



КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ОРГАНИЗАЦИЯ СКВОЗНОГО ОБМЕНА ДАНЫМИ В РАМКАХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СЕТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М.И. Перцовский (ООО "Лаборатория автоматизированных систем (АС)")

Рассматриваются вопросы модернизации и повышения эффективности цементных предприятий на основе разработки и внедрения комплексной автоматизированной системы мониторинга промышленного оборудования и оптимизации управления основными ТП, а также оперативно-диспетчерского управления производства в целом. Статья является обобщением опыта "Лаборатории автоматизированных систем (АС)" и описывает общие технологические аспекты создания подобных систем и продолжает цикл публикаций на эту тему [1-5].

На современном этапе остро стоит вопрос модернизации предприятий по производству цемента с целью повышения эффективности и оптимизации работы промышленного оборудования и основных ТП, в том числе снижения энергопотребления и повышения уровня экологической безопасности производства. Инструментом этого может служить комплексная автоматизация и оптимизация производства, организация сквозного обмена данными и отчетности в рамках корпоративной информационно-управляющей сети производственных подразделений предприятия. Именно автоматизация наиболее доступное, а иногда и единственное средство быстрого повышения эффективности производства, снижения себестоимости и повышения качества продукции. На основе компьютерного анализа больших потоков информации в контурах управления и отображения протекающих процессов в виде "виртуальных" мнемосхем, оптимизации управления промышленных объектов предоставляется возможность оперативного переконфигурирования производства и оптимизации ТП и промышленного оборудования в ходе его работы без остановки самого производства.

"Лаборатория автоматизированных систем (АС)" (Москва, www.actech.ru) имеет богатый опыт решения этой проблемы на предприятиях самого разного профиля [1-5], на основе которого была разработана комплексная система автоматизации и оптимизации производства, организации сквозного обмена данными и отчетности в рамках корпоративной информационной сети производственных подразделений предприятия. Система базируется на единой автоматизированной системе мониторинга промышленного оборудования, контроля параметров основных ТП и оперативно-диспетчерского управления.

Для оптимизации производства в контур управления промышленных процессов предприятий включается модуль адаптивного прогнозирующего управления промышленной автоматизации. Методы и средства адаптивного прогнозирующего управления разработаны фирмой Sitre Telecom (Испания, www.sitre.es), в том

числе уникальный по своему алгоритму функционирования, запатентованный модуль ПИД-регулирования, распространяемый под торговой маркой SCAP, принадлежащей Sitre Telecom.

В 2006 г. "Лаборатория автоматизированных систем (АС)" и холдинг Sitre Telecom подписали договор о сотрудничестве, одним из основных направлений которого является комплексная и локальная (направленная в первую очередь на оптимизацию и экономию потребления ресурсов) автоматизация в цементной промышленности.

Задачи модернизации предприятий цементной отрасли

Резкий рост потребностей в объемах и качестве цемента ставит перед отечественными производителями не только вопросы непосредственного повышения качества и увеличения объемов выпуска этого продукта, но и модернизации предприятий, снижения потребления энергоресурсов и вредных выбросов.

Модернизация цементных предприятий сегодня — задача чрезвычайно актуальная, так как позволяет не только снизить себестоимость продукции, но и существенно повысить ее качество.

Решение задачи модернизации цементного производства включает:

- повышение качества цемента (получение сырьевой смеси постоянного состава). Перерабатываемое цементной промышленностью сырье отличается не только составом, но и физико-техническими свойствами (влажностью, прочностью и т. д.). Для каждого вида сырья должен быть выбран способ подготовки, обеспечивающий тонкое измельчение и равномерное перемешивание компонентов шихты с минимальными энергетическими затратами;
- снижение себестоимости (за счет экономии энергопотребления и повышения объема выпуска готовой продукции в результате увеличения загрузки основного оборудования, как следствие оптимизации его работы при более точном контроле основных технологических параметров);

- обеспечение взрыво- и пожаробезопасности производства;
- контроль предельных значений по выбросам пыли и вредных газов в атмосферу.

Одним из инструментов для модернизации служит новая концепция автоматизации, которая, базируясь непосредственно на процессах и технологиях производства и с учетом перечисленных выше особенностей, предназначена для реализации следующих задач:

- повышение эффективности производства, управляемости и прозрачности производственных процессов;
- отслеживание текущего состояния (постоянно проводящийся мониторинг);
- контроль выполнения решений на каждой стадии производственного процесса;
- корректировка ситуации в соответствии с принятым решением;
- оптимизация ТП и производства в целом.

Как правило, на предприятии уже имеются локальные системы автоматизации отдельных технологических установок и оборудования. Нередко это системы, создававшиеся в разные годы на различных программно-аппаратных платформах. Несмотря на устарелость некоторых из них, отказываться от них персонал предприятий часто не готов по многим как объективным, так и субъективным причинам. В этом случае создание комплексных автоматизированных систем позволяет интегрировать "разнородные" системы и выводить их на современный технологический уровень. В случае исходно низкого уровня автоматизации может быть применена комплексная модернизация систем управления ТП, когда полностью заменяются системы управления. Это в определенных случаях оказывается наиболее выгодным и экономически эффективным решением.

Для решения поставленных задач необходимо создать многоцелевую информационно-управляющую систему широкого назначения, охватывающую все подразделения предприятия и объединяющую их в единую, постоянно функционирующую систему (рис. 1).

Основные исходные данные о технологических и производственных процессах должны поступать в РВ непосредственно от измерительных комплексов, в состав которых входят устройства отбора и подготовки пробы, системы диагностики оборудования и системы сбора, обработки и представления данных.

Информационно-управляющая система должна обеспечивать измерение параметров физико-технического состава сырья (влажности, температуры, прочности и т.п.), содержать алгоритмы оперативного управления ТП измельчения, перемешивания компонентов шихты, нагрева и охлаждения с минимальными энергетическими затратами. Кроме того, такая система управления позволяет получать достоверную производственную информацию обо всех стадиях производства.

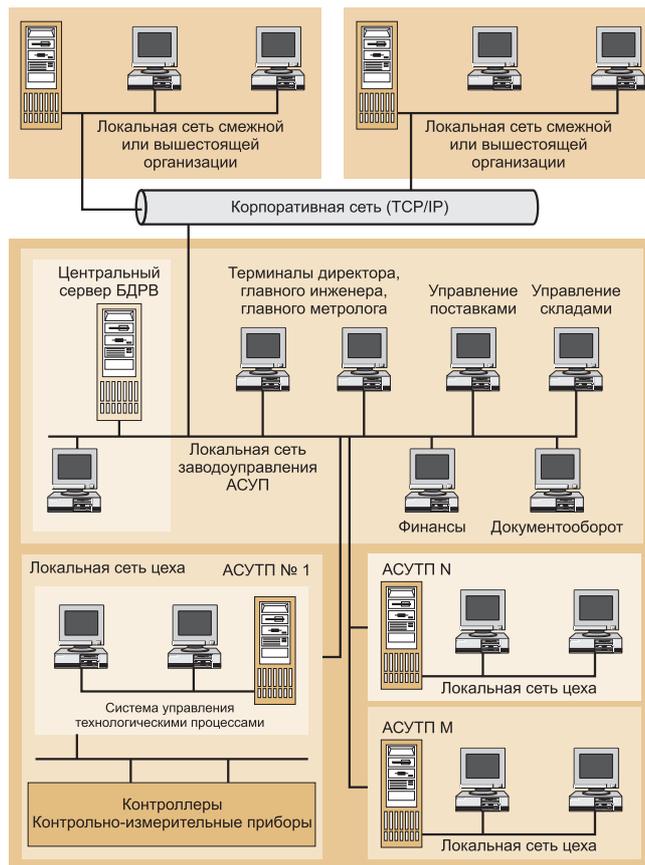


Рис. 1. Общая структура информационно-управляющей системы с внешними подсистемами

Первым шагом на пути к созданию многоцелевой информационной системы предприятия является интеграция данных от всех систем автоматизации ТП.

Для наиболее энергоемких этапов цементного производства имеются готовые решения, которые могут быть адаптированы к различным условиям внедрения и конкретным требованиям заказчика. Например, подавляющая часть электрической энергии, необходимая в *ТП дробления*, расходуется в результате потери тепла. Поэтому для минимизации потерь энергии необходима система управления, оптимизирующая работу мельниц, включая: стабилизацию загрузки мельницы; повышение производительности/снижение энергопотребления; защиту от перегрузок; контроль качества; автоматическую перестройку на другую марку цемента. В *ТП обжига* также происходит потребление большого количества энергии, и используются оптимизирующие системы управления процессом кальцинации, обеспечивающие: повышение производительности/снижение энергопотребления; температурный контроль печи; контроль и нейтрализация выходных газов кальцинатора/печи; регулирование охладителя клинкера. В результате оптимизации ТП при использовании предлагаемых систем сквозной автоматизации можно добиться снижения энергопотребления до 8%.

Рассмотрим более подробно основные мероприятия по модернизации и оптимизации производства

Организация сквозного обмена данными, как и сквозянки, относятся к разновидностям очищения...

Журнал "Автоматизация в промышленности"

цемента с целью повышения его эффективности и производительности по выпуску основной продукции для отдельных этапов ТП.

Модернизация и оптимизация работы мельниц

Общая концептуальная схема автоматизации, оптимизации и управления как сырьевых мельниц, так и мельниц помола цемента представлена на рис. 2. Технология работы сырьевых мельниц и мельниц помола цемента коренным образом отличаются друг от друга и в каждом случае требуют своих решений по их автоматизации и оптимизации.

Модернизация и оптимизация работы сырьевых мельниц

Проблемы измельчения сырья заключаются не в качестве, а в характеристиках шлама. Исходя из имеющегося опыта, считаем необходимым регулирование и оптимизацию следующих параметров измельчения сырья: глубина материала в выходном канале (радиолокационное измерение); вязкость выходного материала; энергопотребление главного привода, которое косвенно отражает загрузку мельницы; результаты лабораторных анализов: гранулометрический состав; расход по питателям известняка, глины и воды.

Работа мельниц зависит от изменений характеристик известняка, а именно содержания карбоната кальция. По этой причине предлагаем специализацию мельниц по составу сырья, то есть по возможности использовать одни мельницы для высокосодержащего сырья, а другие — для низкосодержащего. Данное предложение применимо только в случае достаточного количества сырья с разным содержанием карбоната кальция.

Для эффективного управления и оптимизации указанных процессов используются разработанные программные модули, легко интегрируемые в комплексную систему автоматизации и уже хорошо зарекомендовавшие себя на многих цементных производствах в мире.

1. *Программа запуска мельницы:* предназначена для запуска установки в целом с соблюдением времени, определенного расписанием ТП, и с восстановлением дозирования, использованных перед остановкой мельницы.

2. *Адаптивное предикативное управление вязкостью выходного материала,* которое обеспечивает управление

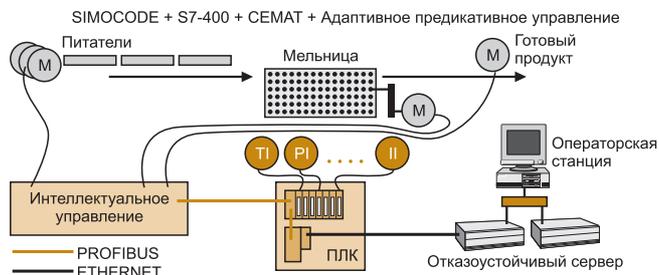


Рис. 2. Общая схема автоматизации, оптимизации и управления

ние дозирования известняка, глины и воды. В автоматическом режиме отслеживается зависимость связанных параметров (вязкость и уровень) и выбирается наиболее характерный для включения в контур регулирования.

3. *Программа безопасности:* на начальном этапе программа будет использовать параметры потребления главного привода мельницы и уровень в выходном канале для определения перегрузок мельницы. Далее программа управляет всеми питателями силиката натрия.

4. *Программа контроля качества:* на основе данных о гранулометрическом составе, поступающих из лаборатории или получаемых автоматически, программа управляет уровнем в выходном канале или вязкостью.

Концепция общей организации оптимального помола сырья представлена на рис. 3.

Модернизация и оптимизация работы участка по помолу цемента

Проблемы помола цемента в открытом цикле заключаются как в производительности, так и в качестве результирующего цемента.

Используя накопленный опыт, делаем заключение о необходимости регулирования и оптимизации следующих параметров помола цемента:

- электропотребление главного привода, которое может отражать загрузку мельницы;
- гранулометрический состав. На рынке существуют поточные автоматические анализаторы, которые рекомендуются к использованию, поскольку позволяют избежать большой задержки между выходом материала из мельницы и получением результатов анализа, что позволит повысить эффективность регулирования питателями; в противном случае результаты анализов должны вноситься в систему управления вручную, создавая задержку принятия решения.

Также необходимо обратить внимание на работу устройства "электронное ухо", включающего компенсацию шумов от соседних мельниц, и алгоритм управления питателями клинкера, гипса и присадок.

Для эффективного управления и оптимизации процессами помола цемента предлагаются использовать ряд разработанных программ.

1. *Программа запуска мельницы:* предназначена для запуска установки в целом и восстановления дозиро-

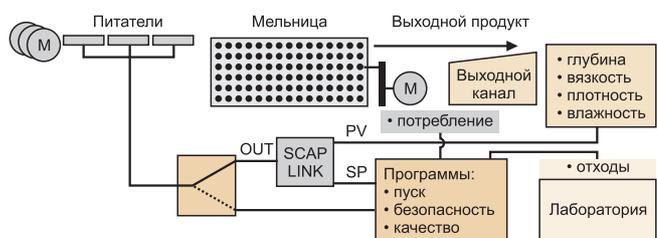


Рис. 3. Схема оптимизации помола сырья

вок, использованных перед остановкой мельницы. Так как производительность мельницы меняется в зависимости от марки цемента, то настройки питания и управления для каждой марки должны запоминаться отдельно и восстанавливаться при перестройке на другую марку.

2. *Адаптивное предикативное управление загрузки мельницы:* осуществляется через управление питателями клинкера, гипса и присадок. При этом необходимо контролировать зависимость связанных параметров (параметры потребление главного привода, данные с "электронного уха") и выбирать наиболее характерные для включения в контур регулирования.

3. *Программа безопасности:* на основании данных о нагрузке на главный привод и "электронного уха" определяются возможные перегрузки мельницы и устраняются посредством управления питателями. Случаи перегрузки могут возникать внезапно из-за случайных изменений в свойствах компонентов, гранулометрическом составе или температуры клинкера.

4. *Программа контроля качества:* на основе данных о гранулометрическом составе, поступающих из лаборатории или получаемых автоматически, программа будет управлять уровнем загрузки мельницы. В случае использования потокового анализатора коррекция (и качество цемента соответственно) будет выполняться намного быстрее и точнее.

5. *Программа смены марки цемента:* используется для изменения требуемой производительности мельницы при смене марки цемента с операторского АРМ. При необходимости (в случае повышения задаваемого качества цемента) реализуется требуемая задержка перед переключением на другой цементный силос.

6. *Программа автоматического управления питателями:* пропорция подачи компонентов из питателей должна подстраиваться по результатам лабораторных анализов. Данные, поступающие из лаборатории (например, содержание SO₃ в гипсе), вносятся в систему управления вручную, после чего питатели клинкера и гипса взаимно перестраиваются на нужную пропорцию.

Концепция общей организации оптимального помола цемента представлена на рис. 4.

Модернизация систем управления печами

Все печи работают либо с решетчатыми, либо с сателлитными холодильниками. Решетчатые холодильники поддаются оптимизации гораздо легче, чем сателлитные, не имеющие средств регулирования. Это увеличивает возможности оптимизации ТП, так как управление холодильником должно гарантировать стабильность температуры в печи.

Существование датчика температуры внутри входного конца печи является преимуществом перед печами сухого процесса, поскольку может обеспечить систему управления информацией о состоянии первых метров печи.

Эффективность внедряемых методов управления и уровень достигаемой оптимизации во многом определяется: качеством применяемых аналоговых датчиков измерения параметров печи и холодильника; точностью

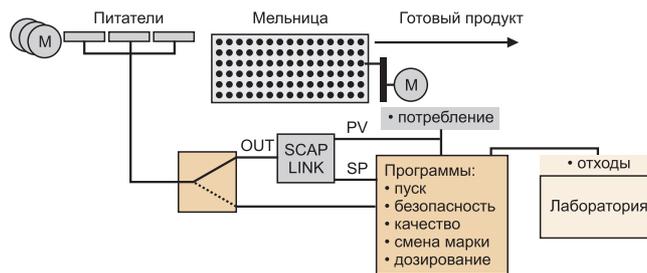


Рис. 4. Схема оптимизации помола цемента

основных приводов, позволяющих правильно передать управляющие воздействия от системы управления.

Номенклатура используемых средств измерения и органов управления должны быть обязательно согласованы с требованиями системы автоматизации и оптимизации и, возможно, проведена их замена. "Лаборатория автоматизированных систем (АС)" может при необходимости выполнить весь необходимый комплекс соответствующих проектных и монтажных работ.

Ниже приводятся основные измеряемые параметры и элементы управления нагревательными установками, необходимые для успешного внедрения средств оптимизации. Данные по всем перечисленным параметрам поступают в систему автоматизации непосредственно с технологических установок в РВ и обеспечивают оперативное управление и оптимизацию.

Критически важными измеряемыми параметрами печи и холодильника являются: температура в зоне горения внутри печи, на входе в печь; температура вторичного воздуха; электропотребление главного привода печи; концентрация NO_x, CO₂, CO; скорость печи и вентилятора печи; давление в первой и второй камерах холодильника; расход воздуха через вентилятор холодильника; расход топлива печи; давление на входе в печь, перед главным вентилятором, в головной части печи.

Наиболее важными параметрами управления являются: скорость печи, подачи сырья в печь, главного вентилятора, вентиляторов холодильника, колосниковых решеток холодильника; расход топлива печи.

Управление печами

Проблемы управления печами цементного предприятия можно сформулировать следующим образом.

- Сложность с установкой измерительных систем, позволяющих получить данные о реальном состоянии печи. Чаще всего информация может быть получена только косвенным путем (температура в зоне спекания), в других случаях одни измерения влияют на другие (понижение концентрации NO_x в присутствии CO).
- Печь является установкой с колоссальной инерцией, что сильно снижает возможности по исправлению тенденций и усложняет принятие решений. Управление производится на основании усредненных данных, а программы предотвращения перегрева и переохлаждения являются фундаментальными, поскольку они непосредственно влияют на избежание брака.
- Степень воздействия ограничена влиянием на темп работы печи. Например, нельзя сильно варь-

ровать подачу топлива в печь, так как это может повлиять на форму пламени горелки.

Оптимизация управления работой печей осуществляется следующими модулями управления:

1. *холодильником*: регулирование давления в одной из первых камер обеспечивается коррекцией скорости движения первой решетки средствами адаптивного предикативного управления, коррекцией скорости движения второй решетки в зависимости от первой. Также применяется управление вентиляторами;

2. *давлением в головной части печи* регулированием скорости вентилятора фильтра холодильника.

3. *подачей сырья* в печь регулированием питателей. Здесь программа оптимизации периодически значительно увеличивает подачу при подходящих условиях (избыток кислорода, возможность увеличения подачи топлива и т.д.);

4. *составом печных газов*: обеспечивается адаптивным предикативным управлением концентрацией кислорода благодаря регулированию скорости вентилятора печи. Здесь используются две программы: отслеживание концентрации CO (выявление неполного сгорания); понижение избытка кислорода в печи (для снижения потребления вентилятора печи);

5. *тепловым режимом печи*: температура печи в зоне горения управляется регулированием расхода топлива. Это возможно только в случае достоверных данных о температуре, получаемых от пирометров, по концентрации NOx или косвенно по потреблению главного привода. Здесь используются программы: охлаждения (понижает подачу сырья и скорость печи для восстановления нормальных условий) и понижения температуры печи снижением потребления топлива вплоть до минимальной отметки.

Описанные программы управления являются наиболее важными в процессе управления печью и холодильником, но в большинстве случаев также используются дополнительные программы для оптимизации и повышения эффективности.

На рис. 5 приведен пример мнемосхемы управления и отображения состояния печи, являющейся интерфейсом системы оптимального управления печами цементного производства.

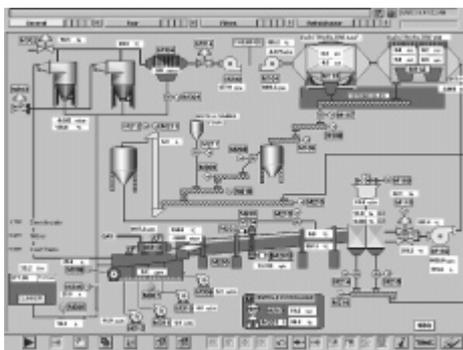


Рис. 5. Пример интерфейса системы управления печью цементного производства

- сбор и хранение информации о ТП, требующих контроля и управления;
- интеграция локальных систем автоматизации, в том числе созданных ранее и базирующихся на различных платформах отдельных производителей в единую централизованно управляемую систему;
- оперативное представление информации в форме итоговых сообщений и сводок, отражающих текущее состояние ТП;
- многоплановое воспроизведение информации для различных служб предприятия с целью предварительного анализа, прогнозирования и планирования развития производства на основе данных о реальном состоянии оборудования и основных показателей ТП;
- оперативное обновление запоминаемых данных, автоматизацию процессов управления и архивирования.

Предлагаемое решение формируется на основе современных программных и технических средств и технологий, которые обеспечивают сбор, обработку, передачу, хранение и визуализацию данных в масштабе РВ.

В качестве программной базы выбранного решения служат следующие продукты: SCADA-система InTouch®, IndustrialSQL Server, Industrial Application Server, SuiteVoyager® (Wonderware); инструментальные средства для разработки коммуникационных серверов (FactorySoft® Toolkit); система SCAP® (модуль ПИД-регулирования на основе алгоритма адаптивного предикативного управления) (Site Telecom); измерительный комплекс РВ АСТест® ("Лаборатория автоматизированных систем (АС)"). Информационным ядром разрабатываемой системы является БД РВ.

На аппаратном уровне предлагается использовать оборудование фирмы Siemens. Этот выбор оправдан по целому ряду причин (анализ которых не является целью данной статьи), но не является окончательным. Если на предприятии уже имеется опыт использования контроллеров фирм других производителей, предлагаемые методы и средства также могут быть применены. Основные источники технологических данных, структура потоков информации и взаимодействия пользователей комплексной автоматизированной системы управления и оперативно-диспетчерского контроля представлены на рис. 6.

Функции и уровни автоматизированных систем управления и оперативно-диспетчерского контроля

1. *Уровень локальной автоматизации* включает системы автоматизации, регулирования и оптимизации ТП, системы технических и коммерческих измерений потребления энергии, вспомогательные системы процессов автоматизации, телеметрические системы основ-

Комплексная автоматизация и организация обмена данными и сквозной отчетности

в рамках корпоративной информационно-управляющей сети производственных подразделений предприятия

Цели и задачи комплексной системы автоматизации

Целью при разработке комплексной системы автоматизации и организации обмена данными и отчетности в сети производственных подразделений цементного предприятия является решение следующих задач:

ных промышленных модулей, системы сбора технологических данных с ручным вводом и т.д. Прикладное ПО этого уровня запрашивает технологические данные от производственных цехов и участков, обеспечивая местные архивы и передавая данные на сервер технологических данных через различные каналы связи.

2. *Уровень БД РВ – технологический сервер.* БД РВ предназначена для сбора и хранения технологических данных и выполняет следующие задачи:

- сбор и архивирование технологических данных, а также автоматические расчеты технических характеристик и производительности оборудования и отделов в общей базе технологических данных в масштабе РВ;

- поддержка тенденций развития, основных плановых показателей работы, централизованное управление и диспетчерский контроль производством и ТП;

- ведение оперативного электронного журнала диспетчера;

- обеспечение визуализации условий производства;
- подготовка оперативных сводок и месячных эксплуатационных рапортов, распределение отчетов между отдельными подразделениями и т.д.;

- оптимизация производства и повышение эффективности, ОЕЕ (общая эффективность эксплуатации оборудования);

- обмен данными со смежными БД предприятия.

3. *Уровень предоставления данных* обеспечивает предоставление всех видов информации, получаемой и обрабатываемой на втором уровне: АРМ операторов ТП и диспетчеров; АРМ технологов и экспертов; АРМ руководителей подразделений.

4. *Технологический Web-портал* обеспечивает доступ к технологическим данным через Internet с широким использованием Web технологий (тонкие клиенты), при этом можно получать максимально подробные данные (вплоть до экранов АРМ оператора) при минимальных требованиях к клиентскому оборудованию и ПО. АРМ руководителей также могут быть реализованы на этом уровне.

Интеграции различных информационных уровней управления предприятием позволяет решить следующий набор задач:

- сохранение данных в РВ о ТП, поступающих от различных технологических участков/цехов/станций;
- визуализация производственного процесса, обеспечивающая количественные параметры для всех основных стадий технологического процесса;
- поддержка Internet – решений для основного и вспомогательных технологических производств.

Перцовский Михаил Изидорович – канд. физ.-мат. наук, директор "Лаборатории автоматизированных систем (АС)". Контактный телефон/факс (495) 730-36-32 (многоканальный). E-mail: office@actech.ru Http:// www.actech.ru

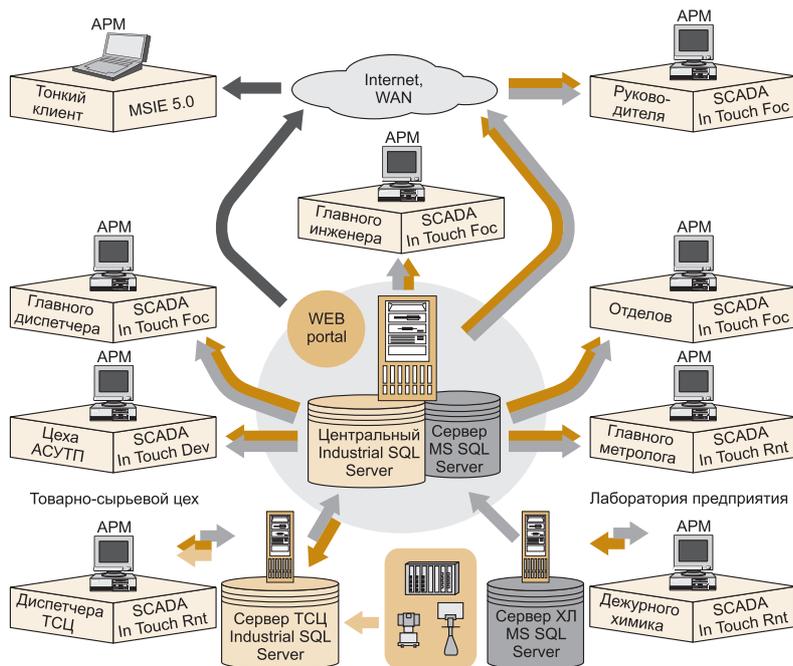


Рис. 6. Источники технологических данных и основные пользователи комплексной системы управления и оперативно-диспетчерского контроля

Основные результаты работ

Внедрение комплексной автоматизации на предприятиях обеспечивает: энергосбережение; повышение производительности технологических линий; повышение качества продукции; минимизацию времени перестройки на другой вид продукции; отслеживание в РВ и определение эффективности ТП; ведение архива технологических параметров; отображение параметров на АРМ диспетчеров и технологов как в масштабе РВ, так и архивных; многоплановое воспроизведение информации для различных служб предприятия с целью предварительного анализа, прогнозирования и планирования развития производства на основе данных о реальном состоянии оборудования и основных показателей ТП; удаленный доступ к архивным и текущим данным на базе Web-технологий.

Список литературы

1. Перцовский М.И., Ртищев А.В. Современные средства визуализации ТП: из опыта внедрений АСУТП "Лабораторией автоматизированных систем (АС)" // Автоматизация в промышленности. 2004. №9.
2. Перцовский М.И., Евтихов М.Г. Воробьев Е.А. Автоматизированные приборные комплексы и "виртуальные приборы": из опыта внедрений АСУТП "Лабораторией автоматизированных систем (АС)" // Там же. 2004. №10.
3. Маслюк А.В. Информационно-управляющая система объектов транспорта газа для ООО "Гюментрансгаз" // Там же. 2005. №6.
4. Перцовский М.И., Евтихов М.Г. Виртуальные приборы комплементарного типа, анализаторы протоколов и "визуальные умолчания" // Там же. 2005. №7.
5. Перцовский М.И., Ртищев А.В., Яковлев А.В. Принципы построения и реализация мобильных систем автоматизации // Там же. 2005. №10.