



## ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ СЕПАРАТОРАМИ И SCADA-СИСТЕМ

Е.Н. Владимиров, Е.Б. Волк (НПП "Буревестник"), В.Г. Давыдов (СПГТУ),  
В.Г. Морозов, Л.З. Таткин (НПП "Буревестник"), Чьонг Динь Тяу (СПГТУ)

*Рассматривается интеграция распределенной системы автоматического управления рентгенолюминесцентными сепараторами, выпускаемыми НПП "Буревестник", и SCADA-систем с помощью разработанного универсального OPC-сервера с открытой архитектурой OpenLabOPC.*

### Введение

Уже с 60-х гг. прошлого века, когда началось освоение алмазных месторождений, промышленная технология обогащения руды базировалась на использовании люминесценции (излучения видимого света) некоторыми минералами, в том числе алмазами, под воздействием рентгеновского излучения (рентгенолюминесценции). Этот метод показал себя достаточно эффективным и относительно безопасным экологически. Построенные для этой цели отечественной промышленностью установки получили название рентгенолюминесцентных сепараторов (РЛС).

В настоящее время РЛС, созданные научно-производственным предприятием "Буревестник" (С.-Петербург), работают на всех обогатительных фабриках. Условия эксплуатации сепараторов на фабриках достаточно сложные – круглосуточная работа, диапазон температур 10...50°C, технологическая вода со щелочной реакцией. Весьма высоки и требования к основным параметрам: производительность до 100 т/ч при извлечении до 98..99% алмазов.

В 2003 г. в АК "Алроса" запущена в эксплуатацию новая автоматизированная обогатительная фабрика (рис. 1) в поселке Нюрба, Республика Саха (Якутия). РЛС, работающие на этой фабрике, охвачены локальной сетью АСУТП. Это заставило производителей РЛС по новому взглянуть на сепараторы как на объекты АСУТП.

### Рентгенолюминесцентные сепараторы

Принцип действия сепаратора подробно рассмотрен в [1]. В основу сепарации положено свойство ряда минералов люминесцировать под воздействием рентгеновского излучения. В РЛС специально подготовленный (дробленый, классифицированный по

крупности, отмытый от глины) алмазосодержащий материал проходит потоком через зону возбуждения, где облучается источником излучения – рентгеновской трубкой. Возникающая люминесценция улавливается фотоэлектронными умножителями. На основе анализа сигналов люминесценции, при котором люминесценция алмаза отделяется от люминесценции других (мешающих) минералов, система управления сепаратором приводит в действие пневмоэлектрическое устройство – пневмоклапан, отделяющий алмаз (с частью материала) от потока руды.

Эффективность разделения (селективность) определяется стабильностью поддержания порога разделения, который зависит как от свойств отделяемых минералов – корреляции их характеристик с характеристиками алмаза, так и от параметров РЛС.

В предыдущих моделях сепараторов функции контроля параметров и режимов сепаратора выполнял блок управления на основе микропроцессора. В новых моделях блок управления построен на основе IBM-совместимых промышленных контроллеров, увеличено число контролируемых параметров и опций.

РЛС на обогатительной фабрике эксплуатируются в составе многоступенчатой технологической схемы, в которую входят, кроме сепараторов, устройства подготовки и подачи материала, технологической воды и пр. Функционирование сепаратора должно быть увязано с работой всей технологической схемы. Такая увязка достигается охватом всех сепараторов (как и других устройств фабрики) информационно-управляющей сетью АСУ.

РЛС на обогатительной фабрике эксплуатируются в составе многоступенчатой технологической схемы, в которую входят, кроме сепараторов, устройства подготовки и подачи материала, технологической воды и пр. Функционирование сепаратора должно быть увязано с работой всей технологической схемы. Такая увязка достигается охватом всех сепараторов (как и других устройств фабрики) информационно-управляющей сетью АСУ.

### Распределенная система мониторинга и управления РЛС

Система мониторинга и управления РЛС представлена на рис. 2. На контроллерном уровне имеются несколько РЛС, которые параллельно подключа-

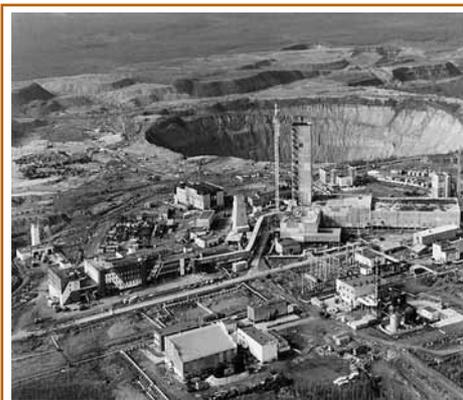


Рис. 1. Панорама фабрики и карьера в пос. Нюрба

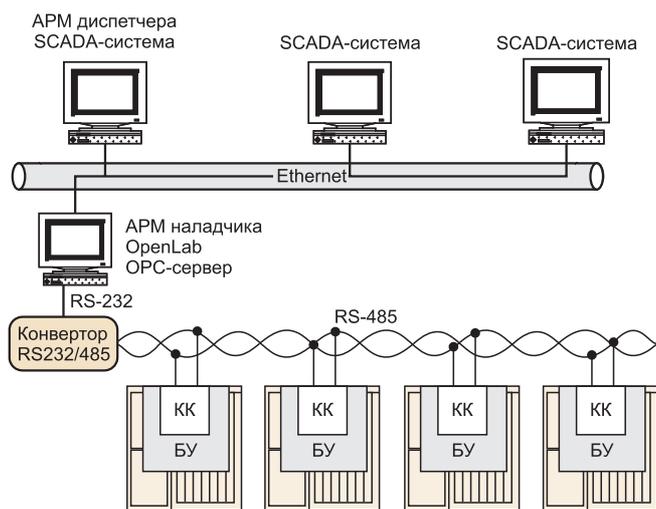


Рис. 2. Распределенная система управления РЛС

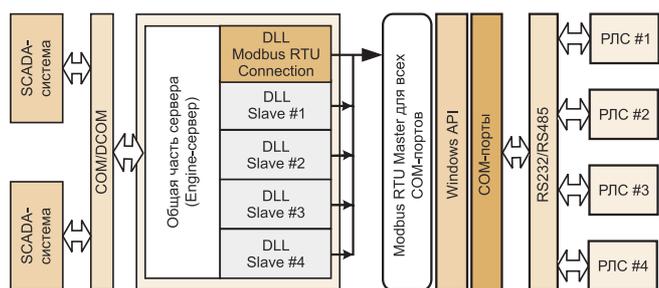


Рис. 3. Компоненты распределенной системы управления РЛС

ются к OPC-серверу промышленной сети через протокол RS-485. Каждый РЛС обслуживается встроенным программируемым коммуникационным контроллером (КК), который представляет собой промежуточный узел, предназначенный для реализации обмена данными между блоком управления (БУ) РЛС и OPC-сервером с использованием промышленного протокола Modbus RTU [2]. Протокол Modbus – это общий язык, используемый всеми контроллерами сети. Он определяет структуру передаваемого по сети сообщения, которую устройства в сети будут распознавать. Протокол описывает процесс, который используется, чтобы запросить доступ к другому устройству, ответить на его запрос; указывает, как будут определяться ошибки и как будет сообщаться о них; предусматривает одинаковый формат для сообщения в целом и его полей. Протокол определяет понятия Modbus Master и Modbus Slave, управляет циклом запроса и ответа, который происходит между этими устройствами. Протокол подразумевает на общей шине использование одного устройства Master и до 247 устройств Slave. Каждому устройству Slave присвоен уникальный адрес в диапазоне 1...247. В зависимости от конкретной реализации системы к устройствам Master и Slave относятся параметры коммуникационной связи, скорость обмена, проверка на четность, число стоповых бит и режим передачи (ASCII или RTU). Параметры, вы-

бираемые пользователем, устанавливаются аппаратно или программно на каждом Slave и Master. Эти параметры не могут быть изменены во время работы системы.

В системе, показанной на рис. 2, коммуникационные контроллеры играют роль Modbus Slave, имеющих уникальные адреса, а OPC-сервер на АРМ наладчика – роль Modbus Master. Для мониторинга и управления состоянием и параметрами РЛС в памяти коммуникационных контроллеров содержатся нужные ячейки (регистры). OPC-сервер может использовать регистры для чтения параметров РЛС (число отсечек в каналах, время транспортной задержки и др.) или выдачи управления путем записи нужных значений в регистры (установить длительность отсечки, значения порога разделения в каналах и т.п.).

На верхнем уровне системы управления содержатся компоненты, показанные на рис. 3. Для подключения РЛС к SCADA-системам используется универсальный OPC-сервер с открытой архитектурой OpenLabOPC-сервер [3], который дает возможность простого и быстрого включения в OPC-сервер требуемого аппаратного устройства как из числа существующих, так и из вновь подключаемых к современным SCADA-системам. OPC-сервер с открытой архитектурой OpenLabOPC имеет возможность обмена данными с использованием библиотекой динамической компоновки (DLL), написанной разработчиком аппаратуры. Данная библиотека должна либо содержать весь код, необходимый для управления конкретным устройством в АСУТП, либо обеспечивать интерфейс с соответствующей библиотекой, поставляемой производителем оборудования. В OpenLabOPC-сервере можно выделить четыре основных части: общая часть (Engine-сервер); специфичные части (DLL), абстрагирующие РЛС; DLL Modbus RTU Connection и Modbus RTU Master для всех COM-портов. DLL Slave #n содержат статические списки тегов, операции ввода/вывода для тегов, интерфейсы для управления Slave-устройствами и тегами и т. п. Engine-сервер реализует OPC-спецификации – в нем содержатся образы объектов, являющихся OPC-клиентами или SCADA-системами. Компонент Modbus RTU Master для всех COM-портов является координатором запросов от DLL Slave-компонентов.

Все одинаковые параллельные запросы (на один и тот же COM-порт) от Slave-компонентов поступают в Modbus RTU Master и обслуживаются последовательно с разрешением конфликтов. Компонент DLL Modbus RTU Connection предназначен для конфигурации коммуникационных параметров, т.е. он создает на Modbus RTU Master объект определенного COM-порта, настраивает его параметры и передает идентификатор этого объекта (например, имя коммуникационного порта "COM2") Slave-компонентам через Engine-сервер. Slave-компоненты используют идентификатор этого объекта для чтения и записи данных от РЛС.

Таблица 1. Перечень регистров в РЛС

Адрес	Функциональное содержание	Тип данных, способ представления данных
Регистры для мониторинга состояния и параметров сепаратора		
0000-0007	Значение счетчика числа отсечек в каналах 1-8	Целое, 2 байта
...	...	...
001С	Время транспортной задержки 1 стадии	Целое, младший байт
	Время транспортной задержки 2 стадии	Целое, старший байт
0020	Авария блок усилителей мощности	Бит 0 младшего байта
	Потеря чувствительности	Бит 1 младшего байта
	...	...
	Малый расход охлаждающей воды	Бит 0 старшего байта
	Открыты заблокированные двери	Бит 1 старшего байта
...	...	...
0060	Перевести сепаратор в режим РАБОТА	Бит 0 младшего байта
	Перевести сепаратор в режим НАЛАДКА	Бит 0 младшего байта
Регистры для управления состоянием и параметрами сепаратора		
0062	Установить время транспортной задержки 1 стадии	Целое, младший байт
	Установить время транспортной задержки 2 стадии	Целое, старший байт
...	...	...
0065-006С	Установить значения напряжения ФЭУ в каналах 1-8	Целое, 2 байта

Таблица 2. Специфичные классы в OPC-сервере

Объект класса	Параметр объекта	Способ представления или тип данных	Комментарий
Устройство (slave)	Slave-адрес	1 байт, целое	1..4
	Указатель на Modbus RTU Master		Образ Modbus RTU Master для всех COM-портов
	Имя соединения с Modbus RTU Master	Строка	Каждое соединение с мастером имеет имя
	Период обновления	4 байта, целое	Частота выполнения потока обновления тегов для мониторинга
Тег (параметр ТП)	Имя	Строка	Инициализирующий ключ
	Уникальный ID	4 байта, целое	Работающий ключ (Run-time ключ)
	Значение	VARIANT	Объединение типов (в системе используются: 1 байтовое целое, 2 байтовое целое и булевское значения)
	Пределы	2 байта, целое	Нижний и верхний пределы (для тегов имеют тип целый)
	Качество		Качество получаемого значения (хорошее, плохое, неопределенное и т.п.)
	Метка времени	FILETIME	Универсальное время
	Тип сигнала	1 байт, целое	Ввод (мониторинг) или вывод (управление)
	Адрес регистра	2 байт, целое	Реальный базовый адрес регистра в Slave, откуда/куда тег получает/записывает данные
	Номер байта	1 байт, целое	Младший или старший байт (для тегов имеет тип целый размером 1 байт)
	Номер бита		0..7 (для тегов имеет тип булевский)

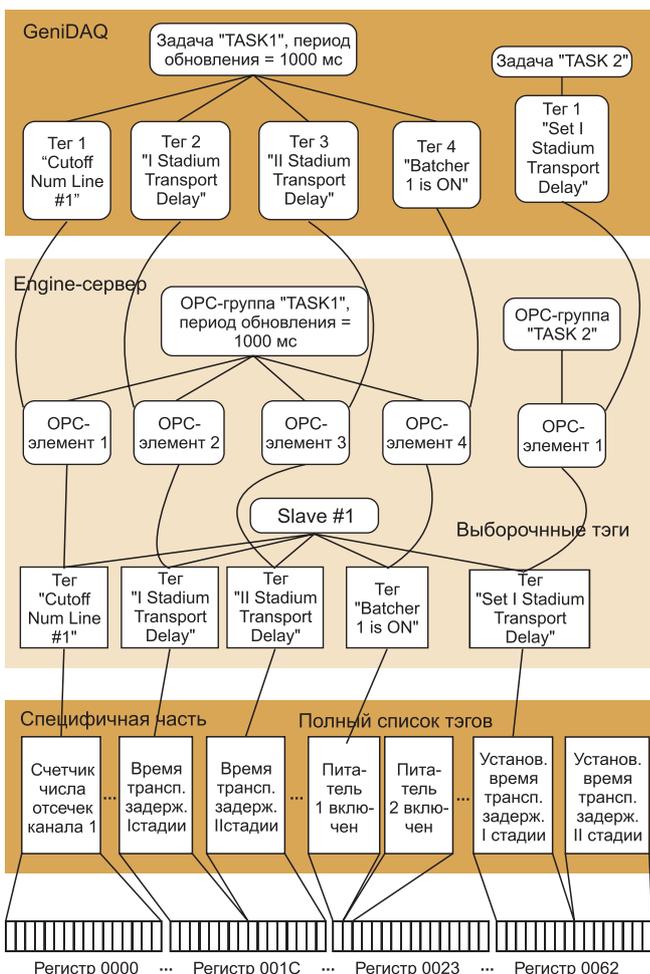


Рис. 4. Отображение регистров мониторинга и управления РЛС на теги OPC-сервера и стратегии SCADA-системы GeniDAQ

**Переход от таблицы команд мониторинга и управления РЛС к тегам в OPC-сервере и стратегиям SCADA-системы**

Для отображения параметров реальных ТП в теги OPC-сервера сначала необходимо рассмотреть способ кодирования и интерпретации данных в контроллерах. В частности, в РЛС рассмотрению подлежат число байтов, тип данных (целый, плавающий, булевский и т.д.), типы сигналов (для мониторинга или для управления) и др. В табл. 1 кратко перечислены первичные команды или регистры, использованные в РЛС.

Из приведенной таблицы можно определить число типов данных, используемых для отображения параметров РЛС в теги OPC-сервера. Их три: однобайтное целое число, двухбайтное целое число и булевское значение (ON/OFF). При этом тег использует либо все биты регистра, либо биты младшего или старшего байта, либо отдельный бит (рис. 4). Поэтому бывают теги, имеющие одинаковые адреса регистров. Таким образом, в частном случае для булевского тега должны задаваться адрес регистра, номер байта и номер бита. Далее введем понятие типа сигнала, который определяет направление передачи данных в системе. В системах промышленной автоматизации используются четыре типа сигналов: ввод (input), вывод (output), двунаправленный ввод/вывод (readable output) и внутренний ввод и/или

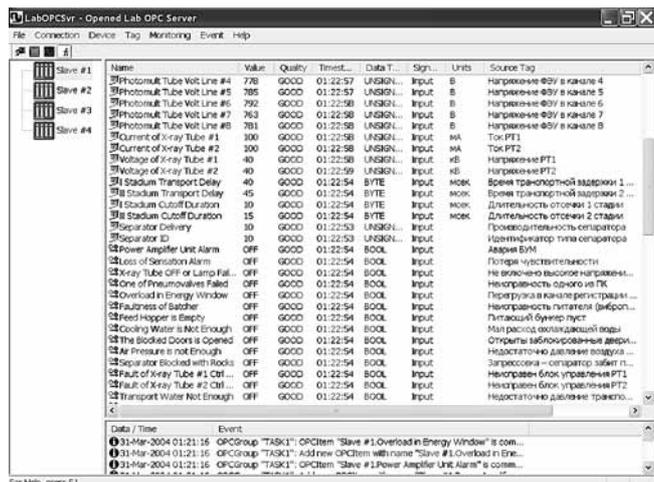


Рис. 5. Доступ к данным РВ в РЛС с помощью OpenLabOPC-сервера

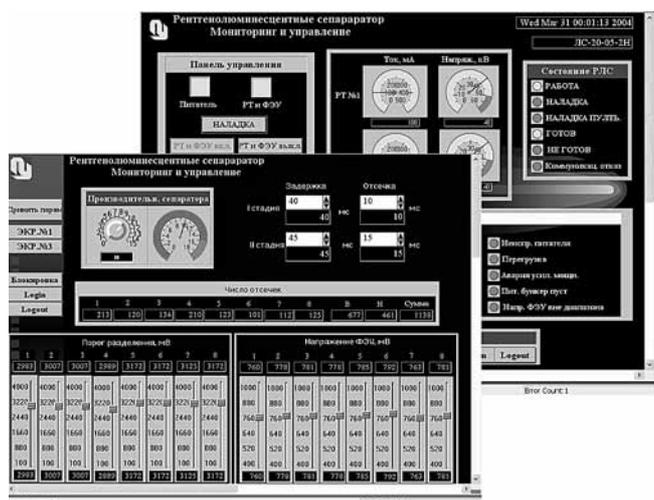


Рис. 6. Мониторинг и управление состоянием и параметрами РЛС с помощью SCADA-системы GeniDAQ

ввод (internal). Ввод предназначен для мониторинга, формирования интегральной оценки, контроля настройки устройств на соответствие технологическому паспорту. Вывод управляет состоянием и параметрами ТП. Двухнаправленный ввод/вывод использует ввод из OPC-сервера и вывод на управляемое устройство (процесс). Внутренний ввод/вывод характеризуется тем, что областью действия подобных сигналов являются пределы SCADA-систем и OPC-сервера. Внутренние сигналы могут получаться (по определенному алгоритму) из внутренних источников ввода/вывода SCADA-систем или OPC-сервера. Эти сигналы обеспечивают внутренний информационный обмен.

Для системы мониторинга и управления РЛС, разработанной НПП "Буревестник", предлагается использовать сигналы трех типов: ввода, вывода и внутренние. Сигналы ввода предназначены для сопоставления числа отсеков по стадиям и каналам, что может служить оценкой качества работы сепаратора. Сигналы ввода отображают также значения порогов разделения и напряжений ФЭУ (фотоэлектронный умно-

житель) и могут использоваться для контроля настройки РЛС. Существуют и другие применения сигналов ввода. Сигналы вывода предназначены для управления режимами функционирования сепаратора и его подсистем, для установки значений напряжения ФЭУ, значений порогов и др. Единственный внутренний сигнал (тег) используется в системе для обработки коммуникационного отказа. Коммуникационный отказ возникает в результате неудачных операций ввода/вывода, например, при ошибке инициализации COM-порта, по тайм-ауту и т.п. Значение этого тега формируется с помощью других тегов сервера.

В табл. 2 приведены классы устройств и тегов, используемые в специфичной части OpenLabOPC-сервера для отображения состояния РЛС, команд мониторинга и управления РЛС к абстрагируемым устройствам Slave и тегам в сервере. В классе тегов, кроме специфичных параметров, имеются обязательные параметры, относящиеся к OPC-спецификации доступа к данным РВ: значение, качество получаемого значения и сопровождающая метка времени.

На рис. 5 показан список РЛС и их тегов для структуры системы управления, представленной выше на рис. 2. В качестве примера в системе используется SCADA-система GeniDAQ (американское отделение фирмы Advantech). Данный выбор обусловлен тем, что SCADA-система GeniDAQ проста в освоении и имеет прекрасно продуманный интерфейс пользователя [4]. Весьма важным является и то, что SCADA-пакет GeniDAQ полнофункционально поддерживает OPC-спецификацию. С этой точки зрения SCADA-систему GeniDAQ можно рассматривать в качестве OPC-клиента. Большинство ведущих производителей управляющего оборудования в мире поставляют на рынок свои аппаратные средства вместе с соответствующими OPC-серверами. С помощью OPC-технологии можно легко создавать GeniDAQ-стратегии, которые работают не только с фирменными устройствами Advantech, но и с аппаратурой любых других фирм, например, с системами управления РЛС (НПП "Буревестник").

В соответствии с изложенными выше общими концепциями, была выполнена пилотная разработка по интеграции системы автоматического управления группой РЛС и SCADA-системы GeniDAQ с использованием проектированного одним из авторов универсального OpenLabOPC-сервера, результаты которой практически подтвердили возможность применения изложенного подхода. В качестве иллюстрации на рис. 6 приведены экраны мониторинга и управления состоянием и параметрами РЛС с применением инструментария SCADA-системы GeniDAQ.

**Заключение**

Рассмотренная система мониторинга и управления сепараторами иллюстрирует переход от локальных решений автоматизации конкретных устройств с

использованием встроенных IBM-совместимых средств к системной автоматизации ТП.

Выбранный путь системной автоматизации с использованием SCADA-технологии опирается на оригинальное решение – универсальный OPC-сервер с открытой архитектурой, отличительными чертами которого являются возможность интеграции любой аппаратуры, используемой на нижнем уровне, в том числе имеющейся аппаратуры, при минимальных трудозатратах. Последнее обеспечивается тем, что большую часть работы заранее выполнили разработчики универсального OPC-сервера с открытой архитектурой.

*Владимиров Евгений Николаевич – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,  
Волк Елена Борисовна – программист, Морозов Владимир Георгиевич – зам. ген. директора по научной работе,  
Таткин Леонид Зельманович – зам. зав. отделом сепараторов НПП "Буревестник",  
Давыдов Владимир Григорьевич – канд. техн. наук, доцент,  
Чыонг Динь Тяу – аспирант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.  
E-mail: tanchau@mail.ru*

### MAN Nutzfahrzeuge добился бесперебойной работы конвейера при помощи решения MAPICS SCMо

MAN Nutzfahrzeuge ([www.man-mn.com](http://www.man-mn.com)), подразделение тяжелых грузовых машин немецкого концерна MAN, сократило уровень запасов деталей и комплектующих на 30% благодаря внедрению системы управления и мониторинга цепочками поставок MAPICS SCMо. Таких результатов компания достигла через 6 мес. после начала проекта за счет решения одной из главных задач этапа конечной сборки – обеспечить наличие всех необходимых узлов в требуемых количествах в нужное время.

Подразделение MAN, расположенное в Мюнхене, Германия, специализируется на выпуске тяжелых грузовых машин, в том числе трейлеров, туристических автобусов, пожарных машин. Перед MAN стояла задача обеспечения бесперебойной работы сборочного конвейера, т.е. снижения числа деталей с "горящими" сроками поставки. Руководство компании понимало, что решение этой задачи путем создания на складе достаточного запаса всех деталей не было оправдано с экономической точки зрения. В то же время внедрение "тяжелой" SCM-системы требовало больших затрат времени и финансов.

После проведенного анализа рынка логистических систем руководители MAN выбрали решение MAPICS SCMо. Выбор основывался на глубоком понимании проблем и задач предприятия специалистами MAPICS, а также знании специфики управления логистическими цепочками. Кроме того, решение MAPICS SCMо, разработанное немецким офисом компании, базировалось на платформе Microsoft .Net, что являлось стратегически важным для MAN.

Основными задачами, поставленными компанией MAN перед специалистами MAPICS, были получение поставщиками информации о спросе на комплектующие и отслеживание динамического уровня запасов в так называемом "коридоре" запасов. Внедренное за 3 мес. решение оказалось легким и эффективным.

Компания MAPICS разработала алгоритм вычисления сроков и объемов будущих поставок комплектующих, который выполняется в фоновом режиме. Специ-

### Список литературы

1. Авдеев С.Е., Владимиров Е.Н., Морозов В.Г., Романовская Т.Е. Автоматизация рентгенолюминесцентных сепараторов // Современные технологии автоматизации. 2001. №3.
2. Modicon Modbus Protocol Reference Guide. MODICON Inc., Industrial Automation Systems. 2000. URL: <http://www.modicon.com/techpubs/toc7.html>.
3. Давыдов В.Г., Чыонг Д.Т. OPC-серверы с открытой архитектурой – средства взаимодействия компонентов в промышленной автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2003. №7.
4. Кузнецов А. SCADA-системы: программистом можешь ты не быть // Современные технологии автоматизации. 1996. №1.

ально созданный Internet-портал, к которому поставщики подключаются при помощи Web-браузера, используется как база для хранения всей информации. MAN предоставляет поставщикам информацию о планируемых потребностях и текущем уровне запасов, которые определяются как их минимум и максимум. Поставщики могут сами определять собственные графики работы и формировать календарь поставок, т.е. имеют возможность оперативного управления своими поставками.

Любые изменения можно легко посмотреть в Internet и быстро интегрировать новые данные в текущие планы. MAPICS SCMо действует как система раннего оповещения, позволяя устранить "узкие места" в момент их появления, и использует удобные для визуального восприятия цветные коды, которые обозначают состояние складских запасов. В итоге формируется динамичная всеобъемлющая картина состояния запасов.

"Система MAPICS SCMо позволила нам сгладить процесс поставок комплектующих и подготовки к сборке. Кроме того, появилась средство для объективной оценки надежности партнеров и возможность развития взаимоотношений с ними", – говорит Майкл Кобригер, глава подразделения тяжелых грузовых машин MAN.

Фронтстеп СНГ, представительство MAPICS в России, считает, что MAPICS SCMо крайне перспективное решение, которое будет востребовано российскими промышленными предприятиями. "Система является мощным инструментом управления цепочками поставок, ориентированным на получение быстрого и ощутимого экономического результата. Решение MAPICS SCMо идеально подходит для российских предприятий со сложной структурой и территориально распределенных организаций, что уже сейчас подтверждается большим интересом отечественных компаний к этому решению", – говорит Дмитрий Мартынов, коммерческий директор Фронтстеп.

Компания Фронтстеп намерена вывести систему MAPICS SCMо на уровень стандартного предложения для крупных российских промышленных предприятий.

*Контактный телефон (095) 926-19-50.*