

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИИ

Презентации к курсу лекций
© И.П.Мазур

Цель изучения дисциплины заключается в приобретении знания теоретических основ и практических навыков осуществления процессов обработки информации с помощью современных персональных компьютеров в металлургии и прокатном производстве.

Задачи изучаемой дисциплины состоят в овладении приемами использования общего и специального программного обеспечения персональных компьютеров для выполнения различных инженерных и экономических расчетов, анализа производственной деятельности металлургического предприятия, прогнозирования развития производства в направлении повышения производительности и снижения себестоимости продукции.

Принципиальное отличие курса от других дисциплин заключается в том, что их предметная область изменяется весьма и весьма динамично. При этом современные информационные технологии основаны на применении программных продуктов, как правило, обладающих широкими функциональными возможностями и развитым пользовательским интерфейсом. Это зачастую **порождает иллюзию необязательности серьезной подготовки** в области информационных систем.

Модуль 1.

Металлургические процессы и производства
как объект автоматизации и управления

Модуль 2.

Автоматизированные технологические
комплексы в металлургии

Литература для освоения курса

1. Шапкарина Г.Г. Информационные технологии в металлургии: Учеб. пособие. Ч. 1. – М.: МИСиС, 2004. – 79 с.
2. Спарин Н.А., Лавров В.В. Информационные системы в металлургии. - Екатеринбург: УГПИ – УПИ, 2004. – 495 с.
3. Дембовский В.В. Компьютерные технологии в металлургии и литейном производстве: Учебное пособие. Ч. 1. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 145 с.
4. Дембовский В.В. Компьютерные технологии в металлургии и литейном производстве: Учебное пособие. Ч. 2. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 155 с.
5. Колпаков С.С., Кузнецов С.Б., Потемкин В.К. Проблемы разработки инструментальных АСУ листопрокатным производством. – М.: Интермет Инжиниринг, 1997. – 272 с.
6. Золотова С.И. Практикум по ACCESS. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 144 с.
7. OpenOffice.org для профессионалов. Издание второе, исправленное и дополненное. Перевод с англ. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 448 с.
8. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие для вузов. - М.: Академия, 2003.
9. Компьютерные технологии в высшем образовании. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994.

Модуль 1.

Металлургические процессы и производства как объект автоматизации и управления

1.1. Информационные потоки в металлургии

Главная цель развития металлургического комплекса состоит в сохранении и расширении рынков металлопродукции на базе повышения конкурентоспособности продукции. Конкурентоспособность предприятий, при прочих равных условиях (**высокие технологии, богатое сырье, ресурсосбережение и экология**) определяется соответствием качества и объема **промышленной информации** рациональным технологическим требованиям.

Таким образом, что на металлургическом предприятии, как и в любой другой области экономической и социальной деятельности, занимающемся производством и распределением продукции, предоставлением услуг, создается и используется **информация**. Под **информацией** обычно понимают **сведения об объектах и явлениях окружающей среды, их параметрах, свойствах и состоянии**.

При наличии систем автоматики, современной электронной вычислительной техники или даже без них **информация существовала, существует и будет существовать**, она непрерывно циркулирует. Совокупность информационных потоков составляет **информационную систему**.

Информационная система предприятия простирается далеко за его пределы, поскольку она охватывает все данные, имеющие отношение к деятельности этого предприятия и представляющие для него интерес. Таким образом, **информационная система** оказывается связанной с информационной средой и вне данного предприятия.

Отечественный и зарубежный опыт убедительно доказывает, что развитие предприятий металлургического комплекса, решение проблемы качества и конкурентоспособности металлопродукции на мировом рынке требуют коренного **совершенствования систем сбора, хранения, обработки, передачи и использования информации**, используемых как для управления технологическими процессами, так и управления производством в целом. Первоочередной задачей для крупнейших предприятий металлургии является создание **информационных систем анализа сквозной технологии** от добычи руды до получения готовой продукции.

Металлургическое производство как объект управления характеризуется высокой сложностью и многосвязностью его технологических процессов и отдельных операций. Эта сложность обусловлена устройством современных металлургических агрегатов, работающих под воздействием высоких температур, механических нагрузок и агрессивных физико-химических процессов, которые протекают на всех переделах производства металлопродукции. Кроме того, для металлургического производства характерны крупномасштабные материальные потоки, компоненты вещества которых подвержены случайной изменчивости, что вносит частые и глубокие возмущения, нарушающие стабильность хода технологических процессов и оказывающие существенное влияние на качество конечной продукции.

Управление отдельными металлургическими процессами и всем производством базируется на разветвленной информационной сети, включающей каналы прямой и обратной связи между отдельными производственными звеньями и управляющим звеном.

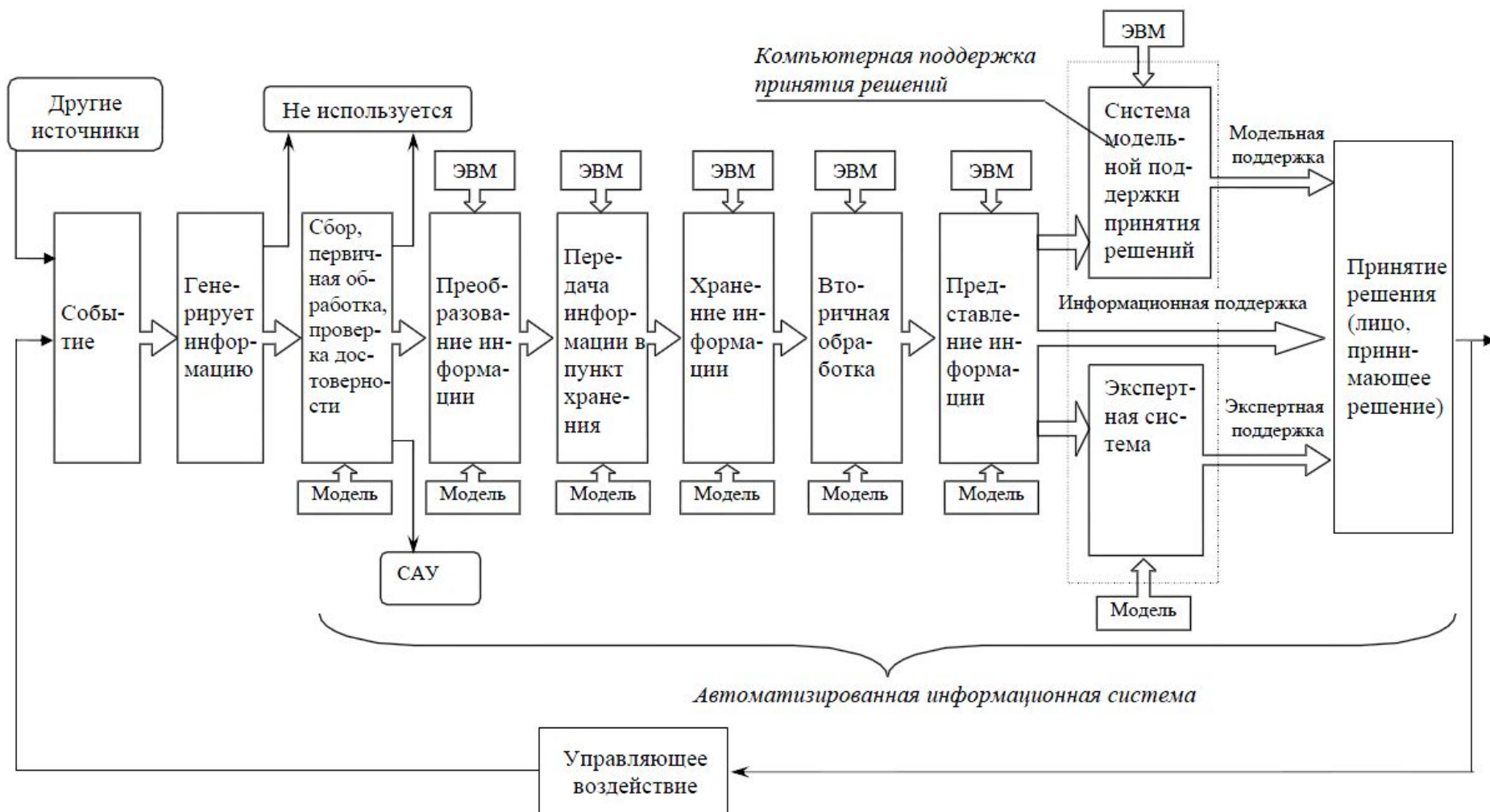
Принятие оптимальных решений управления требует оперативного представления объективной информации от **источника ее образования**. Последствия поведения или функционирования каждого источника информации порождают то, что принято называть **событием** в самом широком смысле этого слова.

События по-разному отражаются на функционировании предприятия:

- ❑ остаются без внимания,
- ❑ представляются на усмотрение профессионально компетентных лиц, которые располагают большой свободой действий для локального управляющего воздействия в соответствии с полученной информацией;
- ❑ используется в соответствии с установленными правилами, что в определенный момент времени вызывает **управляющее воздействие** на уровне основных ресурсов, участвующих в рассматриваемом процессе.

Подобно термину «**событие**», термин «**управляющее воздействие**» здесь понимается в самом широком смысле: он может означать поставку сырья, изъятие изделия из каталога выпускаемой продукции, составление отчета, перестановку оборудования, ремонт металлургического агрегата, управление технологическим режимом данного конкретного металлургического агрегата и т.п. Таким образом, в общем случае под **управлением** понимается **совокупность воздействий** на систему, **переводящих** ее в **требуемое целевое состояние**.

Управляющие воздействия влияют на ход событий и сами в соответствующие моменты времени проявляются через другие события, так что цикл замыкается.



Структура автоматизированной информационной системы

Автоматизированная информационная система осуществляет в общем случае следующие операции:

- 1) сбор, первичная обработка и оценка достоверности информации;
- 2) преобразование информации, т.е. возможное преобразование информации (перекодирование, перезапись), когда способ представления информации или ее носитель не совместимы с блоком ее использования;
- 3) передача информации в пункт хранения;
- 4) хранение информации;
- 5) возможная вторичная обработка, когда полученную информацию нельзя использовать непосредственно, т.е. когда она в том виде, в каком есть, не может вызвать требуемого управляющего воздействия;
- 6) передача информации и выдача информации пользователю (представление информации);
- 7) компьютерная поддержка принятия решений;
- 8) **использование информации лицом**, принимающим решение, для осуществления задач управления.

Следует отметить особую роль **моделей разного класса и вида** на всех этапах. Известный русский академик А.Н. Крылов в 1937 г. еще в период зарождения вычислительной техники и информатики предупреждал, «**что если в вычислительное устройство загрузить информационный мусор, то на выходе вычислителя получим также мусор**».

Дальнейший опыт показал, что только **использование адекватных моделей** разного класса (математических моделей технологических процессов, моделей знаний, моделей данных и т.п.) обеспечивает **успешность и эффективность функционирования информационных систем**.

1.2. Особенности информационного обеспечения управления ТП

Деятельность любого промышленного предприятия, в том числе и металлургического, можно условно разделить на две части:

- первая – это непосредственно производственный процесс,
- вторая – финансово-экономическая деятельность предприятия.

Требования к информационным системам по финансово-экономической деятельности не имеют особой специфики для различных областей, но производственная деятельность крупного металлургического производства, включающего множество технологических циклов и потребляющего разное сырье (как исходное, так и промежуточное), всегда ставит задачу контроля технологических цепочек на всех этапах. В металлургии сбои в технологическом цикле могут иметь как тяжелые финансовые последствия, так и приводить к крупным авариям.

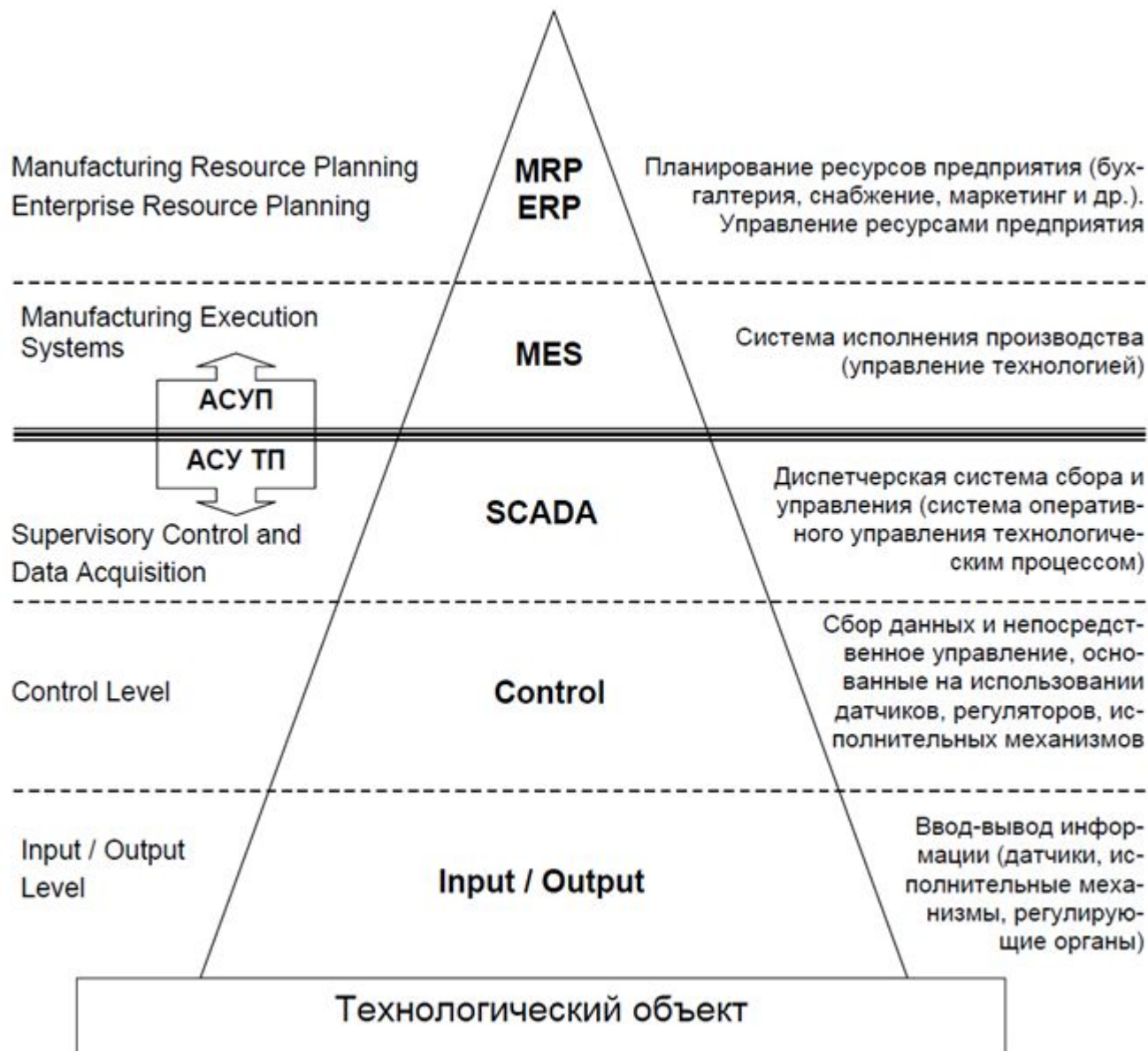
Соответственно контроль должен осуществляться в реальном времени и непрерывно, что выдвигает требования к производительности информационных систем, гарантии качества услуг и их надежности.

Любое предприятие металлургической отрасли нередко представляет собой конгломерат нескольких, в известной степени **независимых друг от друга, но связанных производств**. В зависимости от размеров предприятия и области металлургии, в которой оно специализируется, количество этих производств может варьироваться. Относительная автономность всех производств тем не менее подразумевает их слаженную работу и сопряженность технологических циклов. В связи с этим необходимо создание ряда **независимых друг от друга информационных систем** и обеспечение их **интеграционного взаимодействия друг с другом**.

Поэтому главная цель информационных систем в металлургии – эффективная и надежная информационная структура анализа сквозной технологии, пригодной для промышленного использования. Под сквозной технологией в черной металлургии для предприятий с полным металлургическим циклом обычно понимают комплекс технологических операций в системе:

подготовка руды → доменный передел → сталь → металлопрокат.

В мировой практике принято рассматривать комплексные системы автоматизации предприятий в виде 5-уровневой пирамиды. Исторически процесс информатизации проникал с двух сторон – «сверху» и «снизу».



Уровни автоматизированной информационной системы

Презентации к курсу лекций по ИТвМ. Модуль

1.

© И.П.Мазур

Самый нижний (**первый**) **уровень** представляет собой набор датчиков, исполнительных механизмов и других устройств, предназначенных для сбора первичной информации и реализации управляющих воздействий. Этот уровень называется **I/O (Input/Output, ввод/вывод)**.

Следующий, **второй уровень** предназначен для **непосредственного управления производственным процессом с помощью различных устройств связи с объектом (УСО), программируемых логических контроллеров (ПЛК, PLC – Programmable Logic Controller) или (и) промышленных (индустриальных) компьютеров (РС, ПК)**. Это уровень (**Control Level – простое управление**), на котором замыкаются самые «короткие» контуры управления производством.

Третий уровень называется **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition – буквально сбор данных и диспетчерское управление)**. На уровне (**SCADA Level**) осуществляется диспетчеризация систем сбора данных и оперативное управление технологическим процессом, принимаются тактические решения, прежде всего направленные на достижение стабильности процесса.

Самый верхний, **пятый уровень** создаются информационные структуры, отвечающие за работу предприятий в целом. Это автоматизация бухгалтерского учета, управления финансами и материально-техническим снабжением, организацией документооборота, анализом и прогнозированием и др. Этот уровень называется **планирование ресурсов производства, т. е. материальных ресурсов (MRP, Manufacturing Resource Planning), или управление всеми ресурсами предприятия (ERP, Enterprise Resource Planning)**.

Очевидно, что первичная информация с третьего уровня должна «добираться» до пятого, верхнего уровня, уровня принятия стратегических решений. Очевидно также, что поток сырых данных, без надлежащей обработки, послужит скорее «информационным шумом» для менеджеров и экономистов. Необходимым связующим звеном выступает новый класс средств управления производством – **MES (Manufacturing Execution Systems – или системы исполнения производства)**. Этот уровень выполняет упорядоченную обработку информации о ходе производства продукции в различных цехах, обеспечивает управление качеством, а также является источником необходимой информации в реальном времени для самого верхнего уровня управления.

Автоматизированная система управления (АСУ) – это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления в различных сферах человеческой деятельности. Обычно среди АСУ выделяют **автоматизированные системы управления производством (АСУП)** и **автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)**.

АСУП предназначена для основных задач **управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия** в целом и (или) его самостоятельных частей на основе применения экономико-математических методов и средств вычислительной техники.

АСУ ТП предназначены для **выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления** в соответствии с принятым критерием управления.

В зарубежной практике типовая архитектура АСУ ТП, как правило, включает в себя 3 нижних уровня (рис. 2), в то время как в России, чаще всего, первые четыре уровня относятся к АСУ ТП, а пятый уровень – к АСУП.

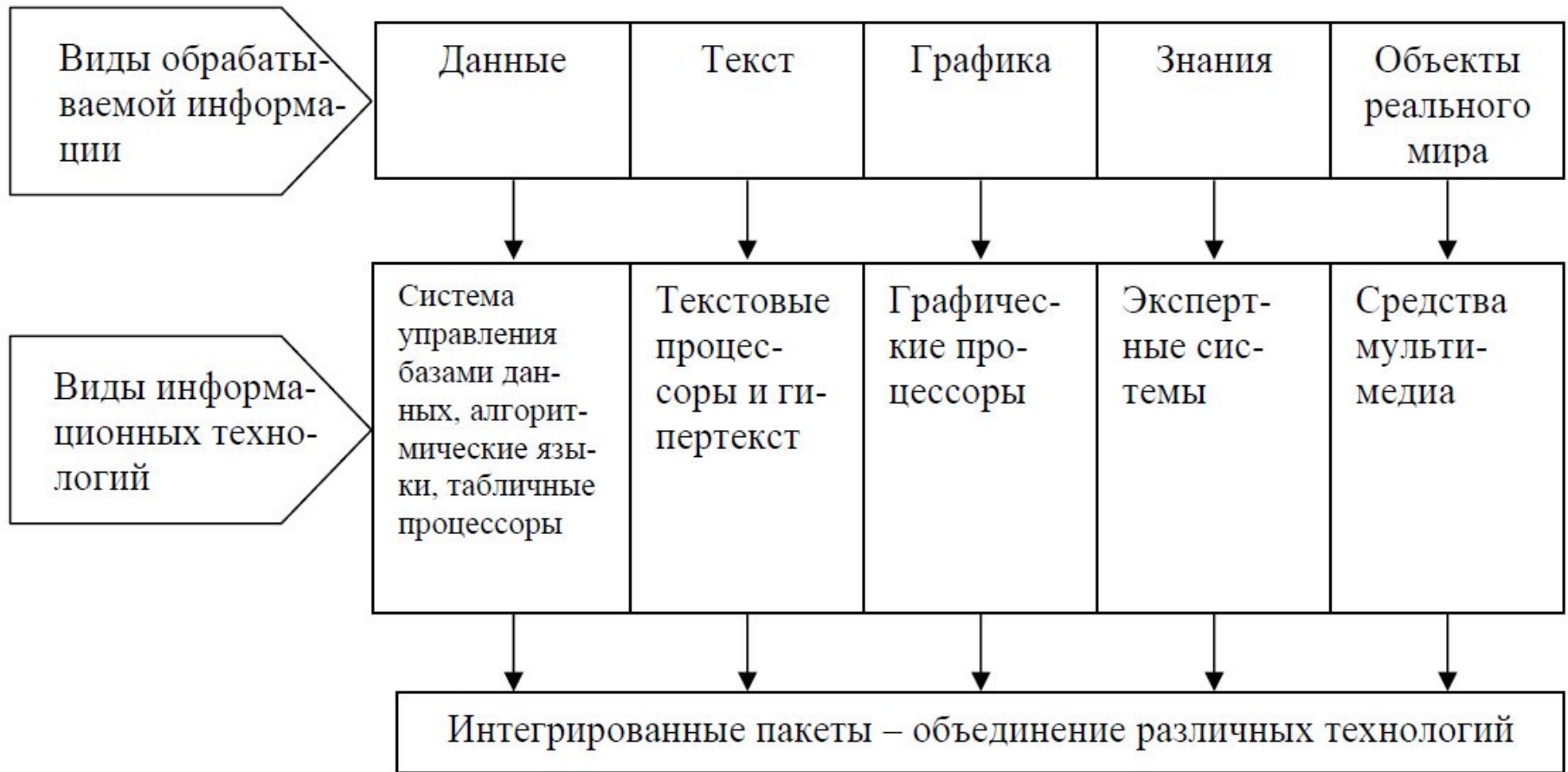
1.3. Методы автоматизированного сбора, передачи, обработки и накопления информации

Информационная система по своему составу напоминает предприятие по переработке данных и производству информации. Как и в любом производственном процессе, в информационной системе присутствует технология преобразования данных в другую информацию

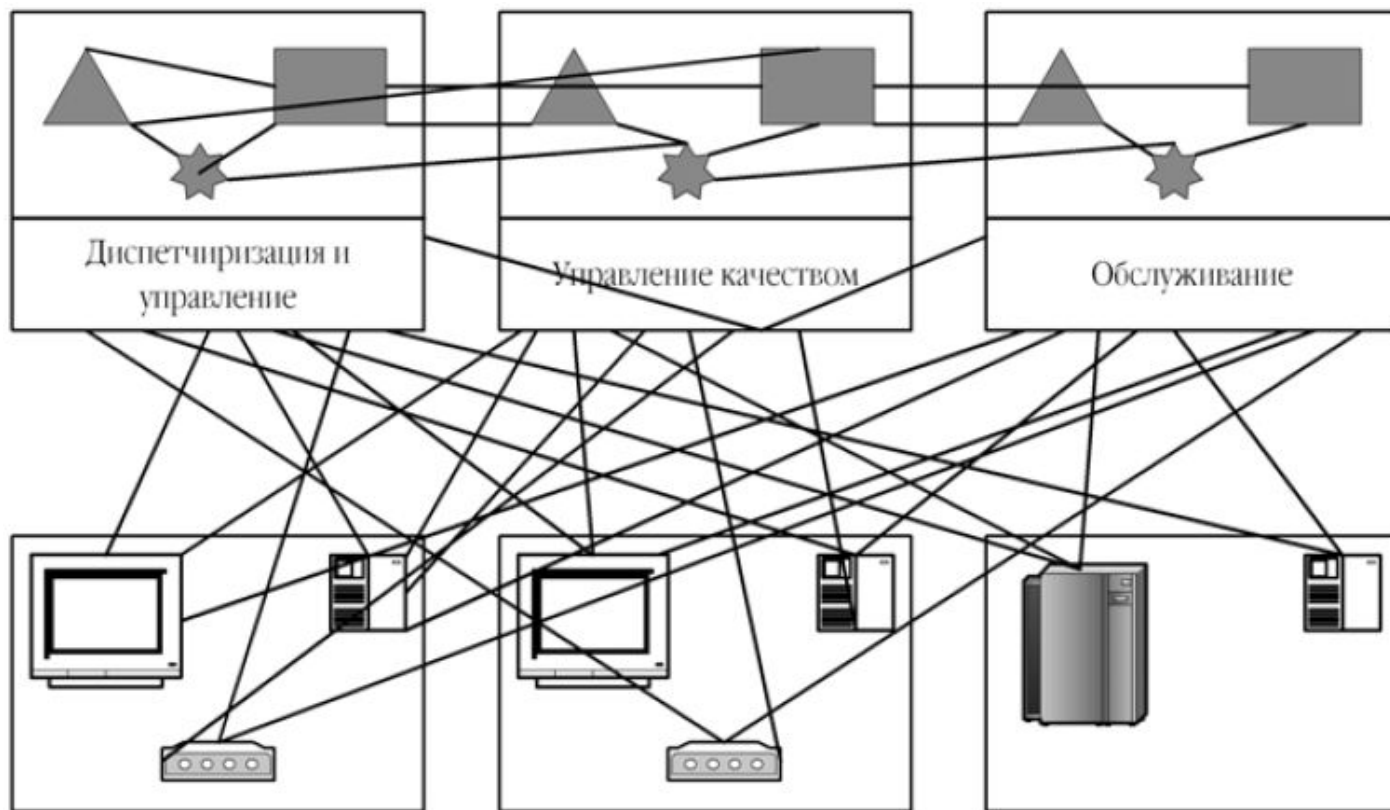


Информационная технология как аналог технологии переработки материальных ресурсов

Методы и способы, используемые для сбора, накопления, хранения, поиска, обработки и передачи информации, зависят от **типа обрабатываемой информации**, и их можно условно использовать для классификации информационных технологий.



Классификация информационных технологий



Традиционный подход построения АСУ ТП обладает недостатками:

- ❑ множество интерфейсов, сложность и запутанность связей между объектами;
- ❑ несовместимость форматов данных и структуры сообщений;
- ❑ как результат – сложность внесения изменений, что может вызвать переработку большого объема программ.



Современный структурированный (системный) подход обладает следующими особенностями:

- ☐ нормализацией данных;
- ☐ стандартными формами сообщений;
- ☐ гибкими средствами интеграции приложений, включая АСУП.

Модульный систематизированный подход к построению АСУ ТП обеспечивает возможность эффективной модернизации системы, облегчает внесение в нее изменений, что в совокупности гарантирует защиту ранее вложенных инвестиций и уменьшает стоимость информационной системы в целом.

Архитектура современных информационных систем (систем компьютерной автоматизации) технологических процессов представляет собой многоуровневую систему и строится на основе открытых технологий с использованием стандартных модулей, объединенных в сеть помехозащищенным интерфейсом.

На самом нижнем уровне на вход управляющего вычислительного комплекса от датчиков (термопар, индуктивных датчиков, счетчиков продукции и др.) поступает измерительная информация о текущих значениях параметров, характеризующих ход технологического процесса (состояние и параметры заготовок, качество обработанных деталей, их количество и др.). Компьютер обрабатывает эту информацию в соответствии с принятым законом управления (алгоритмом управления), определяет управляющие воздействия, которые необходимо приложить к исполнительным механизмам для изменения управляемых параметров, с тем, чтобы управляемый процесс протекал оптимальным образом.



Структурная схема информационной системы УП

Архитектура этих систем строится на принципах:

- ☐ стандартности;
- ☐ модульности;
- ☐ распределенности;
- ☐ открытости;
- ☐ обеспечения требуемыми метрологическими характеристиками измерительных каналов во всем диапазоне внешних воздействий окружающей среды;
- ☐ способности работать в широком диапазоне температур, вибраций, электромагнитных электрических и сетевых помех;
- ☐ обеспечения высокой надежности (время наработки на отказ более 100000 часов);
- ☐ наличия набора измерительных средств, сопрягаемых с обширным парком датчиков и исполнительных механизмов.

Выбор конкретной структурной схемы информационной системы зависит от множества факторов, в частности от сложности системы, количества датчиков и исполнительных механизмов, скорости обновления информации, требований к надежности, резервированию, противоаварийной защите и т.д. Так, системы, имеющие менее 600–1000 входов-выходов, можно считать малыми, от 600 до 3000 – средними, более 2000–3000 – большими.

1.4. Технические средства сбора и обработки информации

Первичные преобразователи вырабатывают сигналы в виде напряжения, силы тока, сопротивления, смещения, угла поворота и т.п. в форме непрерывного (аналогового) сигнала. Подводимые к исполнительным механизмам **управляющие воздействия** должны вырабатываться в форме напряжений, т.е. также в аналоговой или дискретной форме.

Так как процессор компьютера оперирует с **цифровыми величинами**, то поступающие на его вход величины должны предварительно быть **преобразованы в цифровую форму**, а вырабатываемые управляющим вычислительным комплексом **величины управляющих воздействий** – из цифровой формы **в аналоговую или дискретную**, т.е. в соответствующие напряжения. Некоторые входные параметры (например, выдаваемые конечными выключателями, фотореле и др.) и некоторые выходные управляющие сигналы (например, включение двигателей) имеют релейный характер.

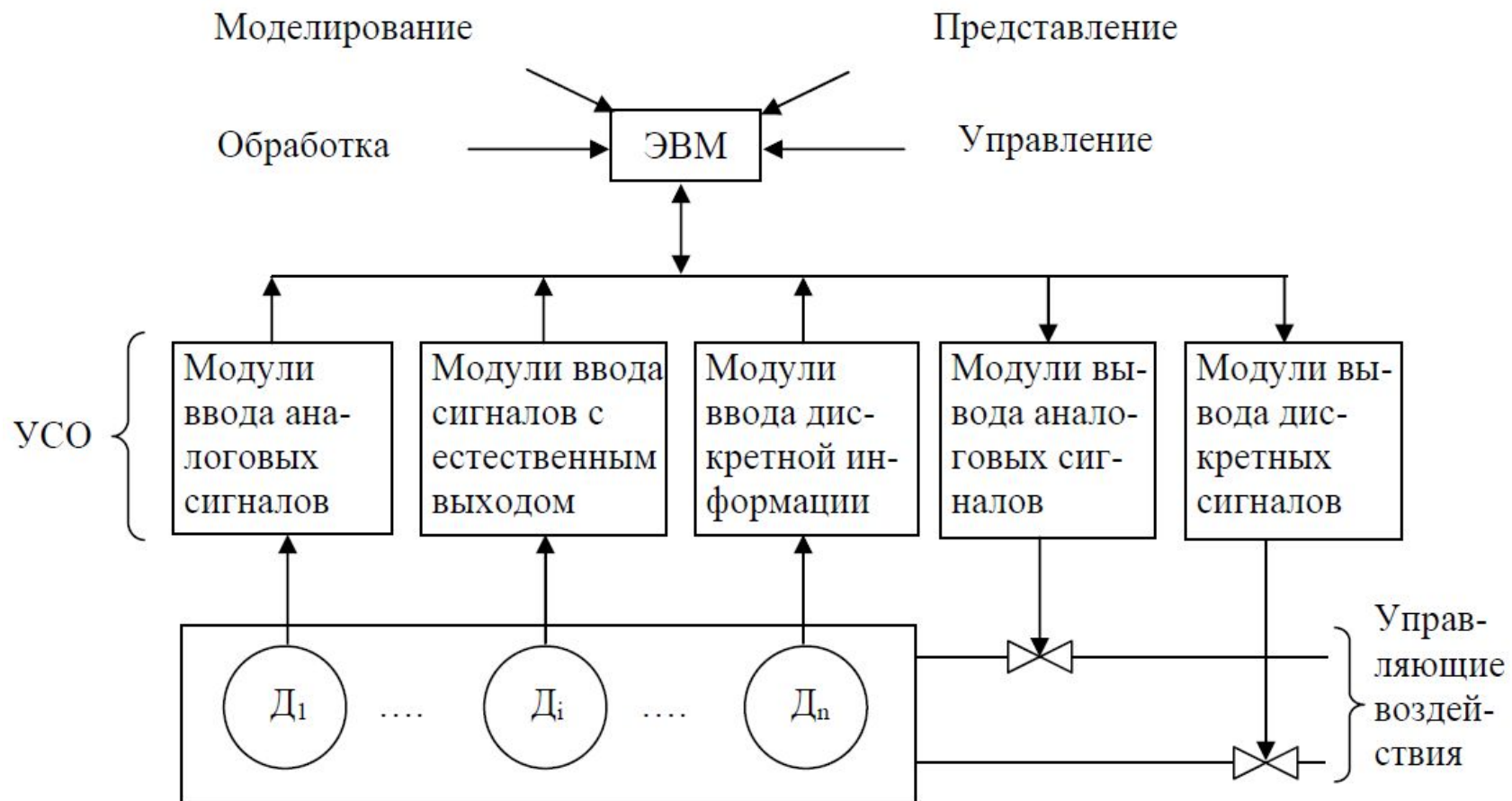
Неотъемлемой частью автоматизированной системы управления технологическими процессами являются **устройства связи с объектом (УСО)**, назначение которых заключается в сопряжении датчиковой аппаратуры и исполнительных механизмов контролируемого объекта и/или технологического процесса с вычислительными средствами системы. УСО представляет собой комплекс в виде специализированных функциональных блоков, осуществляющий необходимый информационный обмен между технологическим объектом и управляющей информационной системой.

На УСО возлагаются следующие функции:

- **Нормализация аналогового сигнала** – приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входного сигнала аналого-цифрового преобразователя измерительного канала. Наиболее распространены следующие диапазоны: 0–20 мА, 4–20 мА, от 0 до 5 В; от –5 до 5В; от 0 до 10 В, а также сигналы датчиков с естественными выходными сигналами (термопары, термометры сопротивления, тензометрические датчики и т.п.).

- ❑ **Предварительная низкочастотная фильтрация аналогового сигнала** – ограничение частот первичного сигнала с целью снижения влияния на результаты измеренных помех различного происхождения. На промышленных объектах наиболее распространены помехи с частотой сети переменного тока, а также хаотические импульсные помехи, вызванные влиянием на технические средства измерительного канала переходных процессов и наводок при коммутации исполнительных механизмов повышенной мощности.
- ❑ **Обеспечение гальванической развязки** между источником аналогового или дискретного сигнала и измерительными каналами системы. В равной степени это относится к изоляции между каналами дискретного вывода системы и управляемым силовым оборудованием. Помимо собственно защиты выходных и входных цепей, гальваническая изоляция позволяет снизить влияние на систему помех по цепям заземления за счет полного разделения вычислительной системы и контролируемого оборудования.

Помимо перечисленных функций, ряд УСО может выполнять более сложные задачи за счет наличия в их составе подсистемы аналого-цифрового преобразования и дискретного ввода-вывода, микропроцессора и средств организации одного из интерфейсов последовательной передачи данных.



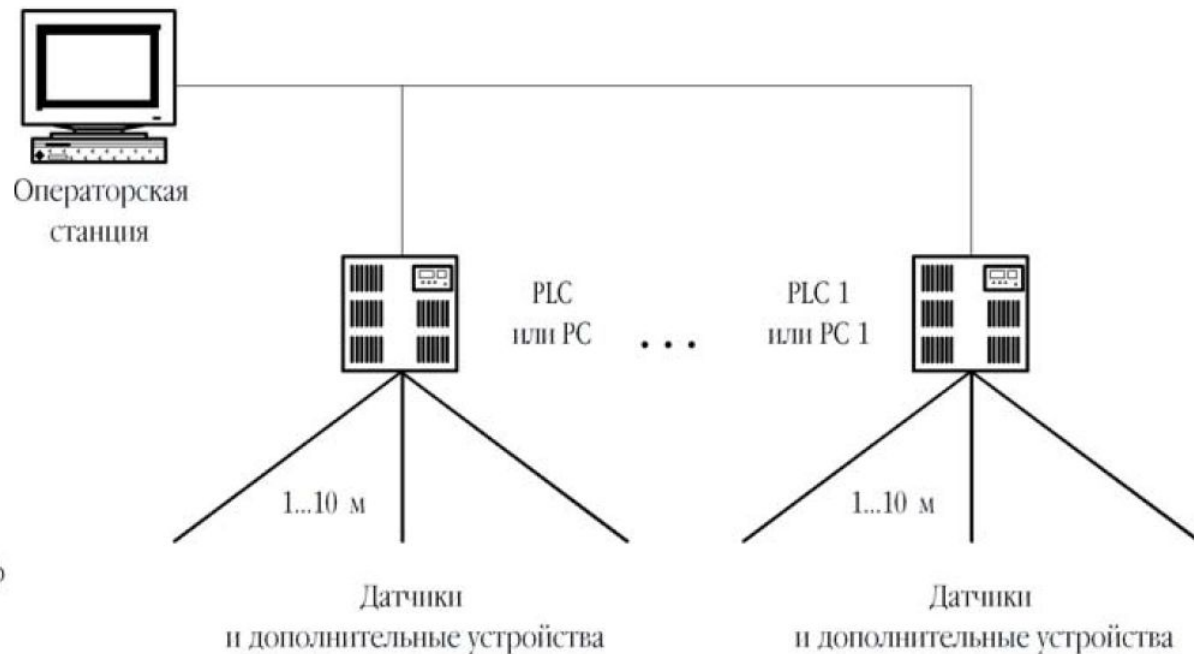
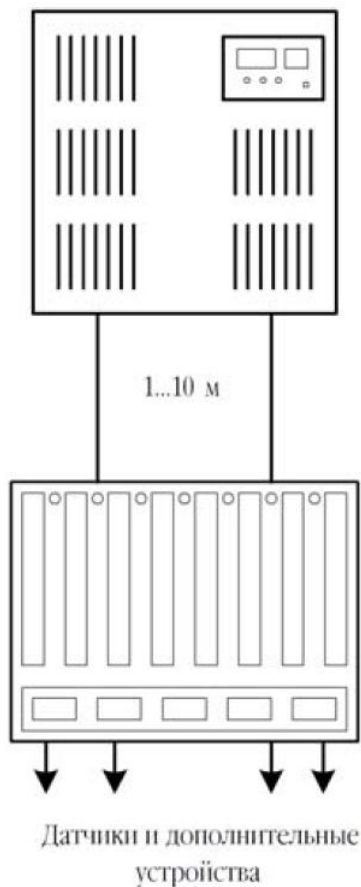
Структурная схема связи компьютера с объектом управления

Помимо перечисленных функций, ряд УСО может выполнять более сложные задачи за счет наличия в их составе подсистемы аналого-цифрового преобразования и дискретного ввода-вывода, микропроцессора и средств организации одного из интерфейсов последовательной передачи данных.

Распределенность физических параметров и широкий диапазон их видов и размерностей на металлургических объектах требуют многовариантного подхода к организации измерительных схем. Так, в одном случае превращение многоканальной информации в одноканальную, для ее обработки, осуществляется с помощью многоканального аналогового коммутатора, подключаемого на вход одного аналого-цифрового преобразователя, а в другом случае на каждый канал включается индивидуальный аналого-цифровой преобразователь. Преобразование многоканальной информации в одноканальную осуществляется с помощью цифрового мультиплексора. На этот мультиплексор данные поступают либо от аналого-цифрового преобразователя, либо от микропроцессорного измерительного блока. Ядром же многопроцессорной измерительной системы является **аналого-цифровой преобразователь, входящий в состав любой современной измерительной процедуры.**

С развитием цифровой технологии пользователи постепенно переходят от **централизованных систем управления** к **распределенным системам управления**. В результате централизованные архитектуры начинают сдавать свои позиции на рынке, в то время как открытые распределенные системы начинают его завоевывать.

Сегодня в большинстве случаев становится более экономически целесообразной установка в цехе или на участке нескольких локальных контроллеров или УСО, объединенных в единую сеть, чем прокладка разветвленных кабельных систем. Системы с **централизованным управлением** обычно требуют, чтобы каждый датчик или группа датчиков подключались к центральному компьютеру отдельным и довольно дорогим высококачественным кабелем. В противоположность этому в **распределенной системе** рядом с каждой группой датчиков располагается один интеллектуальный узел, преобразующий сигналы датчиков в цифровую последовательность и передающий их в этом виде в систему управления. При этом прокладка кабелей и развертывание систем обходится значительно дешевле. Благодаря таким преимуществам, как экономичность решений, надежность и безопасность, в настоящее время осуществляется «цифровая революция», т.е. переход от аналоговой технологии к цифровой.



Структурные схемы централизованной (левая) и распределенной (правая) информационных систем

Таким образом, современная идеология построения сложных автоматизированных систем управления технологическими процессами уверенно развивается в направлении применения **распределенных принципов** построения систем в противоположность централизованным. Объясняется это различными причинами, наиболее важными из которых являются:

- **значительное сокращение общих затрат** на кабельную сеть, включающих как стоимость самих подключаемых кабелей, так и стоимость монтажных работ;
- **удешевление вычислительной техники**, позволившее применять автономные вычислители в каждом из узлов АСУ ТП в непосредственной близости от исполнительных устройств и датчиков.

Появление распределенных АСУ ТП привело к необходимости разработки специальных сетевых решений, ориентированных на эксплуатацию в промышленных условиях (Fieldbus – промышленная сеть). Основными требованиями к ним являются: **высокая помехозащищенность, достаточная скорость передачи и низкая степень стоимости соединительного кабеля**. При построении промышленных сетей, объединяющих PLC и компьютеры PC автоматизированных рабочих мест оператора, предложено множество различных решений.

Основными «игроками» в области промышленных сетей сегодня являются: Profibus, CAN, Interbus, Industrial Ethernet и др. Однако, никакой производитель не может поставлять всю номенклатуру изделий, требующихся в современных информационных системах.

Таким образом, от специалистов требуется умение применять для построения информационных систем высокотехнологичные изделия различных компаний, и, естественно, эти изделия должны быть совместимыми. Для гарантии совместимости различных производителей необходимы открытые стандарты аппаратных и программных средств.

Системы, являющиеся уникальными (их делает и поддерживает только один производитель), работающие по уникальным протоколам связи, получили название «**Закрытые системы**» (closed systems). Большинство таких систем формировались во времена, когда проблема интеграции изделий других производителей не была актуальной.

«**Открытые системы**» (open systems) приводят специфические требования в соответствие интересам всех. Только при использовании принципов открытых систем интеграция изделий разных производителей в одну сеть может быть решена без особых проблем.

Открытость означает:

- ☐ отсутствие **патентов** или **авторских прав** на спецификацию стандарта и его расширений;
- ☐ отсутствие **лицензионной платы** за использование стандарта;
- ☐ широкий **доступ** к спецификациям стандарта и его расширениям;
- ☐ получение спецификаций в результате **открытого обсуждения** и **конкурса** между экспертами крупнейших промышленных ведущих мировых фирм-производителей и пользователей;
- ☐ принадлежность **прав собственности** некоммерческим профессиональным национальным и международным организациям.

Таким образом, **архитектура современных информационных систем** технологических процессов **должна удовлетворять требованиям:**

- ☐ открытости;
- ☐ стандартности;
- ☐ модульности;
- ☐ распределенности.

1.5. Общие принципы построения АСУ ТП

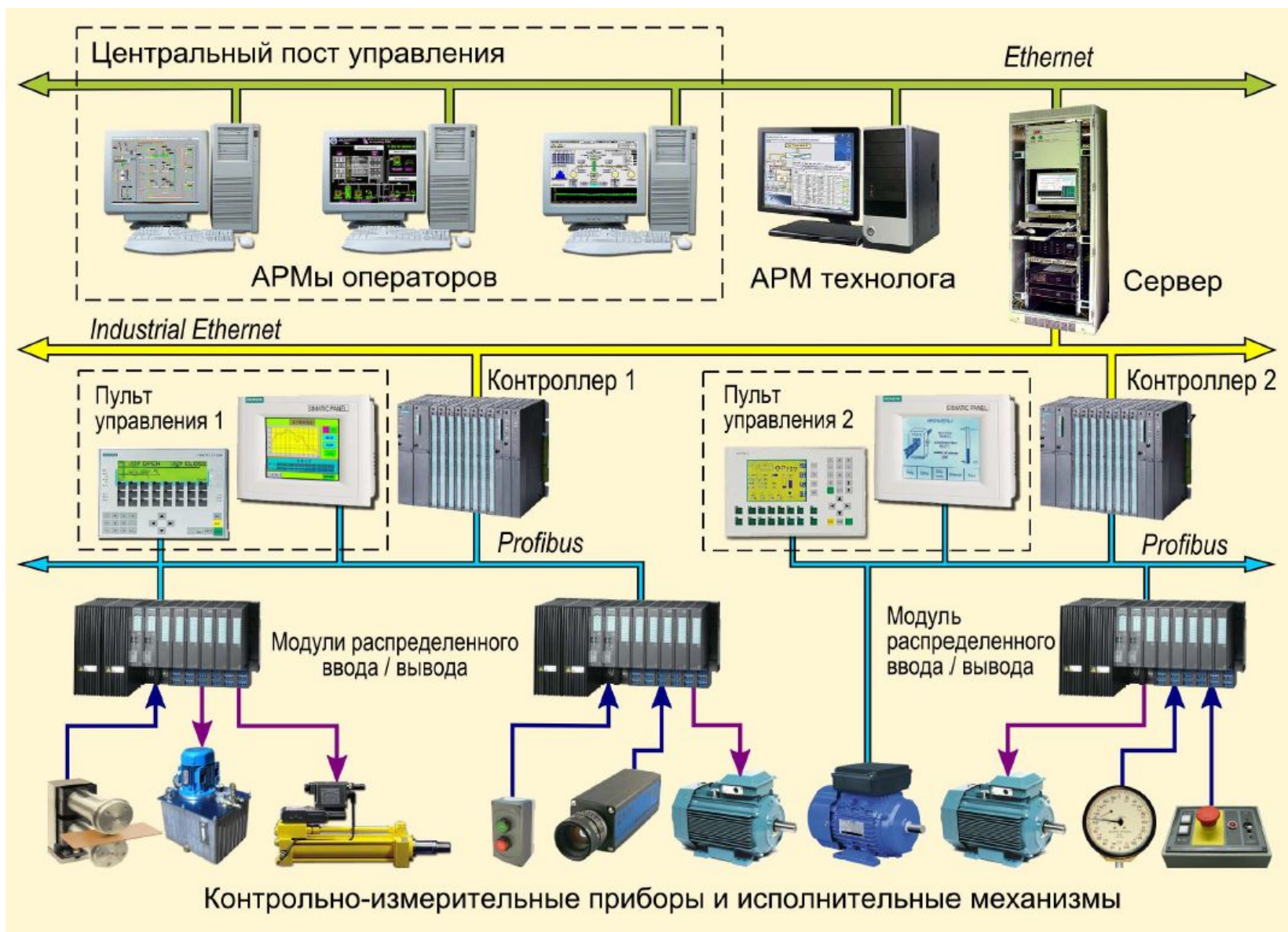
Архитектура современных АСУ ТП представляет собой многоуровневую систему и строится на основе открытых технологий с использованием стандартных модулей, объединенных в сеть помехозащищенным интерфейсом. Архитектура таких систем должна строиться на **принципах**:

- ☐ стандартности;
- ☐ модульности;
- ☐ распределенности;
- ☐ открытости;
- ☐ обеспечения требуемыми метрологическими характеристиками измерительных каналов во всем диапазоне внешних воздействий окружающей среды;
- ☐ способности работать в широком диапазоне температур, вибраций, электромагнитных электрических и сетевых помех;
- ☐ обеспечения высокой надежности (наработки на отказ более 100000 часов);
- ☐ наличия набора измерительных средств, сопрягаемых с обширным парком датчиков и исполнительных механизмов.

Выбор конкретной структурной схемы информационной системы зависит от множества факторов, в частности от **сложности системы, количества датчиков и исполнительных механизмов, скорости обновления информации, требований к надежности, резервированию, противоаварийной защите** и т.д. В связи с этим дать какой-либо единый рецепт по созданию структурной схемы информационной системы не представляется возможным. В то же время можно представить обобщенную структурную схему современной информационной системы технологических процессов.

Обобщенная схема информационной системы это **трехуровневая, иерархическая система управления**. Для каждого из уровней предполагает индивидуальный подход к разработке программного обеспечения, зависящий от решаемых задач.

Важно, что при выборе базовых программно-технических компонентов необходимо обеспечить, с одной стороны, **простоту реализации** отдельных составных частей и комплекса системы в целом, а с другой – **технологичность сопровождения, модернизации и развития** комплекса в процессе эксплуатации.



Обобщенная схема АСУ ТП фирмы Siemens AG (Германия)

Нижний уровень

Основным функциональным назначением этого уровня является ввод электрических сигналов от датчиков, их первичная обработка, программная реализация законов автоматического регулирования, вывод сигналов управления исполнительными механизмами и информационное взаимодействие со средним (промежуточным) уровнем.

Для реализации этих задач в промышленных системах существуют два конкурирующих направления в технике: **индустриальные (промышленные) компьютеры PC** и **программируемые логические контроллеры PLC**.

Индустриальные (промышленные) компьютеры (PC), как правило, программно-совместимы с обычными офисными PC, но адаптированы для условий промышленной эксплуатации, т.е. они должны работать круглосуточно, подвергаясь воздействию окружающей среды (влаги, пыли, вибрации и др.). В качестве устройств сопряжения с объектом управления данные системы комплектуются дополнительными платами (адаптерами) расширения. В качестве операционной системы в промышленных PC, чаще всего, применяется различные версии MS Windows.

В роли управляющих традиционные универсальные РС малопригодны по следующим причинам:

- ❑ недостаточным спектром периферийного оборудования и устройств;
- ❑ время решения задач в системах управления должно быть строго ограничено, реальным временем, что в настоящее время сложно реализуемо для многих задач на РС;
- ❑ работа в необслуживаемом круглосуточном режиме РС невозможна;
- ❑ как правило, РС не обладают возможностью обеспечить их высокую технологичность ремонта и обслуживания, что необходимо в АСУ ТП;
- ❑ гибкость и необходимость модернизации в процессе эксплуатации, наращивание каналов ввода/вывода, без потерь быстродействия на РС проблематичны;
- ❑ в универсальных РС большое количество ресурсов тратится на пользовательский интерфейс, чего в системах АСУ ТП не требуется;
- ❑ в управляющих ЭВМ необходимо специализированное программное обеспечение (ОС и прикладные программы), т.к. необходимо обеспечение заданной реакции на воздействия в реальном времени;
- ❑ сменяемость универсальных РС быстрая, а управляющие электронно-вычислительные машины мало меняются, преемственность достигается тем, что в состав магистральных шин закладывается заведомая избыточность.

Промышленные контроллеры (PLC – Programmable Logic Controller)

представляют собой специализированные вычислительные устройства, предназначенные для управления процессом (объектом) в реальном масштабе времени.

Промышленные контроллеры имеют вычислительное ядро и модули ввода-вывода, принимающие информацию (сигналы) с датчиков, переключателей, преобразователей, других устройств и контроллеров и осуществляющие управление процессом или объектом выдачей управляющих сигналов на приводы, клапаны, переключатели и другие исполнительные устройства. **Современные PLC часто объединяются в сеть**, а программные средства, разрабатываемые для них, позволяют в удобной для оператора форме программировать и управлять ими через Host-компьютер, находящийся на более высоком уровне.

Основная тенденция в создании современных АИС заключается в следующем, где требуется повышенная надежность и управление в реальном масштабе времени, применяют PLC, которые по сравнению с РС общего назначения более устойчивы к зависаниям, обладают детерминированностью поведения, детерминированными реакциями на события реального времени и не подвержены атакам программ-вирусов.

Наиболее развитой архитектурой, программным обеспечением и функциональными возможностями **обладают контроллеры** Siemens, Allen-Bradley, Fanuc Automation, Mitsubishi, SMART, IUC 9300, VME-9300, Omron, МИК, ТЕКОН и др. **Этим перечислением список PLC не ограничен!**

К аппаратно-программным средствам этого уровня обычно предъявляются жесткие требования по надежности, времени реакции на исполнительные устройства, датчики и т.д. Для обеспечения надежности работы аппаратуры этого уровня обычно применяются специальные технологические решения. В частности, в ней должны отсутствовать механические элементы – вращающиеся диски, вентиляторы и т.п., ухудшающие надежность работы аппаратуры.

Выбор операционной системы (ОС) этого уровня зависит от жесткости требований реального времени. Так, для достаточно большого спектра задач используются ОС OS-9, QNX, VxWorks и другие, а также расширение реального времени для Windows NT – RTX (Real Time Extention).

Прикладное ПО для PLC, имеющих встроенную ОС, разрабатывается как с использованием традиционных инструментальных средств (языков С, С++, Паскаль, Фортран и т.д.), так и на основе специализированных языков.

Потребность в специальных языках программирования, не зависящих от платформ использования, возникла давно. Это послужило причиной объединения усилий ведущих производителей контроллеров по разработке стандарта, специфицирующего синтаксис и мнемонику языков программирования, и которые могут применяться для любого логического контроллера. Стандартом МЭК 61131-3 определяется пять языков: три графических (SFC, FBD, LD) и два текстовых (ST, IL):

- ❑ **SFC (Sequential Function Charts)** – графический язык последовательных функциональных схем, предназначен для использования на этапе проектирования ПО и позволяет описать "скелет" программы (логику ее работы) на уровне последовательных шагов и условий переходов (транзакций). Аналог – блок-схемы программ;
- ❑ **FBD (Function Block Diagram)** – графический язык функциональных блоковых диаграмм, применяется для построения комплексных процедур, состоящих из различных функциональных библиотечных блоков – арифметических, регуляторов, тригонометрических и т.д. Аналог – принципиальные схемы электронной аппаратуры;
- ❑ **LD (Ladder Diagrams)** – графический язык релейной логики, применяется для описания логических выражений различного уровня сложности. Позволяет моделировать схемы релейной логики;

- ❑ **ST (Structured Text)** – язык структурированного текста – язык высокого уровня, по мнемонике похож на Паскаль и применяется для разработки процедур со сложной логикой, обработки данных;
- ❑ **IL (Instruction List)** – язык инструкций – язык низкого уровня класса ассемблера и применяется для программирования эффективных, оптимизированных процедур.

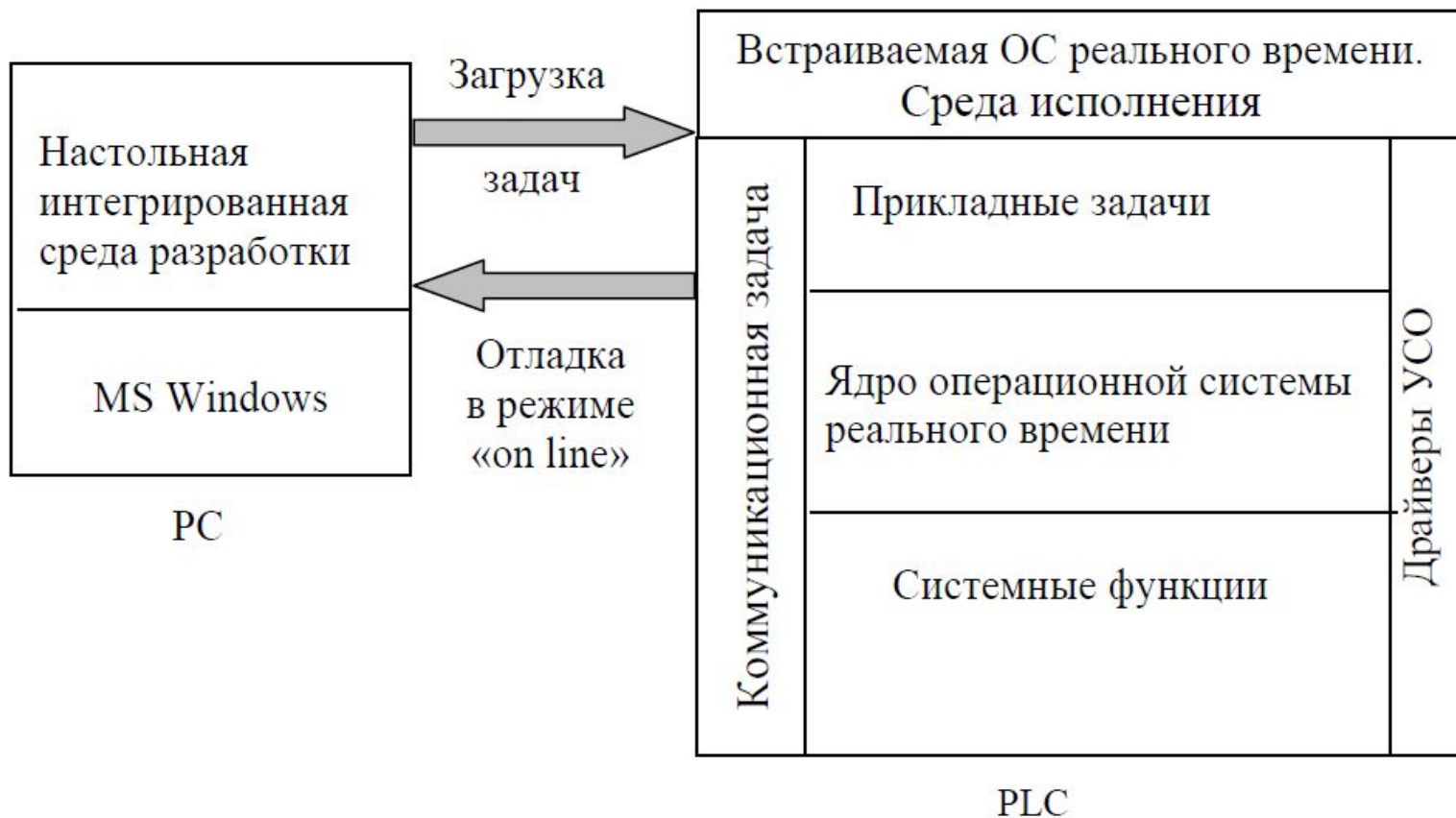
Общий алгоритм работы с языками можно представить следующим образом:

- ❑ создание проекта;
- ❑ написание программы на выбранном языке в соответствующем редакторе;
- ❑ описание переменных в редакторе переменных;
- ❑ описание соединений переменных с физическими и логическими устройствами ввода-вывода;
- ❑ компилирование проекта в исполняемый код;
- ❑ отладка программы;
- ❑ загрузка программы для использования в контроллер.

Среда разработки и среда исполнения в системах реального времени обычно разделены. В связи с этим программное обеспечение систем контроля и управления технологическими процессами по применению разделяется на встраиваемое для системы исполнения и настольное – для системы разработки.

Система исполнения загружается в ПЗУ PLC при изготовлении контроллера или загружается пользователем. **Требования**, предъявляемые к **среде исполнения** систем реального времени, следующие:

- ☐ небольшой объем памяти необходим для возможности ее встраивания;
- ☐ система должна быть полностью резидентна в памяти для того, чтобы избежать замещения страниц памяти или подкачки;
- ☐ система должна быть многозадачной – для обеспечения максимально эффективного использования всех ресурсов системы;
- ☐ микроядро ОС должно быть с приоритетом на обслуживание прерываний.



Взаимодействие сред разработки и исполнения

Приоритет на прерывание означает, что готовый к запуску процесс, обладающий некоторым приоритетом, обязательно имеет преимущество в очереди по отношению к процессу с более низким приоритетом, быстро заменяет последний и поступает на выполнение. Ядро заканчивает любую сервисную работу, как только поступает задача с высшим приоритетом, что гарантирует предсказуемость системы.

Диспетчер с приоритетом дает возможность разработчику прикладных программ **присвоить** каждому загрузочному модулю **приоритет для определения очередности запуска программ**, готовых к исполнению. Диспетчеризация (присвоение приоритета) и наличие ядра с приоритетом на прерывание позволяют разработчику прикладной программы полностью контролировать систему. Если поступает событие с высшим приоритетом, то система прекращает обработку задачи с низшим приоритетом и отвечает на вновь поступивший запрос.

Основой любой среды исполнения в реальном времени является ядро или диспетчер. Диспетчер занимает место между ядром операционной системы (управляет аппаратными средствами и контролирует работу ПО прикладного характера) и прикладными программами, обеспечивая специальный сервис, необходимый для работы приложений реального времени.

Средний уровень

Основная задача этого уровня заключается в сборе информации с различных подсистем и/или контроллеров, их обработка и передача на верхний уровень. Средний уровень чаще всего представляет собой станции контроля и регистрации технологических параметров и предназначен для замены регистрирующих приборов. Современный подход к этому уровню – это SCADA-система. Кроме того, средний уровень является связующим звеном нижнего и верхнего уровней системы.

Аппаратная база этого уровня более мощная, предусматривающая возможность обмена через промышленные (Fieldbus) и офисные сети (например, Ethernet) с нижним и верхним уровнем. Предусмотрена организация логических и горизонтальных соединений с базами данных реального времени. **Обычно используют промышленные компьютеры PC совместимой архитектуры, а чаще всего – интеллектуальные контроллеры.**

Спектр задач интеллектуальных контроллеров и промышленных компьютеров более разнообразен и включает:

- ☐ сбор данных с контроллерного уровня;
- ☐ обработку данных, включая масштабирование;
- ☐ синхронизацию работы подсистем;
- ☐ организацию архивов по выбранным параметрам;
- ☐ резервирование каналов передачи данных.

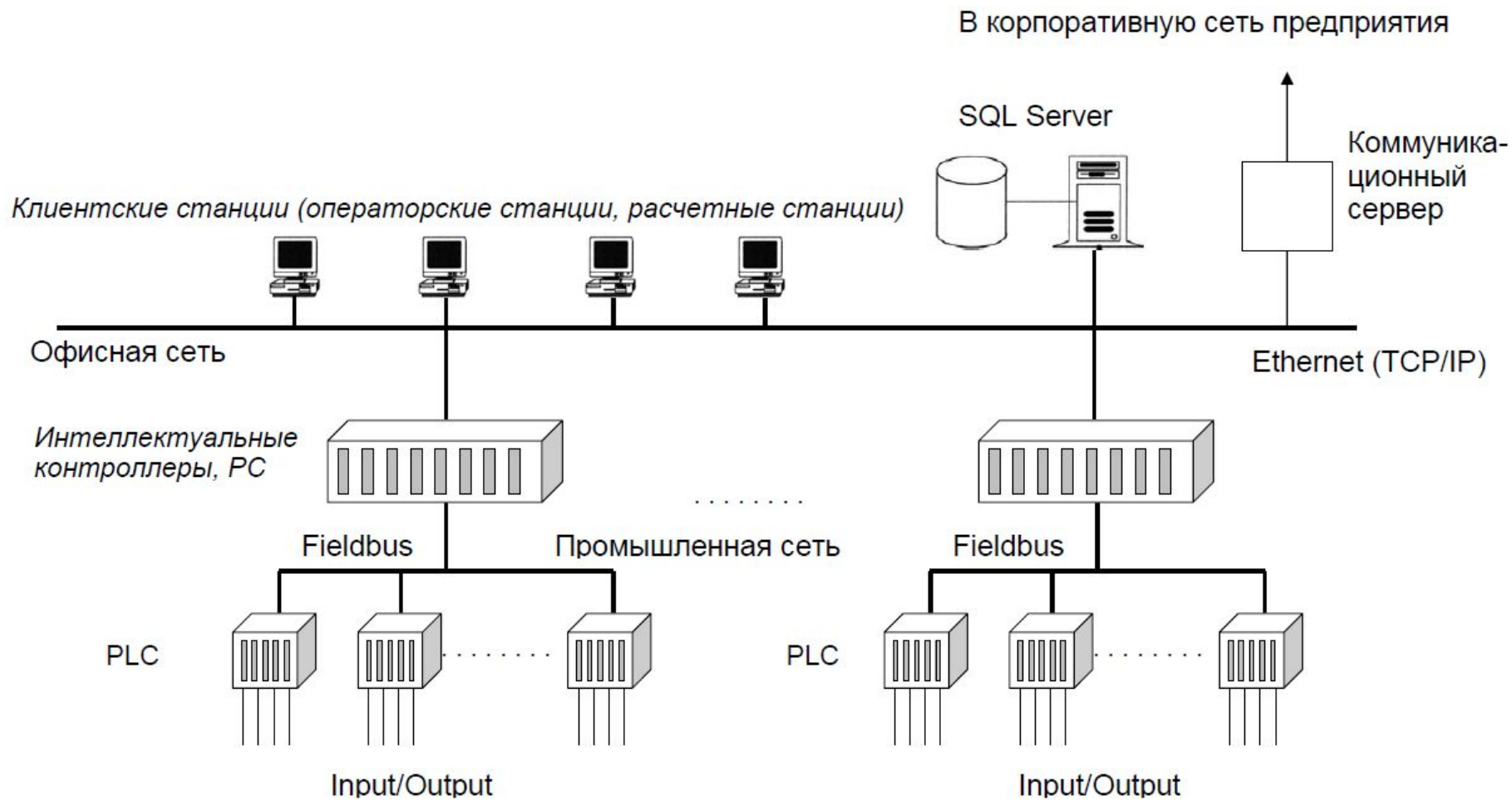
Для обеспечения функционирования среднего уровня необходимо наличие **База данных реального времени**. Ранее задача регистрации информации в реальном времени могла быть решена либо на уровне программного обеспечения интеллектуального контроллера, либо на уровне SCADA-системы. С появлением Industrial SQL Server (Wonderware, США) появилась дополнительная возможность обеспечить высокоскоростное хранение информации в БД, архивировать данные с целью экономии места на диске, обеспечивать стандартный доступ к данным. Industrial SQL Server представляет собой расширение Microsoft SQL Server и обеспечивает сбор данных в сотни раз быстрее, чем любые другие реляционные базы данных. Он может использоваться как в небольших цехах с сотней регистрируемых технологических параметров, так и на крупных промышленных предприятиях с сотнями тысяч параметров.

Верхний уровень

Основным средством коммуникации **на этом уровне** обычно является компьютерная сеть Ethernet (с протоколами TCP/IP) для решения следующие задач:

- ☐ **диспетчерский сбор, визуализация управления и отображение** всего технологического процесса или его отдельных подсистем (SCADA-системы), реализованные на операторских станциях;
- ☐ **хранение** технологической информации в базе данных;
- ☐ **компьютерная поддержка** принятия решений (комплекс математических моделей технологического процесса, интеллектуальная поддержка принятия решений), реализованная на вычислительных станциях;
- ☐ **интеграция** локальной сети в корпоративную сеть всего предприятия (коммуникационный сервер).

Выбор базовых компонентов этого уровня, предназначенных для организации комфортного человеко-машинного интерфейса, во многом определяется сложившейся привычной ориентацией на персональные компьютеры и имеющийся подготовленный персонал. И как правило, выбор сводится к определенной конфигурации PC и операционной системе MS Windows.



Структура информационной системы АСУ ТП

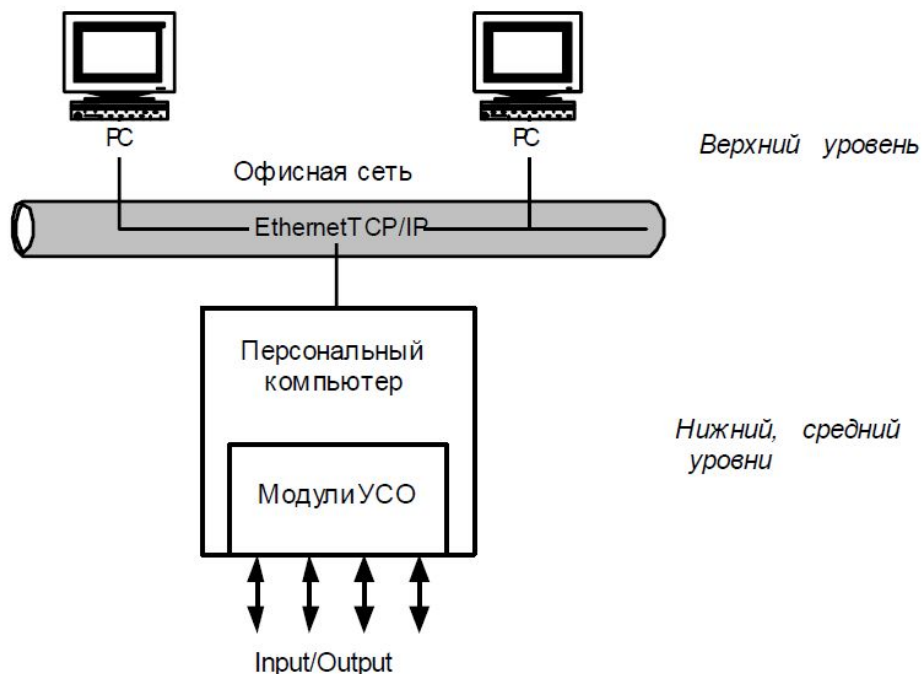
Таким образом, набор элементов, входящий в состав сложной АСУ ТП, состоит из комплекса датчиков, исполнительной и сигнализирующей аппаратуры, сети PLC, интеллектуальных контролеров или PC, операторских (SCADA-системы) и вычислительных станции, и баз данных (SQL Server).

Презентации к курсу лекций по ИТвМ. Модуль

1.

© И.П.Мазур

В простейших случаях **возможно совмещение** нижнего и среднего уровней АСУ ТП и реализация их на промышленных компьютерах РС, имеющих собственные УСО. Такая конфигурация системы по принципу работы фактически ничем не отличается от централизованной системы и обычно она используется, когда отсутствует необходимость в применении принципа распределенности (децентрализации) информационно-управляющей системы технологического процесса.



Простейший вариант
информационной системы АСУ ТП

Презентации к курсу лекций по ИТвМ. Модуль

1.

© И.П.Мазур

Но, для многих задач такой подход не обеспечивает управление в реальном времени. Это связано с тем, что ПО операторского интерфейса зачастую слабо оптимизировано для работы в режиме жесткого реального времени. Кроме того, существует вероятность запуска приложения, «зараженного» вирусом, что может нарушить функционирование приложения, отвечающего за управление технологическим процессом вплоть до полного «зависания» компьютера.

На основании вышесказанного можно сформулировать некоторые основные требования, которые нужно предъявлять к «идеальной» промышленной сети:

1. предсказуемость времени доставки информации;
2. помехоустойчивость;
3. доступность и простота организации канала передачи данных;
4. максимальный сервис для приложений верхнего уровня;
5. минимальная стоимость устройств аппаратной реализации, особенно на уровне контроллеров;
6. возможность получения «распределенного интеллекта», путем представления максимального доступа к каналу нескольким узлам;
7. управляемость и самовосстановление в случае возникновения нештатных ситуаций.

Следовательно, промышленные сети должны полностью удовлетворять запросам потребителей по модульности, надежности, защите от внешних помех, простоте в построении, монтаже и программировании.

Нетрудно заметить, что эти требования противоречивы. Например, второе требование и третье. В целом следует отметить, что промышленная сеть, по своей сути, – один большой компромисс. От того, как расставлены акценты в этом компромиссе, зависит успешность решения задач, стоящих перед данной сетевой архитектурой обеспечения АСУ ТП актуальной информацией.

1.6. Связь АСУ ТП с другими уровнями АСУ

АСУ ТП составляет низовой уровень автоматизированных систем управления на любом предприятии. Взаимодействие АСУ ТП с вышестоящими уровнями управления организуется и осуществляется при наличии на предприятии АСУП и степени её развитости на предприятии.

При взаимодействии с вышестоящими уровнями АСУ ТП получает от них производственные задания и основные критерии их реализации (например, номенклатура продукции, технико-экономические показатели выполнения задания и т.п.). В свою очередь, АСУ ТП направляет на вышестоящие уровни АСУ сведения о выполнении заданий, об основных показателях продукции, о функционировании технологического комплекса.

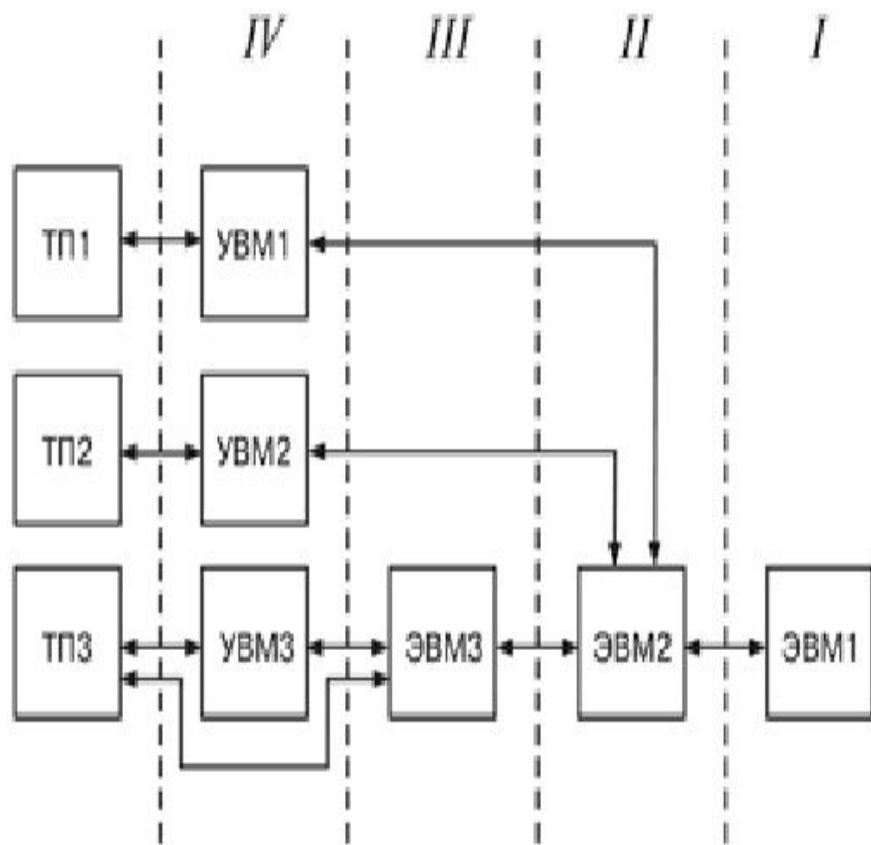
Широкое распространение на предприятиях металлургической отрасли получило создание интегрированных систем, взаимосвязано решающих задачи учета, оперативного управления и планирования производства и задачи управления технологическими процессами. Это позволяет последовательно реализовать принципы системного подхода к созданию АСУ при создании АСУ ТП и АСУП как единой интегрированной системы.



Способы интегрирования АСУ ТП и АСУП

Такие подходы к построению интегрированных систем управления, реализующих функции АСУ ТП и АСУП, позволяют использовать ряд **унифицированных решений** как на уровне функциональной и технической структур, так и при построении программного обеспечения таких систем.

Примером может служить упрощённая четырехуровневая иерархическая система управления технологическими и производственными процессами металлургического предприятия.



I уровень – управление предприятием с суточным и десятидневным циклом оборота данных;

II уровень – управление производством с посменным и посуточным циклами работы;

III уровень – управление по замкнутому циклу в реальном масштабе времени отдельными производствами на предприятии;

IV уровень – управление по замкнутому циклу в реальном масштабе времени отдельными технологическими агрегатами.

Нижние уровни могут функционировать самостоятельно, но в общем случае эффективность управления выше при использовании всех уровней системы.

Презентации к курсу лекций по ИТвМ. Модуль

1.

© И.П.Мазур

1.7. Назначение информационного обеспечения АСУ ТП

Основными функциями информационной системы АСУ ТП являются:

- ❑ **опрос состояния** технологического объекта управления (ТОУ);
- ❑ **анализ состояния** ТОУ, в том числе сигнализация об отклонениях значений параметров от регламентных (режимных), контроль достоверности информации, контроль и прогнозирование предаварийных ситуаций;
- ❑ **визуализация** и **регистрация** истинных значений технологических параметров как в периодическом режиме (ведение технологических журналов, печать рапортов и т.п.), так и в избирательном режиме (выдача информации по инициативе оператора);
- ❑ **расчет технико-экономических показателей** (ТЭП) контролируемых технологических процессов;
- ❑ **выполнение функций обслуживающей подсистемы** по отношению к управляющей – создание и оперативное ведение баз данных АСУ ТП.

Принципы организации информационного обеспечения на логическом уровне заключаются в создании программ и баз данных. Данные организуются в БД.

Информация, содержащаяся в БД, может быть отнесена к одному из двух типов: 1 – условно постоянная (логико-призначная); 2 – переменная (технологическая). Информация первого типа содержит указания для обработки с помощью программ данных, поступающих от ТОО. Информация второго типа характеризует текущие (мгновенные) или интегрированные за определенный период значения технологических параметров.

В соответствии с используемым в АСУ ТП принципом иерархической упорядоченности **ПО информационной подсистемы** разделяют на группы:

- 1) программы ввода информации в УВК;
- 2) программы обработки информации;
- 3) Программы вывода информации.

К **основным задачам** информационной подсистемы АСУ ТП относятся:

- 4) выполнение задач опроса АЦП, датчиков дискретных сигналов;
- 5) обработка измеренных значений аналоговых сигналов;
- 6) обслуживание пульта технолога оператора.

Таким образом, **цель информационных функций** АСУ ТП является сбор, преобразование, хранение информации о состоянии технологического объекта управления, предоставление этой информации оперативному персоналу или передача ее на другие уровни для последующей обработки.

Технологический процесс (объект управления) в АСУ ТП определяется следующими параметрами:

1. Измеряемые параметры, в состав которых входят:

- ☐ **нерегулируемы параметры**, зависящие от внешних факторов (например, характеристики исходного продукта, изменение напряжения питания и т.д.);
- ☐ **регулируемые параметры**, которые могут быть изменены в ходе процесса соответствующими исполнительными механизмами, уставками регулятора и т.п.;
- ☐ **выходные параметры**, по которым непосредственно или в результате вычислений определяются эффективность управляемого процесса (производительность, экономичность и т. д.), или ограничения, накладываемые на условия протекания технологического процесса.

2. Нерегулируемые и неизмеряемые параметры (например, изменяющиеся со временем характеристики оборудования и др.).

Сбор, регистрация и первичная обработка данных о технологическом процессе заключается в приеме информации (параметров), характеризующей и оценивающей состояние процесса, и ее последующей обработки.

Специфика информационных процессов, протекающих в системах управления, состоит в том, что одновременно с передачей информации в системе производится ее формирование, преобразование, хранение и использование при различной форме представления и различных физических носителях входной и выходной информации, выбор которых зависит от требуемых показателей точности, быстродействия, надежности и т.п.

В связи с этим, можно сформулировать **основные задачи оценки эффективности и надежности** информационных процессов АСУ ТП:

- ☐ **учет** используемых форм представления физических носителей сигналов;
- ☐ **определение** характеристик каналов передачи и обработки информации;
- ☐ **согласование** сигналов и каналов по форме представления и физическим носителям информации с учетом ее физических и статистических характеристик.

Нужно иметь в виду, что **формальное совпадение операций измерения и контроля** – не единственная причина того, чтобы измерение рассматривать как процесс получения информации. Есть еще одно **свойство**, характерное для всех информационных систем, - **это устранение или уменьшение неопределенности и недостоверности информации.**

В АСУ ТП различают **два вида информации**:

- ❑ **априорную**, известную до начала технологического процесса (технологические инструкции, характеристики оборудования и др.);
- ❑ **рабочую**, получаемую в течение технологического процесса.

В случае, если для управления технологическим процессом надобности в получении рабочей информации нет, то говорят, что неопределенность процесса, как информационной системы, очень мала.

Металлургическим производствам свойственна высокая степень неупорядоченности, поскольку все процессы и агрегаты характеризуются нестационарностью, существенными нелинейностями основных характеристик и другими особенностями, присущими сложным системам. И **для получения характеристик металлургических процессов только априорной информации недостаточно.**

По этой причине, для управления технологическим процессом оператор должен получать как априорную, так и рабочую информацию. Информация может представляться на различных видах носителей, с различной степенью визуализации и дискретности.

Процесс переноса информации от места возникновения к месту использования называется **передачей информации по каналам связи.**

Презентации к курсу лекций по ИТвМ. Модуль

1.8. Преобразование технической информации

Материальным носителем информации является **сигнал**. Сигналы носителей внешней (априорной и рабочей) информации должны передавать сведения о задачах и целях управления. Сигналы рабочей (текущей) информации, вырабатываемые датчиками, должны обеспечивать простоту и достоверность преобразования технологического параметра в сигнал. При всех преобразованиях сигналов смысл сообщения, полученного при считывании с датчиков и поступающего к управляющему устройству, не должен претерпевать искажения. В преобразовании сигналов выделяют два аспекта:

- ❑ **преобразование** природы, формы и параметров сигнала (модуляция, квантование и пр.);
- ❑ **установление однозначного соответствия** между отдельными видами сигналов и состояниями управляемого и контролируемого параметров (кодирование: состояние – сигнал; перекодирование: сигнал – сигнал; декодирование: сигнал – состояние).

Виды и формы сигналов. В АСУ ТП металлургическими процессами используются следующие сигналы:

- ☐ **электрические;**
- ☐ **механические;**
- ☐ **пневматические;**
- ☐ **гидравлические.**

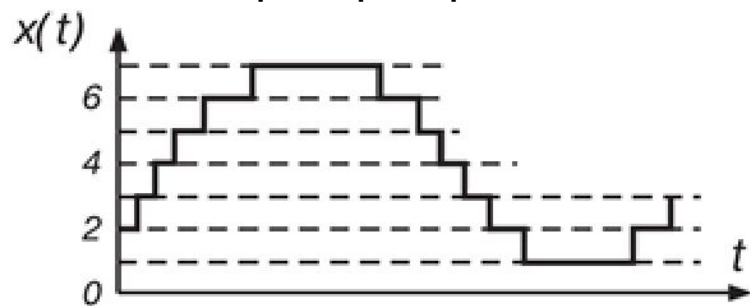
Для передачи и хранения наиболее применимы электрические сигналы. Поэтому, происходит преобразование результатов измерений технологического параметра в электрические сигналы. В связи с тем, что информация, поступающая для обработки, должна быть представлена в дискретном виде, необходимо дополнительное изменение по форме.

Цифровые системы обработки информации имеют ряд особенностей:

2. Ввод и вывод данных в **цифровом коде** (т.е. непрерывные сигналы датчиков подвергаются аналого-цифровому преобразованию);
3. Цифровые методы вычислений обеспечивают **высокую**, но **конечную точность расчетов**;
4. Время обработки информации должно быть **согласовано с временными характеристиками** технологических процессов.

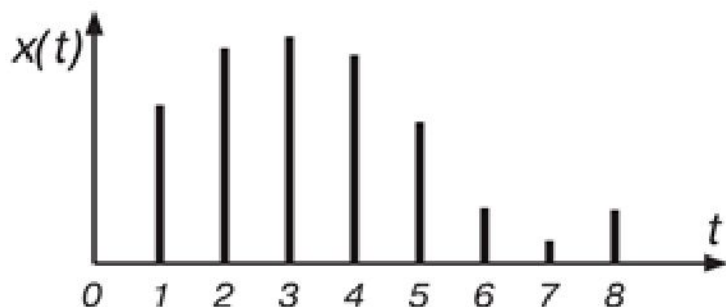
Таким образом, физические величины, измеренные с помощью датчиков и преобразованные в цифровую форму, выступают в УВМ и обрабатываются в соответствии с определенным запросом. Опрос (считывание) датчиков может происходить **циклически** и **ациклически** (адресно или по приоритету):

- ☐ при циклическом опросе порядок подключения датчиков к УВМ сохраняется постоянным во времени;
- ☐ ациклический опрос производится, как правило, по требованию оператора при отклонениях в протекании технологического процесса.



В процессе преобразования непрерывного сигнала в последовательность цифровых данных (цифровой ряд) происходит **двойное квантование информации** – квантование **по времени и по уровню**.

Поскольку УВМ получает информацию дискретно во времени, то при решении задач управления возникает задача **восстановления измеряемых величин** в промежутках между моментами квантования. Для этого используются **методы экстра- и интерполяции**.



Кодирование сигналов. Кодирование сигналов служит для обмена между отдельными составляющими АСУ ТП, её обработки и хранения с требуемой точностью и надежностью. Кодирование состоит **в использовании кода** – универсального способа отображения информации при её передаче, обработке и хранении. Код представляет собой **систему соответствия между элементами сообщений и сигналами**, при помощи которых эти элементы можно зафиксировать (представить).

Выбор кодов определяется спецификой восприятия и преобразования информации для данного уровня АСУ ТП и ее составляющих. Основные требования при выборе кода:

- ☐ **экономичность** отображения информации,
- ☐ **простота** технической реализации устройства кодирования;
- ☐ **удобство** выполнения вычислительных операций;
- ☐ **надежность** передачи сообщений.

Для выполнения этих требований (особенно по выполнению вычислительных операций) наиболее пригоден **цифровой** код, число символов в котором зависит от основания системы исчисления (обычно не превышает 10). По простоте реализации преимущества у кода с **$n = 2$** , в котором два устойчивых состояния: «да» - «нет» или «включено» – «отключено». По этому **двоичный код** имеет широкое распространение в цифровых устройствах.