в существенном улучшении (уровень 1).

Для определения границ между этими уровнями была проанализирована вся база данных компании АББ, содержащая более 300 оценок показателей, а также информация промышленных советов и доступная литература. Был учтён также опыт, накопленный экспертами компании АББ в ходе производства средств автоматизации, реализации комплексных проектов и проектов по модернизации, а также выполнения контрактов со многими предприятиями на полное обслуживание.

Для упрощения обработки данных была введена нелинейная шкала, по которой подсчитывались значения КИПП. Таким образом удалось гармонизировать различные масштабы, применяемые для оценки величины каждого КИПП, и привести

их к единой шкале с четырьмя уровнями для всех индикаторов показателей. В основу каждого КИПП положено вычисление средневзвешенного значения, что позволяет учесть степень влияния на КИПП каждого принимаемого во внимание его компонента. В результате каждый КИПП получает определённый коэффициент по шкале уровней (от 1 до 4) и процентный рейтинг. На рис. 2 приведен пример результатов вычислений, при этом ключевой индикатор № 1 (состояние основных средств КИПиА) получил рейтинг 33% и уровень 2,0.

Рассчитанные таким способом ключевые индикаторы можно наложить на элементы матрицы для отображения того, какие автоматизированные системы и компоненты наиболее подходят для улучшения производственных показателей.

Однако при вычислении средневзвешенного значения ключевого индикатора как бы маскируется роль отдельных компонентов, особенно тех, чьё влияние действительно невелико. Чтобы избежать этого, для данного КИПП в отдельной графе показывается минимальное значение уровня. Так, например, на рис. 2 КИПП № 3 (объём выпуска продукции) имеет коэффициент 2,0 (посредственный показатель) при минимальном значении 1,0. Это значит, что по крайней мере один из компонентов данного КИПП может быть существенно улучшен.

Определение целей при улучшении показателей производства

В результате технической оценки определяются сильные и слабые стороны данного предприятия, а также те его части, которые потенциально могут быть улучшены. В зависимости от того, что именно модернизируется (система, прикладная программа или производственная операция), разные показатели производства подвергаются модернизации в разной степени. Например, качество анализаторов влияет на производительность и качество продукции, качество мониторинга

Удобство эксплуатации

технического состояния – на надёжность, качество управления энергосистемой – на стоимость энергии.

Восприимчивость причин (уровень автоматизации) и следствий (показатели производства) можно свести в обобщённую матрицу восприимчивости (рис. 3), которую можно анализировать в двух направлениях:

- участки автоматизированного производства, являющиеся ключевыми для модернизации, проводимой путём отдельных работ на отдельных участках (участок → системы / компоненты / конкретное применение)
- участки производства, где автоматизация отсутствует вообще или применяется не в оптимальном режиме – таковые можно выделить и изучить более детально (системы / компоненты / конкретное применение → участок).

Объединённые индикаторы показателей производства можно наложить на элементы матрицы для того, чтобы обозначить конкретные применения, компоненты и системы, позволяющие провести модернизацию наилучшим образом. При этом выделяется группа факторов, которые следует изучить более детально. Пример приведён на рис. 3. Красные клетки содержат достаточно высокие числовые значения, свидетельствующие о том, что данное решение по автоматизации как нельзя лучше подходит к соответствующему решению по модернизации. Числа в клетках (в отличие от КИПП) несут самостоятельного значения и лишь условно выражают то, насколько сильно различные применения автоматизации влияют на определенные направления модернизации.

Потенциал экономической модернизации

Техническая модернизация – это средство повышения надёжности, устойчивости и прибыльности производственных операций. Типовыми экономическими целями при этом являются увеличение объёма выпуска продукции и снижение затрат. Потенциал модернизации, ведущей к увеличению объёма выпуска, можно оценить из анализа потерь в общей эффективности оборудования (ОЭО). ОЭО выражается в процентах и определяется как:

$$\text{ОЭО} = (\text{коэф. готовности}) \times (\text{производительность}) \times (\% \text{ продукции, отвечающей требованиям качества})$$

Именно этот показатель считается на практике лучшим. Он показывает долю реально выпускае-

мой продукции от предельно возможного объёма выпуска. Последнее достижимо лишь в случае, когда предприятие безостановочно работает на полную мощность с соблюдением всех мер по поддержанию качества. На рис. 4 показаны диаграммы потерь в общей эффективности оборудования (ОЭО) для бумагоделательной машины.

Компания АББ располагает базами данных с результатами оценки различных отраслей, в том числе химической, металлургической, стройматериалов, целлюлозно-бумажной. Массивы данных можно классифицировать по регионам, отраслям, производственным операциям и т.д. Поэтому для конкретного предприятия всегда есть база для сравнения.

В этих данных есть наглядные примеры высоких показателей производственного процесса



8 Часть обобщённой матрицы восприимчивости причин (уровень автоматизации) и следствий (показатели производства), значения элементов матрицы условные и приведены для примера. Красным цветом выделены направления с наибольшим потенциалом для модернизации.

	Вид изделий / область применения	Направление модернизации / основной фактор				
		Производительность производственного процесса / повышение эффективности	Объём выпуска (произв. мощности) / производительность труда	Повышение качества производственного процесса	Снижение затрат на энергию и обслуживание	Повышение гибкости производственного процесса
КИПиА	КИПиА – датчики и преобразователи	1.6	1.8	1.9	2.1	1.6
	КИПиА – клапаны и позиционеры	1.6	1.8	1.9	2.1	1.6
Двигатели и приводы	Двигатели, приводы, центры управления двигателями	1.3	1.3	1.3	2.9	1.3
	Анализаторы характеристик прогн. обеспечения / косвенные измерения	2.8	1.8	2.8	1.8	2.0
	Ядро системы DCS, т. е информация и управление (тип системы и приемлемый для предприятия её объём)	2.2	2.0	2.2	2.1	2.0
	Системы SCADA, RTU	1.0	1.5	1.3	1.4	1.6
	Интеграция ACU MES с системой DCS	1.2	2.0	1.3	1.4	2.3
	Интеграция систем LIMS с системами DCS, QCS, PIMS	2.2	2.0	2.2	1.4	2.3

Удобство эксплуатации

и признаков изменения этих показателей (рис. 6). Такие данные могут быть использованы для оценки потенциала экономической модернизации и для ранжирования предприятия-образца в пределах группы образцовых предприятий.

Особый интерес представляет потенциал снижения затрат (как неизменных, так и зависящих от объема выпуска) в случае, когда работу предприятия в большей степени лимитирует рынок, нежели эффективность производства. При оценке факторов, определяющих затраты на производство, прежде всего учитываются такие, как энергопотребление, стоимость технического обслуживания и рабочей силы. Возможности для совершенствования можно оценить путём сравнения с предприятиями-эталоном мирового уровня.

Программные средства поддержки

Прикладная программа была разработана для проведения оценки перерабатывающего предприятия. В этой программе ввод данных и большинство аналитических операций производятся автоматически. Компьютерная поддержка оценки и эталонного тестирования обеспечивает лёгкий доступ к интегрированной информации о имеющихся «ноу-хау» и об опыте многих специалистов. Более того, благодаря компьютерной поддержке оценка производится систематизированно, а результаты получаются связными и воспроизводимыми. Снижается вероятность возникновения ошибок при обработке данных, поэтому в ходе проведения оценки предприятия можно сосредоточиться на главных задачах.

Без компьютерной поддержки было бы трудно силами одного-двух людей за ограниченное время произвести всестороннюю оценку показателей предприятия.

Процедура оценки показателей

Для того чтобы быть более эффективной, процедура оценки была стандартизована. Сам процесс вытекает из приведённого ниже перспективного проекта.

1. Объём и глубина оценки согласовывается с заказчиком.
2. Предприятие получает форму для предварительного сбора данных.
3. Эксперт посещает предприятие с ознакомительным визитом, программа которого отрабатывается заранее и включает обход предприятия и беседы с его работниками.
4. Собранная при ознакомительном визите информация анализируется на предмет степени соответствия предприятия имеющимся эталонным образцам.
5. Результат анализа представляется в виде оценки предприятия и обзора возможностей по его модернизации.
6. В виде дополнительной услуги возможности по технической и экономической модернизации могут быть рассмотрены более детально.
7. В виде дополнительной услуги может быть выполнено также предварительное проектирование с обоснованием реального достижения целей модернизации.

Первый опыт применения

Пилотные исследования с применением описанных в настоящей статье методологий и поддерживающего программного обеспечения были проведены на предприятиях различных отраслей: химическом заводе с непрерывным циклом производства, заводе по переработке макулатуры и на нескольких бумагоделательных машинах.

От операторов указанных предприятий была получена предварительная информация производствен-

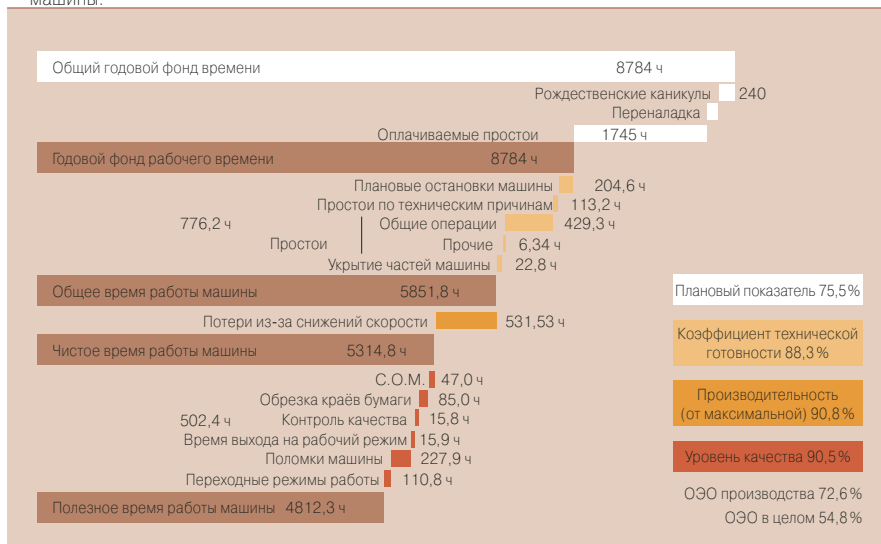
ного и финансового характера, после чего эксперты в течение 2-3 дней осматривали производство на месте. Чтобы информация была как можно более полной, проводились беседы с производственными операторами, инженерами по автоматизации и механизации, обслуживающим оборудование персоналом, работниками планово-производственных подразделений и технического контроля, а также с руководством предприятия. С помощью метода оценки КИПиА и прикладного программного обеспечения оказалось возможным провести оценку предприятия быстро, систематично и структурированно, в результате чего сложилась полная картина состояния автоматизации на предприятии. В оценку были включены различные функциональные зоны и в результате была получена полная информация о предприятии, показывающая его сильные и слабые стороны.

Компьютерная поддержка оценки и эталонного тестирования обеспечивает лёгкий доступ к интегрированной информации о имеющихся «ноу-хау» и об опыте многих специалистов.

Завод по переработке макулатуры

На рис. 5 показаны результаты оценки автоматизации предприятия по переработке макулатуры. Оценочное исследование выделило узкие места, связанные со сроком службы системы управления, и определило, что система управления не сможет справиться с предполагаемым ростом производственных мощностей. Кроме того, были отмечены недостаточные затраты на имеющуюся

4 Пример диаграммы потерь в общей эффективности оборудования (ОЭО) для бумагоделательной машины.



5 Отображение результатов технической оценки предприятия по переработке макулатуры.



систему управления, в результате чего более половины времени, отведённого на техническое обслуживание, уходило на ликвидацию возникавших неисправностей. Стратегия плано-предупредительного технического обслуживания позволила бы уменьшить это время, но увеличить время на совершенствование характеристик системы управления.

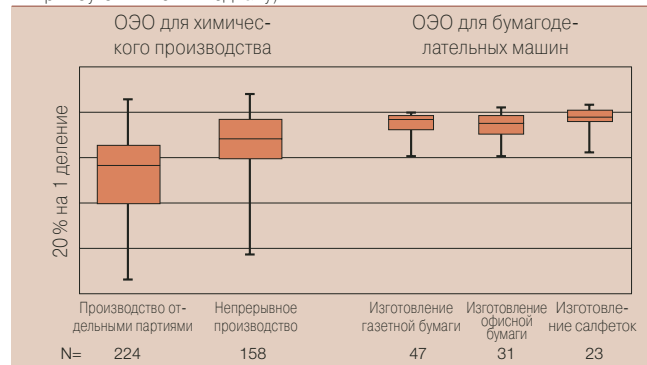
Производство на данном предприятии находилось на достаточно высоком уровне, однако были отмечены значительные колебания в производительности, причиной которых являлась различная практическая подготовленность операторов. Для стабилизации производительности на уровне максимального значения было бы достаточно применения методов обычного целевого менеджмента и соответствующих рабочих процедур.

Без компьютерной поддержки было бы трудно силами одного-двух людей за ограниченное время произвести всестороннюю оценку показателей предприятия.

Производство бумаги

В случае бумагоделательной машины проведение оценки дало результаты, показанные на рис. 7. После основательной модернизации системы управления заказчику удалось достигнуть устойчиво высоких значений КИПП для состояния основных средств и поддержки оператора. В ходе оценки отмечены достаточно низкие значения производственных затрат, что было отнесено на счёт близкой к оптимальной координации усилий собственного отдела технического обслуживания, инженерных подразделений, поставщиков и третьих сторон. Для дальнейшего повышения эффективности и дальнейшего снижения затрат было рекомендовано более точно

6 Характеристики статистического распределения ОЭО для химического предприятия (слева: планки погрешностей обозначают минимум и максимум, верхняя и нижняя границы прямоугольников обозначают первый и третий квантиль, линия внутри прямоугольников – медиану) и для бумагоделательной машины (справа: планки погрешностей обозначают минимум и максимум, верхняя и нижняя границы прямоугольников обозначают 10% и 25% лучших предприятий соответственно, линия внутри прямоугольников – медиану).



7 Результат технической оценки бумагоделательной машины



определить объём ответственности работников.

Химическое производство

После проведения оценки предприятия с непрерывным химическим производством и сравнения его с эталоном было определено, что основными областями модернизации должны являться повышение эффективности использования энергии и увеличение производственных мощностей. Меры по модернизации производственных процессов на предприятии (точнее, по снижению потерь продукции на 10%) были определены в результате детального инженерного исследования. Для реа-

лизации такой программы не нужны инвестиции – вполне достаточно несколько изменить настройки системы управления и технологию. Модернизация производственного процесса могла бы дать экономии энергии до 15%. Заказчик отметил, что конкретные объекты для модернизации определены благодаря системному подходу, а объективный результат достигнут благодаря тому, что оценка проводилась специалистами со стороны.

Общие замечания

Метод и компьютерные средства, о которых рассказывалось в этой статье, применимы для быстрой оценки и эталонного тестирования автоматизированных систем, их отдельных характеристик и соответствующих рабочих процедур. В результате могут быть определены потенциальные возможности модернизации и ожидаемый экономический эффект. В упоминавшихся пилотных проектах описываемый метод помог заказчикам найти конкретные пути модернизации своих производств.

Андреас Кролл

Measurement & Control
Университет г. Кассель, Германия
andreas.kroll@mrt.uni-kassel.de
(ранее работал в ABB Corporate Research, Германия)

Франк Симон

ABB Automation GmbH
Маннгейм, Германия
frank.j.simon@de.abb.com

Гордон Чивер

ABB Process Automation
Service Business – Development
Уиклифф, США
gordon.r.cheever@us.abb.com

Томи Пильбакка

ABB Full Service
Хельсинки, Финляндия
tomii.pilbacka@fi.abb.com

Дэвид Стэниер

ABB Engineering Service
Биллингем, Великобритания
david.stanier@gb.abb.com

¹⁾Статья аналогичного содержания была опубликована в Германии в 2006г. [1].

Литература

- [1] Kroll, A., F. Simon. 2006. Assessment and opportunity screening regarding automation systems and working practices in the process industries. *Automatisierungstechnische – Praxis*, Vol 48, No. 8, 42-49
- [2] Ahmad, M., R. Benson. 1999. *Benchmarking in the process industries*. Rugby: IChemE. ISBN 0 85295 411 5