

стемой, которая реализует информационный мост между системой и средствами автоматизации бизнес-процессов на предприятии;

- оснащение системы совершенными алгоритмами контроля и управления, существенно повышающими техническую и экономическую эффективность работы объекта. К ним относятся алгоритмы: диагностики и анализа происходящих событий (базы знаний, использующие опыт и знания персонала предприятия); самонастройки ПИ и ПИД-регуляторов (настройка параметров регулятора по команде оператора); адаптивного ПИ и ПИД-регулирования (автоматическая подстройка параметров регулятора при увеличении погрешности регулирования выше заданного значения); регулирования с прогнозирующей моделью (субоптимальное управление процессом; особенно эффективно для нелинейных объектов и объектов с запаздыванием); регулирования на базе нечеткой логики (качественное управление на базе модели процесса типа "если..., то". Пример применения – изменение параметров ПИД-регулятора при смене режима работы объекта); многосвязанного регулирования (настройка отдельных связанных контуров регулирования и компенсация имеющихся

в объекте связей между ними); нейрорегулирования (применение настраиваемой нейронной сети, эффективной для управления нелинейными, многосвязными объектами и объектами со значительным транспортным запаздыванием); динамической модели объекта в ускоренном масштабе времени, реализуемые на отдельном ПК (модель позволяет оператору в сложных ситуациях быстро просматривать на ней разные варианты управляющих воздействий типа "а что, если...").

Заключение

Приведенный обзор конкретного содержания свойств "современность и перспективность" для разных классов средств/систем автоматизации показывает, что ведущим, достаточно общим направлением их развития является все более широкая унификация на базе международной стандартизации различных свойств и характеристик. Ввиду этого уменьшаются различия между однотипными средствами разных производителей, повышается их открытость друг к другу, расширяются возможности комплектования разнообразных систем автоматизации из отдельных средств разных производителей.

Ицкович Эммануил Львович – д-р техн. наук, проф.,

Логунов Михаил Георгиевич – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН.

Контактный телефон (095) 334-90-21.

СКАТ – УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ MES-СИСТЕМ

А.И. Куликов, В.Л. Соломин (Компания ТоксСофт)

Показано место систем класса MES в модели управления промышленным предприятием. Приводится сравнение систем класса MES с АСУТП и АСУ предприятия. Представлена архитектура программного пакета СКАТ™, который является универсальной программной платформой для создания и исполнения приложений класса MES масштаба предприятия и взаимодействия с непрерывным технологическим циклом.

Модель управления промышленным предприятием можно представить как совокупность людей и технологического оборудования (рис. 1). Управление технологическим оборудованием подразумевает измерение технологических параметров и воздействие на исполнительные механизмы. Присутствие человека на этом полюсе стремится к нулю, а если избежать участия человека в ТП не удается, он рассматривается как продолжение технологического оборудования. Системы управления технологическим оборудованием принадлежат к классу АСУТП. Управление бизнесом сводится к управлению людьми, поэтому люди здесь рассматриваются как главные источники информации и объекты управления. Системы управления финансово-хозяйственной деятельностью (бизнесом) предприятия относятся к классу систем управления предприятием (АСУП).

Системы АСУП и АСУТП начали развиваться практически одновременно и на сегодняшний день имеют более чем 20-летнюю историю. Однако до сих пор не удалось построить единую интегрированную систему управления промышленным предприятием, которая охватывала бы как управления технологическим и про-

изводственным процессом, так и бизнес-процессом предприятия. Связано это с тем, что системы АСУП и АСУТП тяготеют к разным полюсам модели, сосредотачиваясь на одной предметной области и игнорируя другую. Таким образом, возникла потребность в системах нового класса, которые рассматривали бы производственный процесс предприятия как единый комплекс технологического оборудования и людей, которые являются не только продолжением оборудования, но и выполняют самостоятельные производственные функции. Системы нового класса получили название MES-систем (Manufacturing Execution System). Они занимают место в центре модели управления предприятием, решают задачи комплексного управления производственным процессом и взаимодействуют при этом как с системами управления бизнесом, так и с системами управления оборудованием.

Система управления качеством

Назначение и принципы функционирования MES-системы можно проиллюстрировать на примере АСУ качеством продукции (рис. 2), которая занимает промежуточное положение между системами

АСУП и АСУТП. Основным элементом системы качества является заводская лаборатория, получающая от ТП информацию в виде проб и замеров, которую необходимо обрабатывать в темпе поступления, причем темп поступления информации определяется динамикой ТП и имеет "нечеловеческий" характер. Результаты проведенных измерений должны поступить обратно в АСУТП как можно скорее, чтобы превратиться в управляющие воздействия и внести коррективы в ход ТП. С этой стороны система управления качеством имеет дело с неодушевленными объектами, а производственный персонал (лаборанты и технологи) рассматриваются как продолжение технологического оборудования. Для системы управления бизнесом лаборатория является источником документов, которые затем используются людьми (участниками бизнес-процесса) в своей деятельности. Например, это сертификаты и паспорта качества, которые являются коммерческими документами и используются коммерческими службами.

Как видно из примера, АСУ качеством оперирует понятиями обеих предметных областей, находится в центре модели управления и является естественным связую-



Рис. 1. MES в модели управления промышленным предприятием

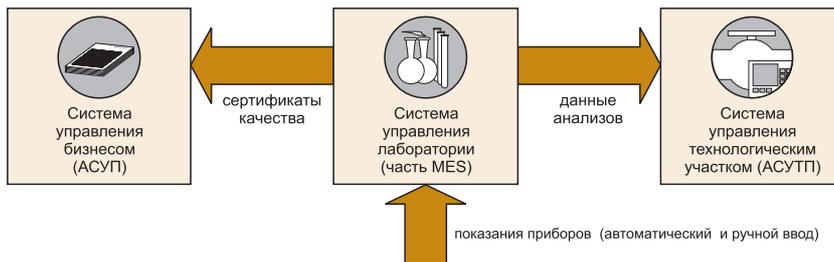


Рис.2. Пример MES – система управления качеством

щим звеном между противоположными полюсами. В таблицах 1 и 2 показано, что MES-системы, обладая схожими чертами с системами управления бизнесом и ТП, тем не менее имеют также собственные уникальные черты, которые обусловлены их особым положением в палитре систем управления. Из таблиц также видно, что в силу принципиальных различий попытка решить задачи MES-систем при помощи средств АСУП или АСУТП либо не даст результата, либо приведет к затратам, пре- вышающим эффект от внедрения такой системы.

Таблица 1. Сравнение MES и АСУТП

№ пп	Критерий	Управление производством (MES)	Управление технологией (АСУТП)
1.	Объекты управления	Неодушевленные объекты: технологическое оборудование, производственные участки, сырье, материалы и т.п. Люди рассматриваются как часть оборудования	Неодушевленные объекты: технологическое оборудование
2.	Локализация объекта управления	Объединяет разные производственные переделы	В пределах одного производственного участка
3.	Роль человека в управлении	Анализ и прогноз развития процесса, формирование заданий оборудованию (уставок) и технологическому персоналу, формирование бизнес-документов	Контроль текущего состояния и установка заданий оборудованию (уставок)
4.	Роль автоматики в управлении	Представление информации в удобном для анализа виде, помощь в формировании управляющих воздействий, доставка их и контроль исполнения	Измерение параметров и поддержание уставок
5.	Способ получения информации	Автоматически и вручную	Автоматически
6.	Способ реализации управляющих воздействий	Автоматически и административно	Автоматически
7.	Модель представления и хранения данных	Объектная РВ	Теговая РВ

Таблица 2. Сравнение MES и АСУП

№ пп	Критерий	Управление производством (MES)	Управление бизнесом (АСУП)
1.	Объекты управления	Неодушевленные объекты: технологическое оборудование, производственные участки, сырье, материалы и т.п. Люди рассматриваются как часть оборудования	Люди
2.	Источник информации	Изменения состояния производственных объектов	Совершаемые людьми транзакции
3.	Представление информации	Непрерывный поток состояний производственных объектов	Документы
4.	Темп поступления информации	"Нечеловеческий" и человек не может влиять на темп поступления	"Человеческий" и человек может влиять на темп поступления
5.	Управляющие воздействия	Задания оборудованию (уставки) и приказы	Приказы
6.	Темп исполнения воздействия	Немедленно. Задержка ухудшает качество продукции или эффективность процесса	При совершении следующей транзакции. Задержка уменьшает прибыль
7.	Роль времени	Важны последовательность и время между событиями	Важна последовательность событий. Время между событиями не имеет значения
8.	Модель хранения данных	Объектная РВ	Реляционная

MES как самостоятельный класс систем

Согласно принятой терминологии MES – это АСУ производственной деятельностью предприятия, которая в режиме РВ: планирует, оптимизирует, контролирует, документирует производственные процессы от начала формирования заказа до выпуска готовой продукции.

К классу MES относятся следующие системы: автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ); автоматизированная система управления качеством (LIMS); система управления производственным процессом; система управления производственными фондами; система отслеживания истории продукта; автоматизированная система планирования производственного процесса.

История MES-систем повторяет историю систем АСУП. Сначала это была настольная автоматизация, затем настольные системы стали объединяться по мере развития ЛВС, затем появились мощные платформы и прикладные пакеты для создания комплексной АСУП промышленного предприятия.

MES-системы сейчас переживают период настольной автоматизации, а большинство предприятий, которые встали перед необходимостью создать систему управления производственным процессом, пытаются решить проблему собственными силами. Попытки объединить локальные рабочие места с применением традиционных инструментов не дают заметного эффекта, потому что масштабные MES-системы требуют мощных системных механизмов обмена данными и их хранения, построенных на принципиально новых технологиях.

Возникла потребность в универсальной платформе для создания MES-систем, которая, с одной стороны, являлась бы исполняющей средой для приложений MES, предоставляя надежные механизмы накопления, хранения и доступа к производственной информации в РВ в привычных для производителей терминах, а с другой – предоставляла бы набор инструментов для построения рабочих мест специалистов. Такая платформа освободила бы программистов, занимающихся созданием систем класса MES, от решения системных вопросов и позволила бы им сосредоточиться на решении вопросов прикладных.

Компанией ТокСофт создан программный пакет СКАТ™, который является универсальной программной платформой для создания и исполнения приложений класса MES масштаба предприятия и взаимодействия с непрерывным технологическим циклом. СКАТ предлагает концепцию построения MES-системы, набор системных служб, создающих операционную среду исполнения приложений MES, и библиотеки компонентов для создания прикладной функциональности MES-системы. СКАТ предназначен, в первую очередь, для прикладных программистов, разрабатывающих MES-системы в конкретной предметной области.

В основу архитектуры СКАТ заложены следующие технические решения:

- *применение Java* в качестве языка программирования и среды исполнения приложений позволяет

создавать масштабные распределенные многоплатформенные системы;

- *объектная модель* представления и хранения данных позволяет преодолеть ограничения, присущие теговой или реляционной архитектурам, и создать сложную информационную модель производственного процесса в интуитивно понятных для производственного персонала терминах;

- *РВ* является главным участником производственного процесса, поэтому СКАТ предоставляет надежные механизмы накопления и обработки данных в том темпе, которого требует производство.

Архитектура СКАТ

Архитектура СКАТ (рис. 3) имеет в своем составе три уровня:

- *пользователей* – это уровень источников и потребителей информации MES-системы. В качестве пользователей могут выступать как люди, так и другие АСУ предприятия. Предусмотрен обмен информацией: со специалистами – через ЧМИ; с системами АСУТП – через средства обмена текущей технологической информацией в РВ (ОПС) и через средства доступа к БД в форматах временных рядов тегов (JDBC); с системами АСУП – через средства доступа к реляционным БД (JDBC);

- *клиентов СКАТ* – это уровень интерфейсных программных модулей, при помощи которых пользователи системы получают доступ к информации, к функциям по ее обработке и анализу и к функциям по формированию управляющих воздействий. Для специалистов – это мнемосхемы, графики, таблицы и прочие электронные документы; для автоматизированных систем – мосты OPC-СКАТ, JDBC-СКАТ и т.п.;

- *серверов СКАТ* – набор системных служб, которые обеспечивают общее функционирование MES-системы, и прикладные программные модули, которые выполняют основную вычислительную работу по поиску, обработке и обновлению информации. Серверы СКАТ являются также хранилищами информации.

Использование платформы Java и сервера приложений JBoss в качестве среды исполнения приложений СКАТ позволяет строить гибкие масштабные распределенные системы исполнения приложений. С другой стороны, такое решение позволяет скрыть от пользователя и прикладного программиста особенности реализации конкретной вычислительной среды, создавая иллюзию, что все богатство классов и объектов информационной модели и все вычислительные мощности системы сосредоточены на рабочем столе. О физической доставке информации, распределении и выполнении вычислений позаботится СКАТ при помощи JBoss и Java.

Серверы СКАТ выполняют основную вычислительную работу по поиску и обработке информации, обеспечивают взаимодействие компонентов системы между собой. Сервер СКАТ включает: БДО, системные службы СКАТ, серверные прикладные модули.

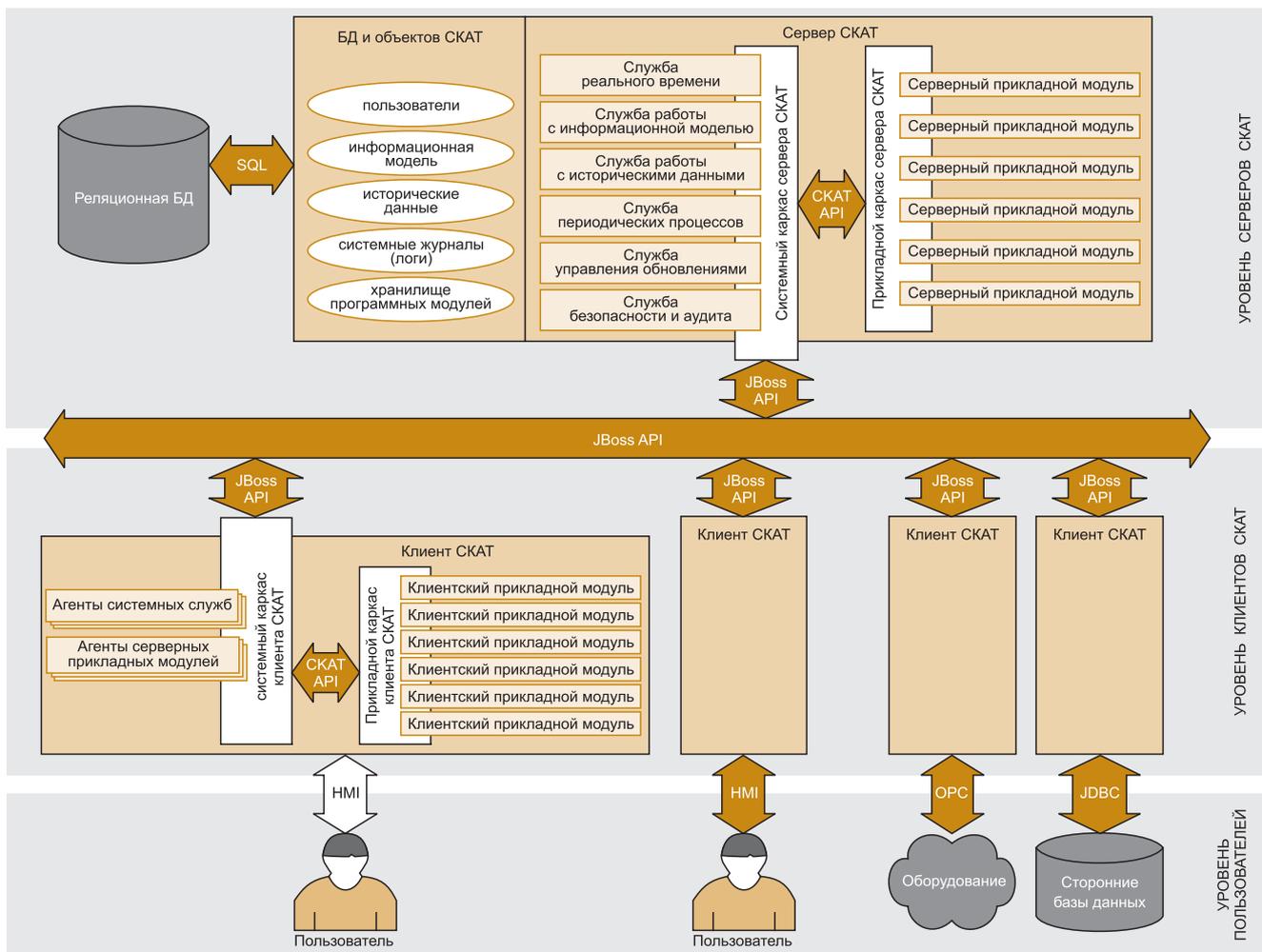


Рис. 3. Архитектура MES-системы по версии SKAT

В комплект поставки сервера SKAT входят исполняемый модуль ядра сервера SKAT, в состав которого входят системные службы, библиотеки компонентов для создания прикладных серверных модулей, сервер JBoss и сервер реляционной БД. Архитектура платформы SKAT допускает использование более чем одного сервера.

База данных и объектов (БДО) SKAT. В основу архитектуры SKAT положена объектная информационная модель производственного процесса. Хранилищем данных информационной модели (исторических и текущих) является БДО SKAT, являющаяся абстракцией. Для физического хранения данных в системе используется реляционная БД. БДО SKAT является набором правил, которые определяют механизмы создания, описания и уничтожения объектов, доступа к текущим и архивным данным объектов, а также механизмы отображения объектной структуры на реляционную БД (на текущий момент поддерживаются БД MS SQL-сервер, Oracle и MySQL). За реализацию этих правил отвечают системные службы SKAT.

Информационная модель предметной области в архитектуре SKAT базируется на двух понятиях – классы и объекты. Класс – это абстракция, выделенная из предметной области, достаточно типичная для нее. Здесь описываются свойства (атрибуты и события) общие для ряда

сущностей предметной области. При описании абстракции обозначаются свойства и методы, общие для всех единиц оборудования данного типа в моделируемой системе.

Классы делают информационную модель обзорной и интуитивно понятной. Пользователь имеет возможность оставаться на том уровне абстракции информационной модели, который необходим ему для выполнения его функций, и не опускаться ниже до деталей реализации. Информационная модель, построенная на классах, предоставляет множество уровней абстракции для пользователей разного уровня.

Объект является отображением конкретной материальной сущности на информационную модель и содержит информацию о текущем состоянии и истории развития своего материального аналога.

Объект может соответствовать любой сущности производственного процесса как материальной, так и информационной. В качестве объекта могут выступать как технологическая установка, бригада, производственный участок, так и отчет, документ, команда. Информационные объекты, соответствующие материальным объектам моделируемого процесса, являются долгоживущими. Информационные объекты, соответствующие виртуальным объектам моделируемого процесса, имеют короткий срок жизни. На-

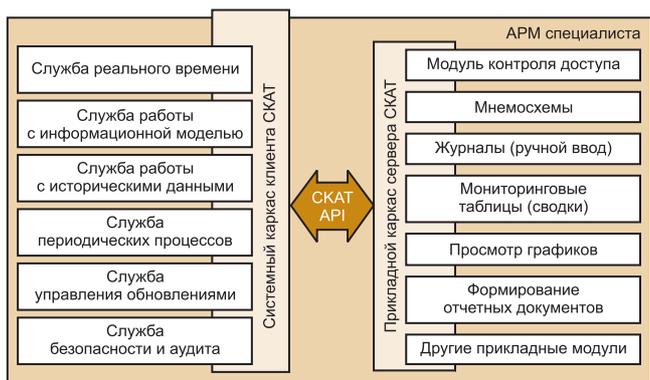


Рис. 4. АРМ специалиста

пример, лабораторная проба или лабораторный замер являются объектами виртуальными и актуальны в течение ограниченного времени.

Платформа СКАТ поддерживает два типа объектов – постоянные и временные. Временные объекты обрабатываются по упрощенным правилам для экономии системных ресурсов, но имеют короткую жизнь и недолгое время хранения в архиве.

Системные службы СКАТ представляют собой множество классов Java, которые предоставляют прикладным модулям набор сервисных функций, предназначенных облегчить взаимодействие MES-приложений с БДО СКАТ и между собой. Системные службы СКАТ также обеспечивают контроль доступа и безопасность системы, управляют обновлением версий ПО, управляют запуском и работой периодических процессов и реализуют другие механизмы, обеспечивающие целостность и устойчивую работу MES-системы.

Служба РВ СКАТ предоставляет механизмы для получения информации от источников данных в РВ (измеряемых параметров и событий), фиксации ее в БДО, а также для гарантированной доставки команд, формируемых прикладными модулями системы обратно на уровень пользователей.

Служба РВ СКАТ оперирует следующими понятиями: текущие данные, события, команды. Текущие дан-

Рис. 5

ные – это мгновенные значения параметров объектов информационной модели, которые соответствуют значениям параметров их материальных аналогов. Служба РВ обеспечивает их своевременное обновление с заданной периодичностью, а также сохранение значений в архиве (по мере изменения и непрерывным потоком).

Данные РВ могут поступать в систему от средств ручного ввода на рабочих местах специалистов, от OPC-серверов (через мост СКАТ-OPC) или напрямую от контроллеров или технологических компьютеров, если последние поддерживают протокол СКАТ API. Служба РВ гарантирует, что как только состояние какого-либо компонента производственного процесса изменится, информация об этом будет тотчас доступна любому специалисту на любом уровне системы. Служба РВ также гарантирует, что ни один бит информации не будет потерян при заданном темпе поступления и будет вовремя сохранен в архиве.

Событиями в терминологии СКАТ являются любые явления производственного процесса. Различают события мгновенные и продолжительные. Мгновенное событие не имеет продолжительности во времени и характеризуется одним значением технологического параметра

и временем свершения (срабатывание датчика уровня или выход параметра за пределы уставки). Продолжительное событие имеет отличное от нуля время жизни и может заключать в себе более одного производственного параметра. Продолжительные события весьма удобно использовать для фиксации и последующего разбора нештатных или особых штатных технологических ситуаций (анодный эффект, для которого фиксируется напряжение на электролизере в течение 2,5 мин, или срабатывание технологической защиты, для которой фиксируются значения соответствующих параметров за некоторое время до срабатывания защиты). Критерии возникновения событий и правила их обработки определяются пользователем и реализуются тем или иным прикладным модулем.

СКАТ предоставляет возможности обработки тревог, которые являются событиями самой высокой важности. Также реализованы механизмы по ведению журналов событий самой системы.

Команды являются выражением управляющих воздействий, при помощи которых пользователи влияют на производственный процесс. СКАТ поддерживает команды с подтверждением и без подтверждения. В набор инструментальных средств СКАТ входят инструменты по конфигурированию механизмов обработки текущих данных, событий и команд.

Серверные прикладные модули СКАТ предназначены для создания приложений при построении конкретной MES-системы на основе платформы СКАТ, реализации часто используемых сложных запросов к БДО СКАТ и для выполнения других функций, требующих больших

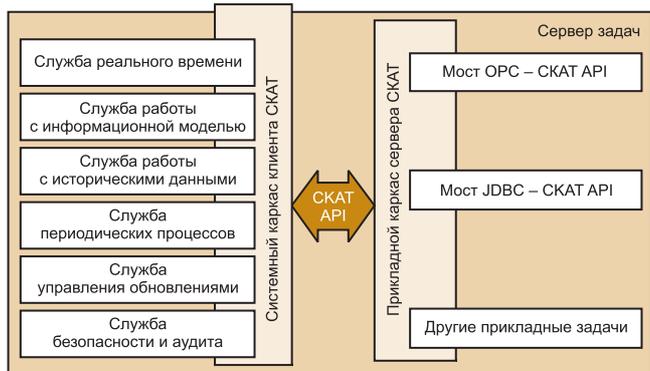


Рис. 6. Сервер задач

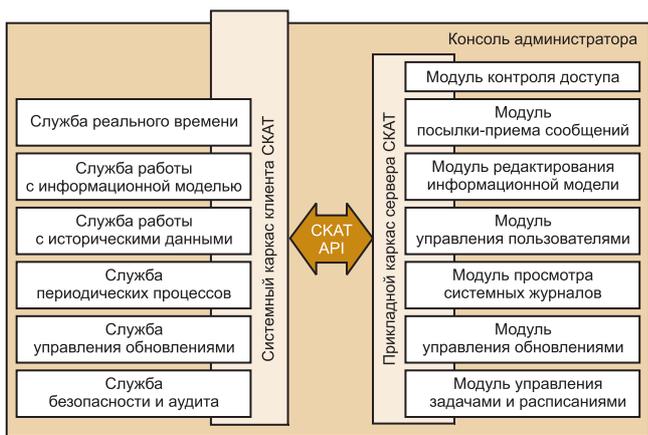


Рис. 7. Консоль администратора

вычислительных ресурсов. Размещение прикладных модулей на сервере призвано уменьшить вычислительную нагрузку на ПК клиента и снизить сетевой трафик обмена между сервером и клиентом.

Прикладной модуль представляет собой контейнер, который является системным механизмом, и прикладную программу (плагин). Контейнер устанавливает плагину контекст, с помощью которого плагин может получить доступ ко всем службам системы, а также к другим плагинам. У каждого плагина должно быть уникальное имя в системе, при помощи которого можно получить доступ к нему. Плагином может быть любой класс Java, который реализует специальный интерфейс. Также плагины используют новый механизм аннотаций в Java, при помощи которого объявляется класс как плагин, его имя, а также где он будет исполняться (на клиенте или сервере). При помощи аннотации указываются все методы, которые должны быть доступны клиентам данного плагина. Вложение плагина в серверный контейнер делает его серверным прикладным модулем.

Клиенты SKAT обеспечивают интерфейс между MES-системой и ее пользователями и обеспечивают пользователям доступ к прикладным функциями системы. SKAT поддерживает следующие типы клиентов: АРМ специалиста, сервер задач, консоль администратора.

В комплект поставки клиента SKAT входят исполняемый модуль ядра клиента SKAT, в состав которого входят агенты системных службы и собственные системные службы клиента, библиотеки компонентов для создания прикладных клиентских модулей и клиент JBoss. В состав поставки консоли администратора входят также приложения просмотра и редактирования информационной модели и конфигурирования системных служб.

Клиент "АРМ специалиста" (рис. 4) предназначен для организации ЧМИ между MES-системой и пользующимся ее услугами специалистом. Поскольку главным субъектом управления в MES-системе явля-

Таблица 3. Проекты MES-систем на платформе SKAT

№ пп	Наименование проекта	Год внедрения	Число серверов	Число АРМ
1.	Система управления фармацевтическим производством для American MSI Corp. (США)	2003	1	20
2.	Информационно-управляющая система электролизного производства Волгоградского алюминиевого завода	2004-2005	1	10
3.	Автоматизированная система управления качеством электролизного производства Надвоицкого алюминиевого завода	Проект-ируется	1	30
4.	Информационно-управляющая система глиноземного производства Запорожского алюминиевого комбината		1	50
5.	Информационно-управляющая система производства электродов Саяногорского алюминиевого завода		3	20
6.	Автоматизированная система диспетчерского управления цеха гидросооружений Иркутского алюминиевого завода		1	10

ется человек, концепция построения АРМ специалиста была проработана весьма тщательно.

На рис. 5 представлен внешний вид рабочего окна пользователя АРМ специалиста SKAT. SKAT предлагает следующие основные типы компонентов, которые позволяют создавать широкую палитру пользовательских интерфейсов: мнемосхемы, мониторинговые таблицы, наборные тренды, отчеты.

Сервер задач SKAT предназначен для выполнения прикладных функций MES-системы, которые не требуют диалога с человеком (рис. 6). Как правило, это различные программы для обмена данными с другими системами. Сервер задач может использоваться также для расширения вычислительных возможностей основного сервера SKAT, обрабатывая запросы к БДО. Однако его возможности в этом плане ограничены сетевым трафиком.

Консоль администратора SKAT (рис. 7) является рабочим местом администратора и разработчика MES-системы, поставляется в законченном виде и позволяет выполнять следующие действия:

- создание и редактирование информационной модели производственного процесса, на которую опирается MES-система;
- управление пользователями — ввод и удаление пользователей, назначение прав доступа;
- управление системными службами, прикладными программными модулями, регистрация и распространение обновлений;
- просмотр журналов системных событий, диагностика сбоев;
- выполнение регламентных и ремонтных операций с БДО;
- разработка прикладных программных модулей при помощи собственных инструментов SKAT.

В табл. 3 перечислены проекты информационных систем на платформе SKAT, которые были внедрены или разрабатываются в данный момент специалистом компании ТоксСофт.

Куликов Андрей Иванович — директор по развитию,
Соломин Владимир Львович — заместитель начальника отдела ПО компании ТоксСофт.
 Контактный телефон (095) 917-44-30.