

Лекция 1.4. Многоуровневость компьютерных систем автоматизации

Как уже упоминалось в предыдущей лекции, в составе распределенных систем необходимо выделять локальные подсети и контура регулирования. Все это приводит к выделению нескольких уровней, т.е. распределенные системы почти всегда являются также и многоуровневыми.

Системы управления с многоуровневой архитектурой обычно строятся по объектному принципу, когда структура системы выбирается подобной структуре объекта автоматизации, а каждая подсистема является локальной, т.е. все обратные связи замкнуты в пределах этой подсистемы. Каждая локальная подсистема выполняет отдельную функцию, задаваемую логикой функционирования всей системы. Объектный принцип построения позволяет упростить проектирование многоуровневой системы и обеспечить ее структурную (архитектурную) надежность.

Анализ сложных систем управления позволяет выделить в них несколько однородных уровней иерархии, показанных на рис. 1. Здесь WAN (Wide Area Network) – глобальная сеть, LAN (Local Area Network) – локальная сеть. Такая архитектура автоматизированной системы удобна при коллективной работе с системой автоматизации или для связи технологического уровня АСУ с управленческим. Количество уровней АСУ зависит от величины предприятия. Все рассматриваемые в данной лекции уровни детально рассматриваются в последующих лекциях – здесь приведен лишь обзор с целью уяснения взаимодействия уровней системы.

Нулевой (нижний, технологического оборудования) уровень включает в себя датчики и исполнительные устройства (актуаторы): датчики температуры, давления, концевые выключатели, дискретные датчики наличия напряжения, измерительные трансформаторы, реле-пускатели, контакторы, электромагнитные клапаны, электроприводы и др. Датчики и актуаторы могут иметь интерфейсы типа AS-интерфейс (ASI), 1-Wire или CAN, HART и др. Морально устаревшими интерфейсами нулевого уровня являются аналоговые интерфейсы 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 В и др. В настоящее время наметилась устойчивая тенденция к использованию интеллектуальных датчиков, которые имеют цифровой интерфейс, встроенный микроконтроллер, память, сетевой адрес и выполняют автоматическую самодиагностику, калибровку и компенсацию нелинейностей датчика, допускают удаленную настройку оператором – все это упрощает обслуживание контрольно-измерительных приборов (КИП) и снижает нагрузку на управляющие вычислительные устройства верхних уровней. Интеллектуальные датчики в пределах сети должны обладать свойством взаимозаменяемости, в частности иметь один и тот же протокол обмена и физический интерфейс связи, а также нормированные метрологические характеристики и возможность смены адреса перед заменой датчика. Также благодаря наличию встроенного микроконтроллера цифровыми интерфейсами оснащены многие исполнительные устройства.

Наличие цифровых интерфейсов позволяет объединить датчики, исполнительные механизмы и контролеры в единую цифровую сеть Fieldbus (полевая шина или промышленная сеть, типы промышленных шин рассматриваются дальше), заменив тем самым большое количество 2-, 3-, 4-проводных линий связи, идущих от множества датчиков и исполнительных механизмов к каналам ввода-вывода контроллеров на один интерфейсный кабель. К приборам нижнего уровня некоторых полевых шин по этому кабелю передается также электропитание, например, Profibus PA позволяет питать датчики. Все это дает серьезный ценовой выигрыш.



Рис. 1 – Уровни иерархии современной АСУ

Следует отметить, что в автоматизации принято делить все промышленные шины на две категории по уровню их использования:

- Field level (промышленные сети этого уровня решают задачи по управлению процессом производства, сбором и обработкой данных на уровне промышленных контроллеров);
- Sensor/actuator level (задачи промышленных сетей этого уровня сводятся к опросу датчиков и управлению работой разнообразных исполнительных механизмов).

Таким образом, часть всего семейства промышленных сетей, задействованная на уровне датчиков и исполнительных устройств для решения вышеуказанных задач, называется **SensorBus** в противоположность промышленным сетям уровня контроллеров (непосредственно FieldBus). Это отражено на рис. 1. К типичным сетям датчиков (**SensorBus**) и исполнительных устройств относятся промышленные шины ASI (Actuator/Sensor Interface), Interbus-S, PROFIBUS-DP (Profibus for Distributed Periphery), SERCOS interface. Шины CAN (Controller Area Network), FIP (Factory Instrumentation Protocol), LON (Local Operating Network) могут применяться и как SensorBus и как собственно FieldBus. Естественно, если назвать любую из шин SensorBus шиной FieldBus ошибки не будет, поскольку это подмножество, но не наоборот.

Первый уровень (контроллерный уровень) состоит из программируемых логических контроллеров и иных устройств управления (см. ниже), модулей аналогового, цифрового и дискретного ввода-вывода и других УСО, которые обмениваются информацией по промышленным шинам (Fieldbus) друг с другом и передают информацию на вышестоящий уровень (контроллеры) или с интеллектуальными датчиками и исполнительными устройствами нулевого уровня. Иногда модули ввода-вывода выделяют в отдельный уровень иерархии.

В настоящее время отсутствует единый международный стандарт для сетей Fieldbus. **Наиболее популярными являются следующие протоколы обмена:** в Европе - протокол Profibus, разработанный фирмой Siemens, в различных его модификациях; в США – Foundation Fieldbus. Также широко используются такие промышленные шины, как CANopen, LonWorks, Interbus и др. В качестве протокола для сетей на основе простого последовательного порта общепризнан Modbus, разработанный американской фирмой MODICON. В России, как уже упоминалось в прошлой лекции, наиболее популярны промышленные шины типа Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus.

Связь между контроллерами, промышленными компьютерами и станциями управления верхнего (второго уровня) уровня на базе IBM PC-совместимых персональных компьютеров осуществляется в большинстве случаев по сети Ethernet, выполненной в промышленном варианте (Industrial Ethernet).

Для программирования ПЛК и SoftPLC Международный электротехнический комитет (МЭК) принял стандарт МЭК 61131-3, который описывает пять языков программирования – графических: релейных диаграмм (Ladder Diagrams, LD), функциональных блочных диаграмм (Function Block Diagram, FBD), последовательных функциональных схем (Sequential Function Chart, SFC); текстовых: список инструкций (Instruction List, IL), структурированный текст (Structured Text, ST). Инструменты программирования ПЛК на языках МЭК 61131-3 могут быть специализированными для отдельного семейства ПЛК (например, STEP 7 для контроллеров SIMATIC S7-300/400) или универсальными, работающими с несколькими (но далеко не всеми) типами контроллеров: CoDeSys, ISaGRAF, ИСП "КРУГОЛ".

Касательно первого уровня необходимо отметить, что на рынке промышленной автоматизации все большим спросом пользуется направление **автоматизации на базе компьютеров промышленного и офисного исполнения (PC-based Control)**. Для его реализации в компьютеры встраиваются модули (платы УСО, вставляемые в разъемы шин ISA и PCI материнской платы у офисных или в разъемы кросс-платы и подключаемые к различным шинам у промышленных компьютеров), позволяющие непосредственно к компьютеру подключать датчики и исполнительные механизмы, либо к портам компьютера подключаются внешние модули ввода/вывода. В случае необходимости устанавливается специализированная среда управления (например, CoDeSys SP RTE) для обеспечения режима реального времени.

Контроллер, реализованный на базе PC-совместимого компьютера установкой вышеперечисленных элементов, получил название **Soft-PLC** (т.е. программный ПЛК или ПЛК реализованный программными средствами). С другой стороны, под Soft-PLC подразумеваются ПЛК с PC-архитектурой. Это название отражает тот факт, что большинство функций обычных PLC, которые раньше решались на аппаратном уровне, в этих контроллерах решены с помощью программного обеспечения. Переход от традиционной архитектуры на PC вызван следующими причинами:

- стоимость микросхем для производства процессорных модулей существенно ниже из-за огромных тиражей, которыми они выпускаются;
- производительность процессоров настолько выросла, что позволяет возложить на программное обеспечение большое количество задач, которые решались раньше аппаратно;
- наличие системного программного обеспечения (с производителя во многом снимается задача по программной поддержке своего изделия; не требуется разрабатывать собственное ядро реального времени – надо только написать библиотеку доступа к платам УСО);
- при наличии Softlogic-систем с производителя контроллеров в случае выбора PC-архитектуры снимается проблема создания инструментальных средств программирования его изделий, при этом пользователь получает стандартные, уже известные ему, языки программирования контроллера;

- коммуникации (производитель может больше не заботиться о создании собственных полевых шин для связи с верхним уровнем системы управления, распределенными модулями УСО или интеллектуальными датчиками).

В результате, производитель контроллеров может максимально сосредоточить свои усилия на разработке максимально широкой номенклатуры модулей УСО и об архитектурных решениях, повышающих надежность его изделий. При этом все перечисленные выше проблемы для него уже решены.

Контроллер же «превращенный» в компьютер именуют аббревиатурой **PAC** (Programmable Automation Controller) – новый термин для контроллеров, являющихся результатом конвергенции PLC и PC, но имеющий традиционную архитектуру ПЛК. PAC имеют модульный конструктив, содержащий процессорный блок и слоты для установки модулей ввода/вывода, объединенных между собой параллельной или последовательной информационной шиной. Процессорный блок строится, как правило, с использованием специализированных процессоров, обладает ресурсами достаточными для исполнения приложений в операционных системах WINDOWS CE, DOS, WINDOWS XP EMBEDDED, LINUX и других, имеет широкую номенклатуру стандартных интерфейсов ввода/вывода – последовательные порты (один или два), адаптеры USB, сети ETHERNET, флэш-памяти, клавиатуры, мыши и дисплея.

Строго говоря, грань между контроллером на базе персонального компьютера и компьютером на базе контроллера в настоящий момент размыта. Обязательным, по сути, чтобы считать данное устройство промышленно применимым, является возможность ввода сигналов от датчиков и вывода на исполнительные устройства, управление в режиме реального времени, заданный уровень надежности, переносимость условий эксплуатации и возможность перезапуска посредством сторожевого таймера (конечно, это не полный перечень).

Применение PC-based Control на основе Soft-PLC с экономической точки зрения оправданно для объектов управления, имеющих небольшое число входов-выходов, невысокие требования по надежности и по обеспечению режима реального времени, однако предполагающие большой объем вычислений (высокую вычислительную мощность в связи со сложностью обработки информации), а также проще программируемые на языке высокого уровня (C++, Pascal). В этом случае уменьшаются затраты на аппаратные средства.

Применяемые для реализации PC-based Control **промышленные ПК** (Industrial PC, IPC) – частный случай промышленных компьютеров, являющиеся более сложным решением по сравнению с ПЛК или встраиваемыми системами. Хотя промышленный компьютер – универсальный термин который может обозначать любой компьютер, не обязательно IBM PC-совместимый, не обязательно с архитектурой x86 и не обязательно адаптированный к неблагоприятным условиям, в промышленности в противовес компьютеру офисного исполнения под ним понимают конструктивно законченное серийное коммерчески-доступное изделие, как правило, программно совместимое с обычными PC, предназначенное для работы в неблагоприятных условиях и имеющее специфичный конструктив на основе кросс-платы и различных модулей расширения (часть из которых, предназначенные для связи с объектом управления, часто называют **платами УСО**). Особенности устройства и применения IPC приводятся в одноименной лекции.

Вкратце отметим, что «УСО» (устройства связи с объектами), по сути дела – это обобщенное название конструктивно законченных устройств, выполненных в виде модулей, устанавливаемых, как правило, в специализированные платы с клеммными соединителями или стандартный DIN-рельс или имеющими отдельное блочное исполнение (т.е. и платы ввода-вывода в компьютерах и внешние подключаемые модули являются УСО). УСО могут быть дискретными, аналоговыми и цифровыми и необходимы

для нормализации (приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входных сигналов АЦП), предварительной низкочастотной фильтрации аналоговых сигналов (ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния на результат измерения помех различного происхождения) и обеспечения гальванической изоляции между источниками сигнала и каналами системы.

Аналоговые УСО (аналого-цифровые преобразователи АЦП, цифро-аналоговые преобразователи ЦАП и др.) должны обладать большой точностью, линейностью и большим напряжением изоляции. Входные **дискретные УСО** обеспечивают опрос датчиков с релейным выходом, выключателей, контроля наличия напряжения в сети и т.д., а выходные дискретные УСО формируют сигналы для управления пускателями, двигателями и прочими устройствами. Дискретные УСО удовлетворяют тем же требованиям, что и аналоговые, но, кроме того, обладают минимальным временем переключения, а выходные могут обеспечивать коммутацию более высоких токов и напряжений. Среди модулей УСО существуют также устройства, работающие только с **цифровой** информацией. К ним относятся коммуникационные модули, предназначенные для сетевого взаимодействия (например, повторители для увеличения протяженности линии связи, преобразователи интерфейсов RS-232/RS-485). Соответственно, УСО могут быть входными, выходными или двунаправленными.

Таким образом, под обобщенным названием УСО фактически могут быть подразумеваться и модули ввода-вывода (как цифровые, дискретные, так и аналоговые), и преобразователи интерфейсов и цифровые коммуникационные устройства (например, HART-модем), и платы, встраиваемые в разъемы материнских плат персональных компьютеров и кросс-плат промышленных компьютеров, а все, что было написано для УСО справедливо и для устройств под этим обобщенным названием.

Кроме того, часто УСО выделяется весьма условно, поскольку в реальных системах модули УСО могут не присутствовать в виде самостоятельных устройств, а входить в состав датчиков (в этом случае датчики называют интеллектуальными и граница между первичным преобразователем и УСО проходит где-то внутри датчика) или промышленных компьютеров как это упоминалось выше (УСО могут быть выполнены в виде АЦП/ЦАП-плат, вставляемых в стандартные ISA или PCI слоты компьютера). Использование этих УСО снижает затраты на монтаж и кабельную продукцию.

Второй (диспетчерский) уровень состоит из рабочих станций – IBM PC совместимых компьютеров (архитектура IBM PC занимает ведущее место в области автоматизации) с человеко-машинным интерфейсом (ЧМИ, HMI – Human Machine Interface), которые обеспечивают диспетчеризацию технологического процесса и реализуют принцип безщитовой автоматики средствами **SCADA-систем** – *программных средств диспетчерского управления и сбора данных, реализующих все основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления, функционирующих в режиме реального времени.*

Диспетчер (оператор) осуществляет наблюдение за ходом технологического процесса или управление им с помощью мнемосхемы на экране монитора компьютера. Его вмешательство требуется только в случае критических событий, когда автоматика не может справиться, либо при необходимости подстройки (регулировки) параметров процесса. При этом действия оператора в данных ситуациях, как правило, жестко ограничены по времени. Помимо вышеназванных действий, оператор может удаленно изменять программы устройств управления функция SoftLogic (однако, как правило, конфигурированием программной составляющей занимается инженер-программист или инженер по АСУ). Для этого он может использовать любые из пяти языков стандарта IEC 61131-3, упомянутых выше (возможно использование и других языков – С, С++, но в этом случае потребуется квалификация программиста). Возможность программирования,

удаленной загрузки и исполнения программ реализуется благодаря наличию в составе SCADA инструментального и исполнительного комплексов.

Диспетчерский компьютер самостоятельно или с помощью специализированных серверов (в зависимости от сложности и скорости протекания процесса) выполняет также архивирование собранных данных, записывает действия оператора, анализирует сигналы системы технической диагностики, данные аварийной и технологической сигнализации, сигналы срабатывания устройств противоаварийных защит, а также выполняет часть алгоритмов управления технологическим процессом. Благодаря объединению диспетчерских компьютеров в сеть наблюдение за процессами может быть выполнено с любого компьютера сети, но управление, во избежание конфликтов, допускается только с одного компьютера или функции управления разделяются между несколькими компьютерами. Права операторов устанавливаются средствами ограничения доступа сетевого сервера.

Важной частью второго уровня являются также системы управления базами данных реального времени (СУБДРВ), являющиеся хранилищами оперативно поступающей технологической информации и информационной основой для расчета производных параметров на третьем уровне иерархии системы управления. Основным отличием БДРВ от реляционных БД являются возможность записи большого количества параметров (несколько сотен тысяч параметров в секунду против единиц тысяч параметров у реляционных БД, например, традиционные SQL сервера оптимизированы для записи 2000 параметров в секунду, а разработка компании Adastra SCADA Trace Mode – 640 тысяч параметров в секунду) и несколько модифицированный язык запросов SQL, оптимизированный для работы с автоматически присваиваемыми поступающим параметрам временными метками.

Стандартным механизмом взаимодействия программного обеспечения второго уровня АСУТП, в частности SCADA-систем, с контроллерами или устройствами ввода-вывода признан стандарт **OPC** (OLE for Process Control), который основан на объектной модели **COM/DCOM** фирмы Microsoft. **OPC-серверы** могут располагаться на нескольких компьютерах или контроллерах, и доступ к любому из них может осуществляться с любого компьютера сети. Стандарт OPC разрабатывался с целью сократить затраты на создание и сопровождение приложений промышленной автоматизации. В начале 90-х у разработчиков промышленного ПО возникла потребность в универсальном инструменте обмена данными с устройствами разных производителей или по разным протоколам обмена данными. Суть OPC проста – предоставить разработчикам промышленных программ универсальный фиксированный интерфейс (то есть набор функций) обмена данными с любыми устройствами. В то же время разработчики устройств предоставляют программу, реализующую этот интерфейс (набор функций). Пример архитектуры с применением OPC-серверов в системе показан на рис. 2.

Она является достаточно общей и широко используется как для лабораторной автоматизации, так и для автоматизации технологических процессов. Отдельные промышленные сети могут иметь различные протоколы и содержать оборудование разных производителей, а также различную физическую среду передачи данных – оптоволокно, медные провода, радиоканал (через радио- или GSM-модемы) и др. Обычно OPC-сервер работает только с одним или несколькими портами ввода-вывода компьютера, к каждому из которых подключена одна промышленная сеть, поэтому количество OPC-серверов в системе меньше или равно количеству промышленных сетей.

Благодаря наличию сети Ethernet в систему легко могут быть включены серверы баз данных, коммуникационные серверы, веб-серверы, принтеры, плоттеры, АТС, факсы, технологическое оборудование и другие устройства с Ethernet-интерфейсом.

Второй уровень можно считать вершиной АСУТП и долгое время этого было достаточно – системы управления предприятием и технологическими процессами развивались отдельно. Однако с течением времени стало ясно, что АСУП (системы

автоматизации управленческой и финансово-хозяйственной деятельностью, планирования ресурсов предприятия – именно так они называются полностью) нуждаются в получении объективных технологических данных от АСУТП. Слияние систем привело к появлению третьего уровня.

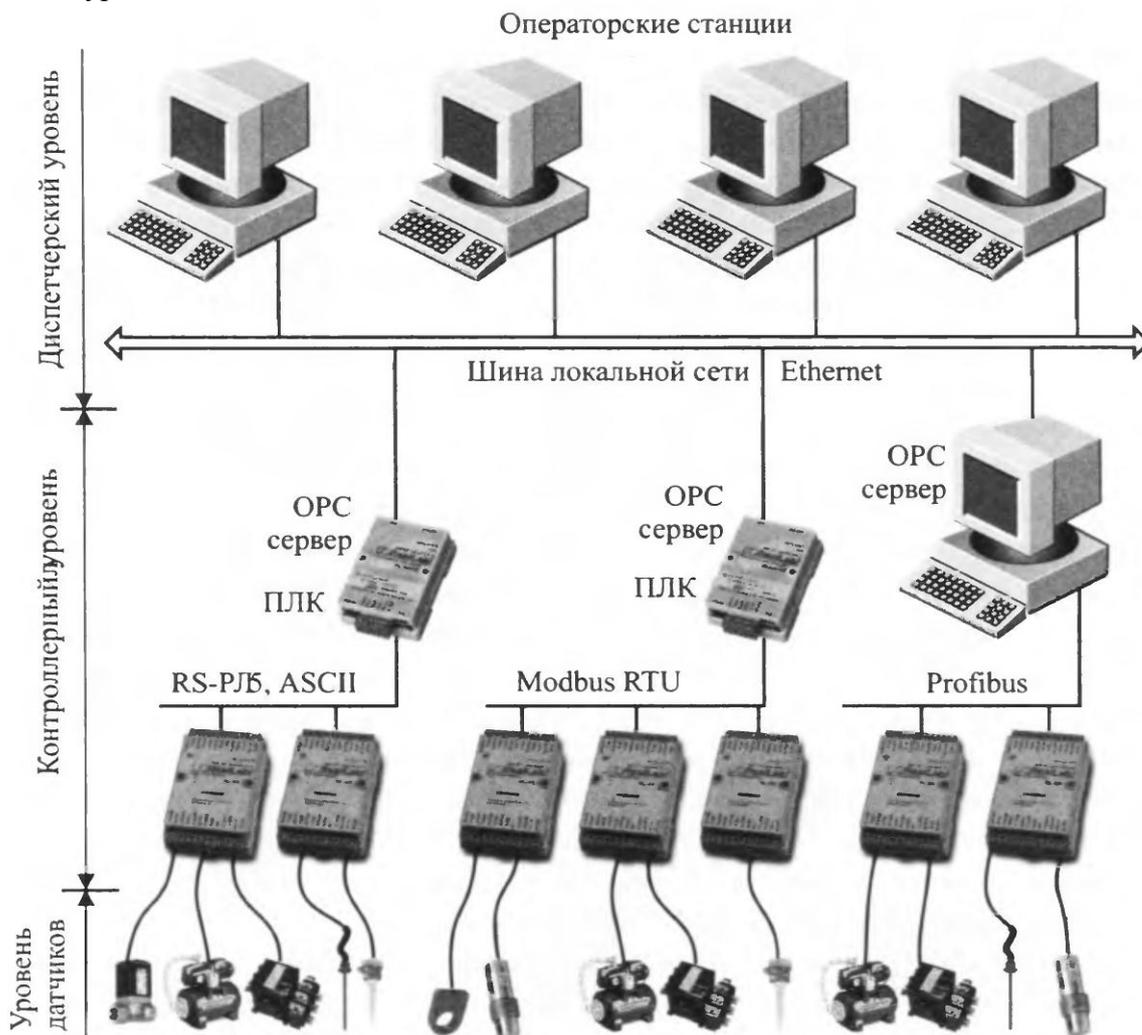


Рис. 2 – Трехуровневая распределенная КСА (АСУТП)

Таким образом, **третий уровень** (уровень управления цехом, предприятием) необходим как средство интеграции системы АСУТП с АСУП. **На уровне АСУП решаются следующие задачи:**

- ERP (Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия;
- MRP (Manufacturing Resource Planning) – планирование ресурсов технологических подразделений предприятия;
- MES (Manufacturing Execution Systems) – управление производственными ресурсами;
- HRM (Human Resource Management) – управление человеческими ресурсами;
- EAM (Enterprise Asset Management) – управление основными фондами, техническим обслуживанием и ремонтами.

Каждый класс задач решается своим программным обеспечением (тем не менее, являющимся частью комплексной системы автоматизации и тесно взаимодействующим с остальными), однако, возможно пересечение функций с другими программными пакетами. Выделение задач аналогично, как и классов программных продуктов весьма не просто в связи с возможным пересечением функций, а также с разницей в подходах управления отечественных и зарубежных интеграторов.

Чаще всего рассматривают отдельно MRP системы как средство планирования и управления производственными ресурсами (сырье, оборудование, материалы) отдельных технологических подразделений (цехов), в то время как MES – всеми ресурсами технологического подразделения (включая человеческие, финансовые, отслеживание качества, проведения ремонтов и т.д.). Если речь идет об управлении всеми ресурсами (не только производственными как в MRP) не на уровне цеха (MES), а всего предприятия, говорят о ERP системах. В России ERP часто называют КИС (корпоративными информационными системами) и рассматривают как верхний уровень управления, т.е. АСУП. Нюансы взаимодействия уровней АСУП и решаемые ими задачи рассматриваются в силу своей объемности в третьем разделе лекций.

На третьем уровне из баз данных реального времени, сформированных благодаря работе на втором уровне SCADA-систем, серверов архивирования и OPC-серверов, происходит выборка и обработка значений технологических параметров. Каждое подразделение предприятия извлекает и обрабатывает необходимые для него данные в соответствии с используемым программным обеспечением и уровнем доступа сотрудников. Например, информация о технологических параметрах и работе оборудования может быть нужна технологическим службам, службе контроля качества, ремонтным, плановым службам, службе материально-технического снабжения, бухгалтерии и т.д.

На основе данных, приобретенных на уровне SCADA, оценивается себестоимость продукции, анализируется использование каждой единицы оборудования, решаются такие задачи как оптимизация производства, сокращение издержек, управление ресурсами производства, распределение сырья и комплектующих между подразделениями предприятия, техническое обслуживание единиц оборудования в зависимости от выработки их ресурса, повышение качества продукции.

Благодаря наличию третьего уровня и интеграции АСУТП с АСУП становится возможным планировать поставки сырья и комплектующих с учетом изменяющейся рыночной ситуации, оценивать спрос на продукцию, составлять план технического обслуживания и замены оборудования, формировать на основе этих данных программу производства с целью получения максимальной прибыли.

Технически аппаратное обеспечение уровня представляет собой IBM PC совместимые компьютеры офисного исполнения (непосредственно рабочие места сотрудников), связанные по локальной сети стандарта Ethernet с высокопроизводительными серверами (или даже вычислительными кластерами), выполняющими обработку данных второго уровня и их последующее сохранение.

Особое место занимают сервера баз данных, причем если на диспетчерском уровне используются преимущественно **базы данных реального времени (БДРВ)**, то на уровне управления цехом применяются в основном **реляционные базы данных**. Это связано с тем, что задачей БДРВ является быстрое сохранение (до нескольких сотен тысяч значений в секунду) значений в реальном времени, а также работа с большими массивами данных (сотни терабайт), что требует применения особых механизмов синхронизации и репликации данных. Также традиционный язык структурированных запросов SQL, применяемый в реляционных базах данных, не подходит для обработки временных или периодических данных, типичных для производственных систем. В частности, чрезвычайно трудно указать в запросе периодичность выборки возвращаемых данных. Для преодоления этих ограничений и управления БДРВ используют связку: сервер управления реляционными базами данными (чаще Microsoft SQL Server) и сервер БД реального времени, например, IndustrialSQL Server (компания Wonderware) или Plant2SQL (Ci Technologies). При такой связке сохранение не критичной ко времени информации производится в Microsoft SQL Server, в то время как вся технологическая информация сохраняется в специальном формате БДРВ. Надстройки над SQL позволяют строить

запросы на базе временных отметок, а целостность данных реализуется работой сервера БДРВ.

Кроме баз данных и связанной с ними технологии OLE DB, огромную роль играют такие технологии как OLE и DDE (обмен данными между различными программными комплексами и внедрение связанных объектов), а также упомянутая выше OPC-технология. Предельно значимым на данном уровне является сетевое администрирование. Структуру вышеописанной системы иллюстрирует рисунок 3.

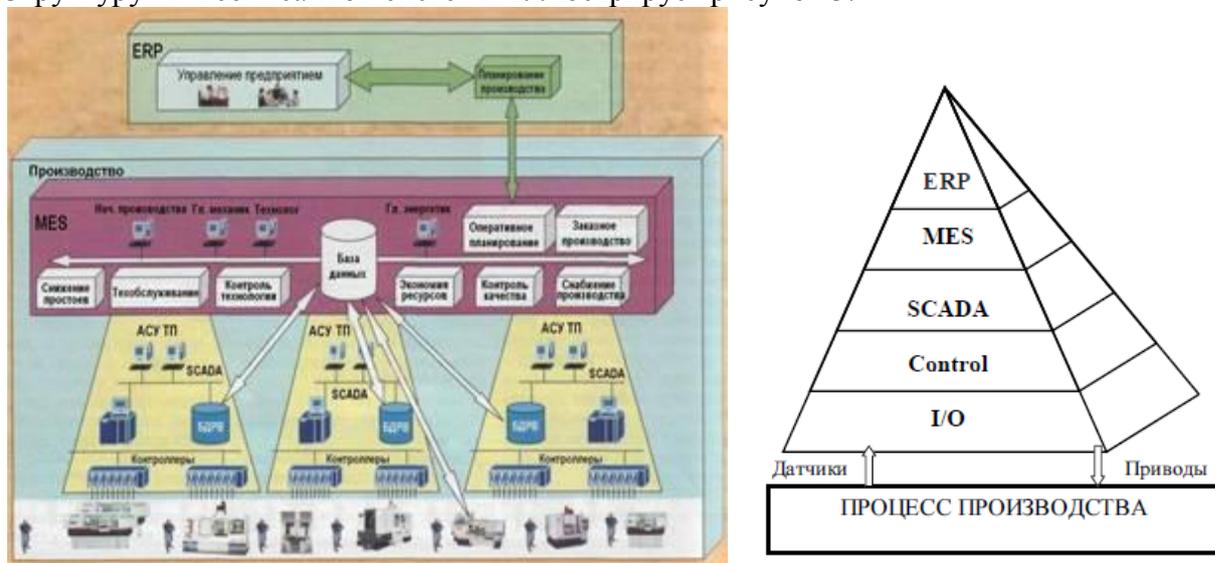


Рис. 3 – Структура многоуровневой распределенной АСУ

АСУП в зависимости от размеров корпорации может включать еще более высокий (четвертый) уровень – уровень управления группой предприятий (холдингов) – и обеспечивать интеграцию с высшим руководством, которое может быть расположено в различных странах и на разных континентах земного шара. Это возможно благодаря применению кроме вышеупомянутых, еще и web-технологий, в частности размещении в составе сети web-серверов. Web-сервера могут быть размещены как на отдельных аппаратных платформах (собственно выделенные web-сервера, также играющие роль шлюзов и мостов) и персональных компьютерах (программные web-сервера). Также существует упрощенная реализация web-сервера (micro-web-server, микро-вебсервер) с ограниченными функциями, которая может размещаться в контроллерах и интеллектуальных модулях ввода-вывода (контроллерах-регуляторах).

Применение web-технологий весьма привлекательно, поскольку имеет целый ряд достоинств:

- экономическая эффективность коммутации пакетов, а не каналов, что особенно актуально учитывая большую протяженность каналов связи;
- возможность использования для наблюдения и управления любого браузера – веб-клиента (необходимые для этого технологии поддерживаются в настоящий момент всеми браузерами) независимо от разработчика, аппаратной платформы и операционной системы (Windows, Linux, Unix, QNX, Windows CE);
- возможность наблюдения и управления из любой точки не только с помощью компьютера или ноутбука, но также и коммуникаторов и смартфонов;
- снижение стоимости функционирования АСУТП вследствие удаленного управления (отсутствует необходимость присутствия человека на труднодоступном объекте);
- снижение стоимости обслуживания благодаря удаленной диагностике, отладке и обновлению программного обеспечения через Интернет — уменьшаются затраты на командировки;

- возможность контроля состояния производственного или технологического процесса или управления им через мобильный телефон;
- возможность автоматического вызова аварийной службы в случае срабатывания датчиков газа, дыма, пламени, затопления и пр.;
- широкий выбор готовых (имеющихся в продаже) технических решений, аппаратных и программных продуктов для работы с Интернетом.

Этот же подход может использоваться и в **интранете** (интранет – это локальная сеть, которая содержит web-сервер и работает по тем же протоколам, что и Интернет).

Однако в ряде прикладных задач применять интернет-технологии следует с осторожностью. Это связано с необходимостью **промежуточной буферизации данных**, которая используется при коммутации пакетов. Буферизация вносит в процесс доставки сообщений задержку неопределенной величины, а при переполнении промежуточных буферов возможны потери данных. Интернет имеет также низкую надежность связи и плохую защищенность от несанкционированного доступа.

Таким образом, **неопределенность времени доставки сообщений и наличие задержки являются основными недостатками связи через Интернет**. Для решения этих проблем активно разрабатываются методы обеспечения качества обслуживания QoS (Quality of Service), а также предлагается посылать данные совместно с метками времени, что является частным решением для задач мониторинга, однако, не это не решает проблемы в задачах с реальным временем, например, когда Интернет-канал входит в контур обратной связи.

Существует достаточно много областей, где указанные ограничения не являются существенными. Кроме того, в правильно спроектированной распределенной системе управления интенсивность информационного обмена между ее компонентами спадает по мере удаления компонентов друг от друга, достигая минимума для случая удаленного обмена через Интернет. Обратные связи в такой системе являются только локальными, за исключением контура управления с диспетчером, где время доставки сообщений сравнимо со временем реакции человека.

Именно поэтому в настоящий момент веб-сервера и интернет-технологии используют главным образом для мониторинга процессов, например, публикация на веб-странице информации о параметрах технологического процесса, действиях оператора, а также сводных отчетов и графиков. Такая Интернет-система может быть полностью автономной, поскольку перечисленные данные могут быть взяты непосредственно из базы данных АСУТП без воздействия на сам технологический процесс. В сетях интранет, где вопрос времени доставки сообщений и конфиденциальности передаваемых данных проработан значительно лучше, используется также отображение мнемосхемы процесса.

Необходимо отметить, что для удаленного управления в АСУТП часто достаточно иметь на сервере всего одну несложную динамически формируемую веб-страницу. Для этой цели используют микро-веб-серверы (встраиваемые веб-серверы, Embedded Web Server), выполненные в виде микросхемы, которая располагается на печатной плате ПЛК или интеллектуального датчика, кондиционере, в офисном оборудовании и др. Каждый микро-веб сервер доступен по своему Интернет-адресу. В предыдущие годы проблемой технической реализации микро веб-серверов была необходимость большой вычислительной мощности для реализации протокола TCP/IP. В настоящее время появились дешевые однокристальные микроконтроллеры фирм Crystal Semiconductor, Winbond, Realtek, Seiko Instruments, младшие модели микроконтроллеров фирм Microchip (PIC12C509), Atmel (микроконтроллеры линейки Tiny AVR), Fairchild (ACE1101) со встроенной реализацией протокола TCP/IP. Это позволило применять веб-серверы даже внутри датчика. Технологию применения микро-веб-серверов называют «встроенным Интернетом» (Embedded Internet).

Безусловно, что отображению подлежит информация не только о технологических, но и бизнес-процессах: закупка сырья и материалов, производственные показатели,

отчеты о продажах. Вся эта информация ценна для высшего руководства, которое часто находится в командировках и может вообще не быть территориально привязанным к месту проведения процесса. Технология получения и отображения этих данных аналогична с единственным отличием – используемые данные уже прошли процесс глубокой предварительной обработки и являются производными от технологических параметров рассчитанные на основе различных критериев. Принципы управления и получения информации через Интернет рассматриваются в последующих лекциях.