

## ЛЕКЦИЯ № 2.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

### 1. Структура ТО САПР

### 2. Аппаратура рабочих мест в автоматизированных системах проектирования и управления

#### 1. Структура ТО САПР

##### 1.1. Требования к ТО САПР.

Техническое обеспечение САПР включает в себя различные технические средства (hardware), используемые для выполнения автоматизированного проектирования, а именно ЭВМ, периферийные устройства, сетевое оборудование, а также оборудование некоторых вспомогательных систем (например, измерительных), поддерживающих проектирование.



Используемые в САПР технические средства должны обеспечивать:

1 выполнение всех необходимых проектных процедур, для которых имеется соответствующее ПО;

2. взаимодействие между проектировщиками и ЭВМ, поддержку интерактивного режима работы;

3. взаимодействие между членами коллектива, выполняющими работу над общим проектом.

Первое из этих требований выполняется при наличии в САПР вычислительных машин и систем достаточными производительностью и емкостью памяти.

Второе требование относится к пользовательскому интерфейсу и выполняется за счет включения в САПР удобных средств ввода-вывода данных и прежде всего устройств обмена графической информацией.

Третье требование обуславливает объединение аппаратных средств САПР *в вычислительную сеть*.

В результате общая структура ТО САПР представляет собой сеть узлов, связанных между собой средой передачи данных (рис. 2.1).

Узлами (станциями данных) являются рабочие места проектировщиков, часто называемые *автоматизированными рабочими местами* (АРМ) или *рабочими станциями* (WS — Workstation), ими могут быть также большие ЭВМ (мейнфреймы), отдельные периферийные и измерительные устройства. Именно в АРМ должны быть средства для интерфейса проектировщика с ЭВМ.



Рис. 2.1. Структура технического обеспечения САПР

Что касается вычислительной мощности, то она может быть распределена между различными узлами вычислительной сети.

В каждом узле можно выделить *оконечное оборудование данных* (ООД), выполняющее определенную работу по проектированию, и *аппаратуру окончания канала данных* (АКД), предназначенную для связи ООД со средой

передачи данных. Например, в качестве ООД можно рассматривать персональный компьютер, а в качестве АКД — вставляемую в компьютер сетевую плату.

*Среда передачи данных* представлена каналами передачи данных, состоящими из линий связи и коммутационного оборудования.

*Канал передачи данных* — средство двустороннего обмена данными, включающее в себя АКД и линию связи. *Линией связи* называют часть физической среды, используемую для распространения сигналов в определенном направлении, примерами линий связи могут служить коаксиальный кабель, витая пара проводов, волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС). Близким является понятие *канала (канала связи)*, под которым понимают средство односторонней передачи данных. Примером канала связи может быть полоса частот, выделенная одному передатчику при радиосвязи. В некоторой линии можно образовать несколько каналов связи, по каждому из которых передается своя информация. При этом говорят, что линия разделяется между несколькими каналами.

## **1.2. Типы сетей.**

Существуют два метода разделения линии передачи данных: *временное мультиплексирование* (иначе разделение по времени или TDM — TimeDivisionMethod), при котором каждому каналу выделяется некоторый квант времени, и *частотное разделение* (FDM — FrequencyDivisionMethod), при котором каналу выделяется некоторая полоса частот.

### **1.2.1. Локальная вычислительная сеть (ЛВС или LAN — LocalAreaNetwork)**

В САПР небольших проектных организаций, насчитывающих не более единиц-десятков компьютеров, которые размещены на малых расстояниях один от другого (например, в одной или нескольких соседних комнатах) объединяющая компьютеры сеть является локальной. *Локальная вычислительная сеть* (ЛВС или LAN — LocalAreaNetwork) имеет линию связи, к которой подключаются все узлы сети. При этом топология соединений узлов (рис. 2.2) может быть шинная (bus), кольцевая (ring), звездная (star). Протяженность линии и число подключаемых узлов в ЛВС ограничены.

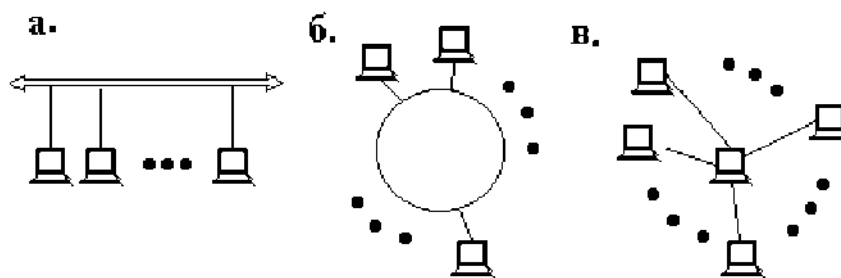


Рис. 2.2. Варианты топологии локальных вычислительных сетей: а) шинная; б) кольцевая; в) звездная

### 1.2.2. Корпоративная сеть.

В более крупных по масштабам проектных организациях в сеть включены десятки-сотни и более компьютеров, относящихся к разным проектным и управленческим подразделениям и размещенных в помещениях одного или нескольких зданий. Таковую сеть называют *корпоративной*. В ее структуре можно выделить ряд ЛВС, называемых *подсетями*, и средства связи ЛВС между собой. В эти средства входят коммутационные серверы (блоки взаимодействия подсетей). Если коммутационные серверы объединены отделенными от ЛВС подразделений каналами передачи данных, то они образуют новую подсеть, называемую *опорной* (или *транспортной*), а вся сеть оказывается иерархической структурой.

### 1.2.3. Территориальная сеть (WAN — WideAreaNetwork).

Если здания проектной организации удалены друг от друга на значительные расстояния (вплоть до их расположения в разных городах), то корпоративная сеть по своим масштабам становится *территориальной сетью* (WAN — WideAreaNetwork). В территориальной сети различают *магистральные* каналы передачи данных (магистральную сеть), имеющие значительную протяженность, и каналы передачи данных, связывающие ЛВС (или совокупность ЛВС отдельного здания или кампуса) с магистральной сетью и называемые *абонентской линией* или соединением “*последней мили*”.

Обычно создание *выделенной* магистральной сети, т.е. сети, обслуживающей единственную организацию, обходится для нее слишком дорого. Поэтому чаще прибегают к услугам провайдера, т.е. организации, предоставляющей телекоммуникационные услуги многим пользователям. В этом случае внутри корпоративной сети связь на значительных расстояниях осуществляется через *магистральную сеть общего пользования*. В качестве

такой сети можно использовать, например, городскую или междугородную телефонную сеть или территориальные сети передачи данных. Наиболее распространенной формой доступа к этим сетям в настоящее время является обращение к глобальной вычислительной сети Internet.

Для многих корпоративных сетей возможность выхода в Internet является желательной не только для обеспечения взаимосвязи удаленных сотрудников собственной организации, но и для получения других информационных услуг. Развитие виртуальных предприятий, работающих на основе CALS-технологий, с необходимостью подразумевает информационные обмены через территориальные сети, как правило, через Internet.

#### **1.2.4. Клиент-сервер**

Структура ТО САПР для крупной организации представлена на рис. 2.3. Здесь показана типичная структура крупных корпоративных сетей САПР, называемая архитектурой *клиент-сервер*. В сетях клиент-сервер выделяется один или несколько узлов, называемых *серверами*, которые выполняют в сети управляющие или общие для многих пользователей проектные функции, а остальные узлы (рабочие места) являются терминальными, их называют *клиентами*, в них работают пользователи. В общем случае сервером называют совокупность программных средств, ориентированных на выполнение определенных функций, но если эти средства сосредоточены на конкретном узле вычислительной сети, то тогда понятие сервер относится именно к узлу сети.

Сети клиент-сервер различают по характеру распределения функций между серверами, другими словами, их классифицируют по типам серверов. Различают *файл-серверы* для хранения файлов, разделяемых многими пользователями, *серверы баз данных* автоматизированной системы, *серверы приложений* для решения конкретных прикладных задач, *коммутационные серверы* (называемые также блоками взаимодействия сетей или серверами доступа) для взаимосвязи сетей и подсетей, *специализированные серверы* для выполнения определенных телекоммуникационных услуг, например, серверы электронной почты.

В случае специализации серверов по определенным приложениям сеть называют *сетью распределенных вычислений*. Если сервер приложений обслуживает пользователей одной ЛВС, то естественно назвать такой сервер локальным. Но поскольку в САПР имеются приложения и базы данных, раз-

деляемые пользователями разных подразделений и, следовательно, клиентами разных ЛВС, то соответствующие серверы относят к группе корпоративных, подключаемых обычно к опорной сети (см. рис. 2.3.).

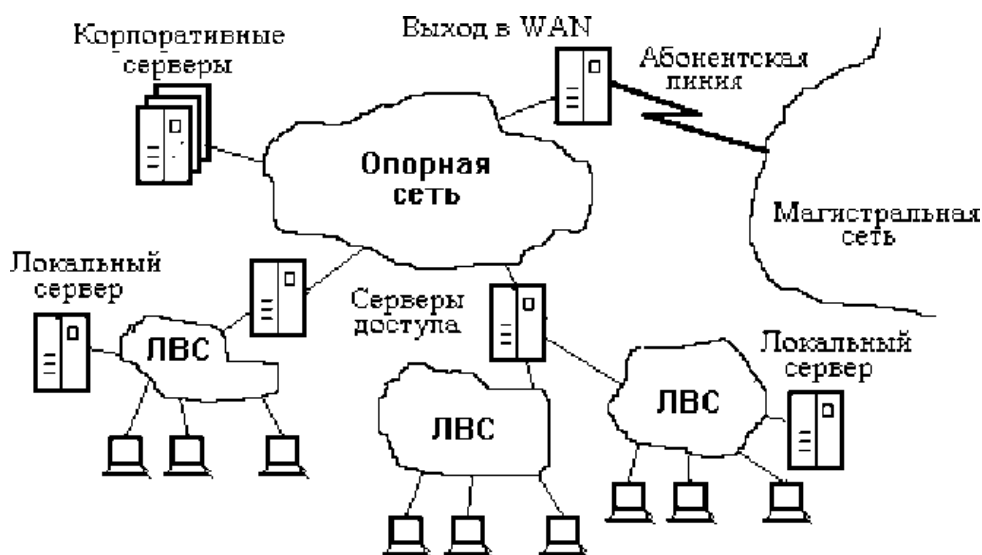


Рис. 2.3. Структура корпоративной сети САПР

### 1.2.5. Одноранговые сети.

Наряду с архитектурой клиент-сервер применяют *одноранговые* сети, в которых любой узел в зависимости от решаемой задачи может выполнять как функции сервера, так и функции клиента. Организация взаимодействия в таких сетях при числе узлов более нескольких десятков становится чрезмерно сложной, поэтому одноранговые сети применяют только в небольших по масштабам САПР.

### 1.2.6. Сети с коммутацией каналов и коммутацией пакетов.

В соответствии со способами коммутации различают сети с *коммутацией каналов* и *коммутацией пакетов*. В первом случае при обмене данными между узлами *A* и *B* в сети создается физическое соединение между *A* и *B*, которое во время сеанса связи используется только этими абонентами. Примером сети с коммутацией каналов может служить телефонная сеть. Здесь передача информации происходит быстро, но каналы связи используются неэффективно, так как при обмене данными возможны длительные паузы и канал “простаивает.” При коммутации пакетов физического соединения, которое в каждый момент сеанса связи соединяло бы абонентов *A* и *B*, не создается. Сообщения разделяются на порции, называемые *пакетами*, которые передаются в разветвленной сети от *A* к *B* или обратно через промежуточные узлы с возможной буферизацией

(временным запоминанием) в них. Таким образом, любая линия может разделяться многими сообщениями, попеременно пропуская при этом пакеты разных сообщений с максимальным заполнением упомянутых пауз.

### **1.3. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (ЭМВОС).**

Для удобства модернизации сложных информационных систем их делают максимально *открытыми*, т.е. приспособленными для внесения изменений в некоторую часть системы при сохранении неизменными остальных частей. В отношении вычислительных сетей реализация концепции открытости привела к появлению ЭМВОС, предложенной международной организацией стандартизации (ISO — InternationalStandardOrganization). В этой модели дано описание общих принципов, правил, соглашений, обеспечивающих взаимодействие информационных систем и называемых *протоколами*.

В ЭМВОС информационную сеть рассматривают как совокупность функций (протоколов), которые подразделяют на группы, называемые *уровнями*. Именно разделение на уровни позволяет вносить изменения в средства реализации одного уровня без перестройки средств других уровней, что значительно упрощает и удешевляет модернизацию средств по мере развития техники.

ЭМВОС содержит семь уровней.

На *физическом (physical)* уровне осуществляется представление информации в виде электрических или оптических сигналов, преобразование формы сигналов, выбор параметров физических сред передачи данных, организуется передача информации через физические среды.

На *канальном (link)* уровне выполняется обмен данными между соседними узлами сети, т.е. узлами, непосредственно связанными физическими соединениями без других промежуточных узлов. Отметим, что пакеты канального уровня обычно называют *кадрами*.

На *сетевом (network)* уровне происходит формирование пакетов по правилам тех промежуточных сетей, через которые проходит исходный пакет, и *маршрутизация* пакетов, т.е. определение и реализация маршрутов, по которым передаются пакеты. Другими словами, маршрутизация сводится к образованию логических каналов. *Логическим каналом* называют виртуальное соединение двух или более объектов сетевого уровня, при котором возможен обмен данными между этими объектами. Понятию

логического канала необязательно соответствует физическое соединение линий передачи данных между связываемыми пунктами. Это понятие введено для абстрагирования от физической реализации соединения. Еще одной важной функцией сетевого уровня после маршрутизации является контроль нагрузки на сеть с целью предотвращения перегрузок, отрицательно влияющих на работу сети.

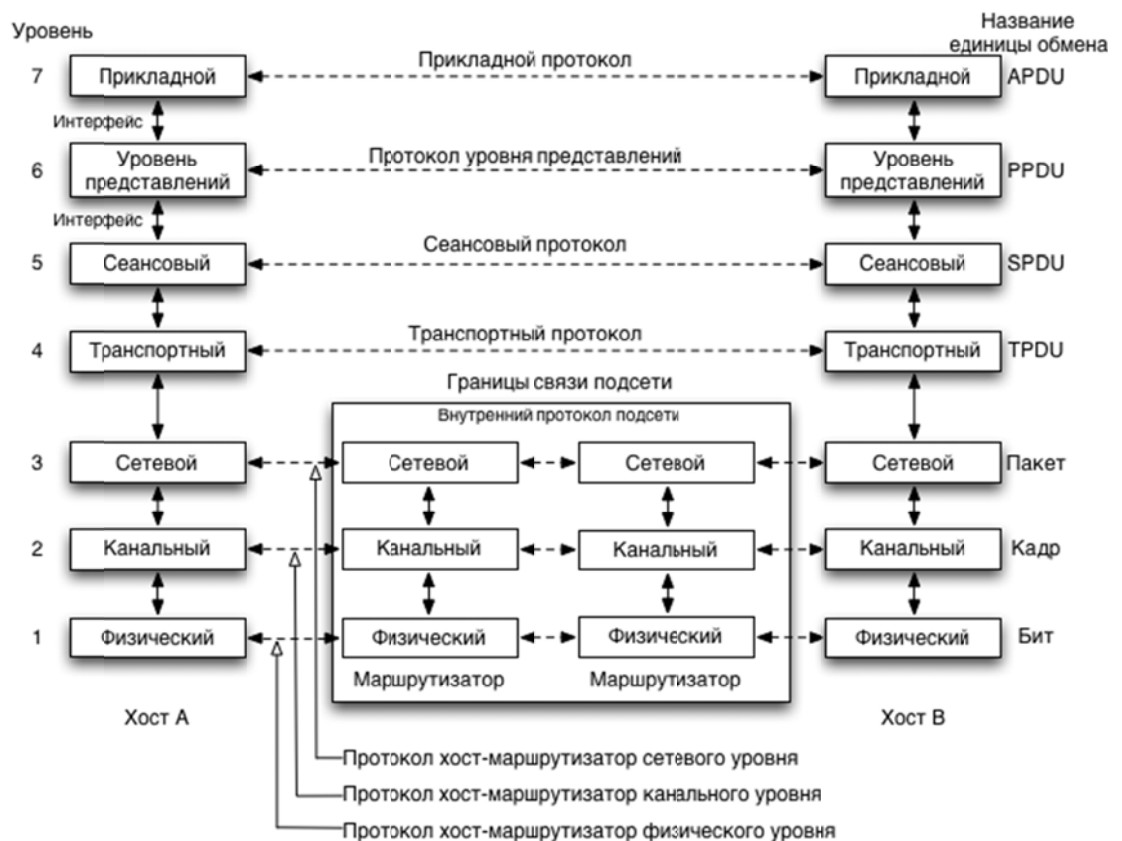
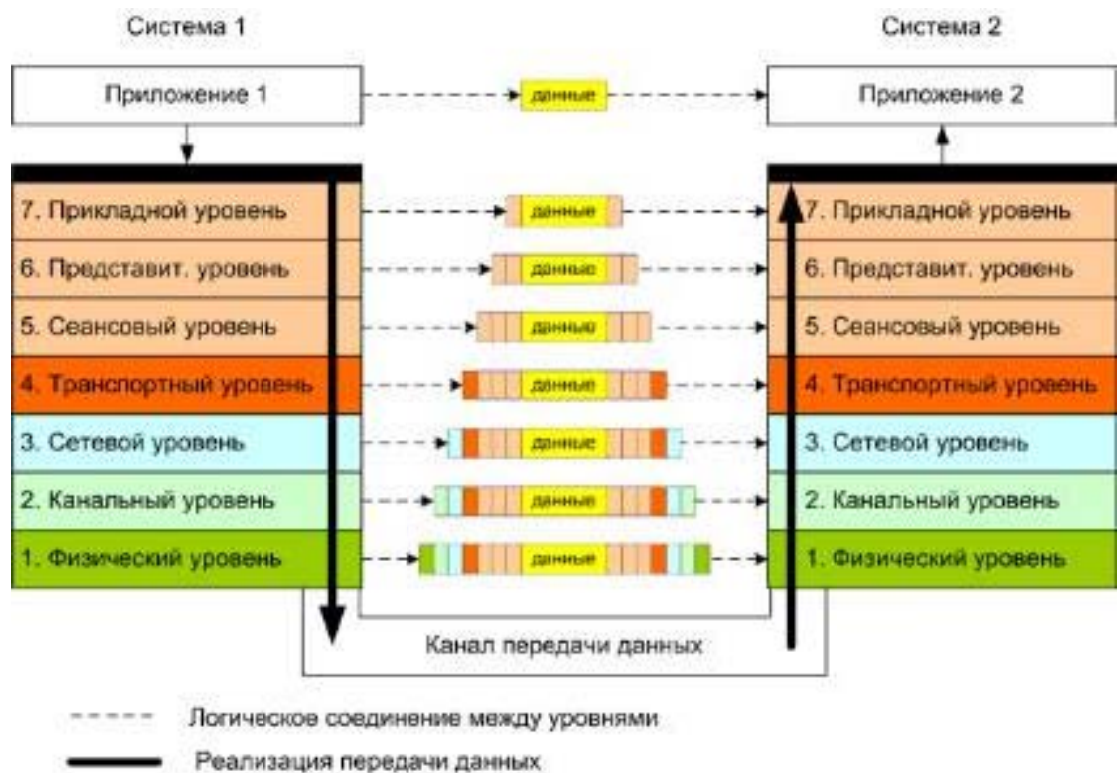
На *транспортном (transport)* уровне обеспечивается связь между конечными пунктами (в отличие от предыдущего сетевого уровня, на котором обеспечивается передача данных через промежуточные компоненты сети). К функциям транспортного уровня относятся мультиплексирование и демультимплексирование (сборка-разборка пакетов в конечных пунктах), обнаружение и устранение ошибок в переданных данных, реализация заказанного уровня услуг (например, заказанных скорости и надежности передачи).

На *сеансовом (session)* уровне определяются тип связи (дуплекс или полудуплекс), начало и окончание заданий, последовательность и режим обмена запросами и ответами взаимодействующих партнеров.

На *представительном (presentation)* уровне реализуются функции представления данных (кодирование, форматирование, структурирование). Например, на этом уровне выделенные для передачи данные преобразуются из одного кода в другой.

На *прикладном (application)* уровне определяются и оформляются в сообщения те данные, которые подлежат передаче по сети.





В конкретных случаях может возникать потребность в реализации лишь части названных функций, тогда соответственно сеть будет содержать лишь часть уровней. Так, в простых (неразветвленных) ЛВС отпадает необходимость в средствах сетевого и транспортного уровней. Одновременно сложность функций канального уровня делает

целесообразным его разделение в ЛВС на два подуровня: *управление доступом к каналу* (MAC — MediumAccessControl) и *управление логическим каналом* (LLC — LogicalLinkControl). К подуровню LLC в отличие от подуровня MAC относится часть функций канального уровня, не зависящих от особенностей передающей среды.

Передача данных через разветвленные сети происходит при использовании ***инкапсуляции-декапсуляции*** порций данных. Так, сообщение, пришедшее на транспортный уровень, делится на сегменты, которые получают заголовки и передаются на сетевой уровень. Сегментом обычно называют пакет транспортного уровня. Сетевой уровень организует передачу данных через промежуточные сети. Для этого сегмент может быть разделен на части (пакеты), если сеть не поддерживает передачу сегментов целиком. Пакет снабжается своим сетевым заголовком (т. е. происходит инкапсуляция). При передаче между узлами промежуточной ЛВС требуется инкапсуляция пакетов в кадры с возможной разбивкой пакета. Приемник декапсулирует сегменты и восстанавливает исходное сообщение.

## **2. Аппаратура рабочих мест в автоматизированных системах проектирования и управления**

### **2.1. Вычислительные системы в САПР.**

В качестве средств обработки данных в современных САПР широко используют рабочие станции, серверы, персональные компьютеры. Большие ЭВМ и в том числе суперЭВМ обычно не применяют, так как они дороги и их отношение производительность/цена существенно ниже подобного показателя серверов и многих рабочих станций.

На базе рабочих станций или персональных компьютеров создают АРМ.

Типичный состав устройств АРМ: ЭВМ с одним или несколькими микропроцессорами, оперативной и кэш-памятью и шинами, служащими для взаимной связи устройств; устройства ввода-вывода, включающие в себя, как минимум, клавиатуру, мышь, дисплей; дополнительно в состав АРМ могут входить принтер, сканер, плоттер (графопостроитель), дигитайзер и некоторые другие периферийные устройства.

Память ЭВМ обычно имеет иерархическую структуру. Поскольку в памяти большого объема трудно добиться одновременно высокой скорости

записи и считывания данных, память делят на сверхбыстродействующую кэш-память малой емкости, основную оперативную память умеренного объема и сравнительно медленную внешнюю память большой емкости, причем, в свою очередь, кэш-память часто разделяют на кэш первого и второго уровней.

Например, в персональных компьютерах на процессорах Pentium III кэш первого уровня имеет по 16 Кбайт для данных и для адресов, он и кэш второго уровня емкостью 256 Кбайт встроены в процессорный кристалл, емкость оперативной памяти составляет десятки-сотни Мбайт.

Для связи наиболее быстродействующих устройств (процессора, оперативной и кэш-памяти, видеокарты) используется системная шина с пропускной способностью до одного-двух Гбайт/с. Кроме системной шины на материнской плате компьютера имеются шина расширения для подключения сетевого контроллера и быстрых внешних устройств (например, шина PCI с пропускной способностью 133 Мбайт/с) и шина медленных внешних устройств, таких как клавиатура, мышь, принтер и т.п.

*Рабочие станции (workstation)* по сравнению с персональными компьютерами представляют собой вычислительную систему, специализированную на выполнение определенных функций. Специализация обеспечивается как набором программ, так и аппаратно за счет использования дополнительных специализированных процессоров. Так, в САПР для машиностроения преимущественно применяют графические рабочие станции для выполнения процедур геометрического моделирования и машинной графики. Эта направленность требует мощного процессора, высокоскоростной шины, памяти достаточно большой емкости.

#### ***Что отличает персональный компьютер от рабочей станции:***

- 1. Цена*** - большинство ПК для бизнеса стоят от \$500 до \$1000, в то время как стоимость рабочих станций может начинаться от \$1500 и доходит до \$3000 за машины класса *high-end*.
- 2. Производительность*** - ПК обладает достаточной мощностью для решения большинства задач, таких как электронная почта, веб-серфинг и обработки текстов. В то время как рабочая станция имеет большую мощность - она может работать с САД-системами, программами для создания анимации, анализа данных и фотореалистичных визуализаций, создания и обработки видео и аудио.

3. **Надёжность** - требования к работе составных частей рабочей станции гораздо выше, чем ПК. Каждая часть (материнская плата, процессор, оперативная память, диски, видеокарты, и т.д.) сделана с пониманием того, что она будет работать в течение всего дня. Во многих случаях рабочие станции остаются включенными и работают над проектами даже тогда, когда все люди расходятся по домам. Они оставляют их работать на ночь для обработки больших баз данных, создания анимации пр.

**Обычно компьютеры классифицируются как рабочие станции если они имеют 5 признаков:**

1. **ECC RAM** - память с устранением кода ошибок позволяет системе быть более надёжной. Она исправляет ошибки памяти, прежде чем они начинают влиять на работу системы, предотвращая аварийные ситуации и экономя время на простой в работе
2. **Многоядерный процессор** - большее число ядер процессора означает больше возможностей для обработки. Тем не менее, это не гарантирует повышения производительности системы, т.к. используемое программное обеспечение должно поддерживать многоядерные системы. Но в любом случае многоядерный процессор даст некоторое преимущество в скорости работы.
3. **RAID (Redundant Array of Independent Disks)** - RAID использует несколько внутренних жестких дисков для хранения и обработки данных. Есть несколько различных типов RAID систем. В зависимости от типа системы, можно получить один диск из нескольких дисков для обработки данных, или можно получить зеркальные диски (если один диск выйдет из строя другой будет по-прежнему функционировать без потери данных).
4. **SSD** - твердотельные накопители работают иначе, чем обычные жесткие диски. В них нет движущихся частей, поэтому меньше вероятность возникновения физической поломки. Они также быстрее. Недостатком является то, что они стоят дороже и имеют меньшую ёмкость, чем у "обычных" HDD.
5. **Оптимизированная видеокарта (GPU)** - все компьютеры должны выводить информацию на экран. Использование видеоадаптера класса *high-end* приводит к тому, что центральный процессор делает меньше работы по обработке данных для вывода на экран. В некоторых

*случаях, GPU может фактически взять на себя часть нагрузки с центрального процессора, что делает всю систему гораздо быстрее. Недостатком является то, что профессиональные графические процессоры класса high-end стоят очень дорого.*

Высокая производительность процессора необходима по той причине, что графические операции (например, перемещения изображений, их повороты, удаление скрытых линий и др.) часто выполняются по отношению ко всем элементам изображения. Такими элементами в трехмерной (3D) графике при аппроксимации поверхностей полигональными сетками являются многоугольники, их число может превышать  $10^4$ . С другой стороны, для удобства работы проектировщика в интерактивном режиме задержка при выполнении команд указанных выше операций не должна превышать нескольких секунд. Но поскольку каждая такая операция по отношению к каждому многоугольнику реализуется большим числом машинных команд требуемое быстродействие составляет десятки миллионов машинных операций в секунду. Такое быстродействие при приемлемой цене достигается применением наряду с основным универсальным процессором также дополнительных специализированных (графических) процессоров, в которых определенные графические операции реализуются аппаратно.

В наиболее мощных рабочих станциях в качестве основных обычно используют высокопроизводительные микропроцессоры с сокращенной системой команд (с RISC-архитектурой), работающие под управлением одной из разновидностей операционной системы Unix. (*RISC (Restricted (Reduced) Instruction Set Computer - компьютер с сокращенным набором команд) - архитектура процессора, в которой быстродействие увеличивается за счет упрощения инструкций, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения - короче. В процессорах с RISC-архитектурой используется ограниченный набор быстрых команд. Каждая команда RISC-процессора должна выполняться за один машинный такт. Это облегчает повышение тактовой частоты и делает более эффективной суперскалярность (распараллеливание инструкций между несколькими исполнительными блоками). В таких микропроцессорах содержится меньшее количество транзисторов, что снижает их стоимость и энергопотребление. При этом, как правило, повышается их производительность. Архитектура RISC является основой современных высокопроизводительных ЭВМ.*)

В менее мощных все чаще используют технологию Wintel (т.е. микропроцессоры Intel и операционные системы Windows). Графические процессоры выполняют такие операции, как, например, растеризация — представление изображения в растровой форме для ее визуализации, перемещение, вращение, масштабирование, удаление скрытых линий и т. п.

Типичные характеристики рабочих станций: несколько процессоров, десятки-сотни мегабайт оперативной и тысячи мегабайт внешней памяти, наличие кэш-памяти, системная шина со скоростями от сотен Мбайт/с до 1-2 Гбайт/с.

В зависимости от назначения существуют АРМ конструктора, АРМ технолога, АРМ руководителя проекта и т.п. Они могут различаться составом периферийных устройств, характеристиками ЭВМ.

В АРМ конструктора (графических рабочих станциях) используются растровые мониторы с цветными трубками. Типичные значения характеристик мониторов находятся в следующих пределах: размер экрана по диагонали 17...24 дюйма (фактически изображение занимает площадь на 5... 8 % меньше, чем указывается в паспортных данных). Разрешающая способность монитора, т.е. число различимых пикселей (отдельных точек, из которых состоит изображение), определяется шагом между отверстиями в маске, через которые проходит к экрану электронный луч в электронно-лучевой трубке. Этот шаг находится в пределах 0,21.0,28 мм, что соответствует количеству пикселей изображения от 800D600 до 1920D1200 и более. Чем выше разрешающая способность, тем шире должна быть полоса пропускания электронных блоков видеосистемы при одинаковой частоте кадровой развертки. Полоса пропускания видеоусилителя находится в пределах 110. 150 МГц и потому частота кадровой развертки обычно снижается с 135 Гц для разрешения 640D480 до 60 Гц для разрешения 1600D1200.

Отметим, что чем ниже частота кадровой развертки, а это есть частота регенерации изображения, тем заметнее мерцание экрана. Желательно, чтобы эта частота была не ниже 75 Гц.

Специально выпускаемые ЭВМ как серверы высокой производительности обычно имеют структуру симметричной многопроцессорной вычислительной системы. В них системная память разделяется всеми процессорами, каждый процессор может иметь свою сверхоперативную память сравнительно небольшой емкости, число

процессоров невелико (единицы, редко более десяти). Например, сервер Enterprise 250 (SunMicrosystems) имеет 1-2 процессора, его цена в зависимости от комплектации колеблется в диапазоне 24-56 тыс. долларов, а сервер Enterprise 450 с четырьмя процессорами стоит от 82 до 95 тысяч долларов.

## 2.2. Периферийные устройства.

Для ввода графической информации с имеющихся документов в САПР используют дигитайзеры и сканеры.

*Дигитайзер* применяют для ручного ввода. Он имеет вид кульмана, по его электронной доске перемещается курсор, на котором расположен визир и кнопочная панель. Курсор имеет электромагнитную связь с сеткой проводников в электронной доске. При нажатии кнопки в некоторой позиции курсора происходит занесение в память информации о координатах этой позиции. Таким образом может осуществляться ручная “сколка” чертежей.

Для автоматического ввода информации с имеющихся текстовых или графических документов используют *сканеры* планшетного или протяжного типа. Способ считывания — оптический. В сканирующей головке размещаются оптоволоконные самофокусирующиеся линзы и фотоэлементы. Разрешающая способность в разных моделях составляет от 300 до 800 точек на дюйм (этот параметр часто обозначают dpi). Считанная информация имеет растровую форму, программное обеспечение сканера представляет ее в одном из стандартных форматов, например TIFF, GIF, PCX, JPEG, и для дальнейшей обработки может выполнить векторизацию — перевод графической информации в векторную форму, например, в формат DXF.

Для вывода информации применяют принтеры и плоттеры. Первые из них ориентированы на получение документов малого формата (A3, A4), вторые — для вывода графической информации на широкоформатные носители.

В этих устройствах преимущественно используется растровый (т.е. построчный) способ вывода со струйной технологией печати. Печатающая система в струйных устройствах включает в себя картридж и головку. Картридж — баллон, заполненный чернилами (в цветных устройствах имеется несколько картриджей, каждый с чернилами своего цвета). Головка — матрица из сопел, из которых мельчайшие чернильные капли поступают на носитель. Физический принцип действия головки термический или пьезоэлектрический. При термопечати выбрасывание капель из сопла

происходит под действием его нагревания, что вызывает образование пара и выбрасывание капелек под давлением. При пьезоэлектрическом способе пропускание тока через пьезоэлемент приводит к изменению размера сопла и выбрасыванию капли чернил. Второй способ дороже, но позволяет получить более высококачественное изображение.

Типичная разрешающая способность принтеров и плоттеров 300 dpi, в настоящее время она повышена до 720 dpi. В современных устройствах управление осуществляется встроенными микропроцессорами. Типичное время вывода монохромного изображения формата А1 находится в пределах от 7 мин, цветного — в два раза больше.

Дигитайзеры, сканеры, принтеры, плоттеры могут входить в состав АРМ или разделяться пользователями нескольких рабочих станций в составе локальной вычислительной сети.

### **2.3. Особенности технических средств в АСУТП.**

Специфические требования предъявляют к вычислительной аппаратуре, работающей в составе АСУТП в цеховых условиях. Здесь используют как обычные персональные компьютеры, так и специализированные программируемые логические контроллеры (ПЛК), называемые *промышленными компьютерами*. Специфика ПЛК — наличие нескольких аналоговых и цифровых портов, встроенный интерпретатор специализированного языка, детерминированные задержки при обработке сигналов, требующих незамедлительного реагирования. Однако ПЛК в отличие от персональных компьютеров IBMPC рассчитаны на решение ограниченного круга задач в силу специализированности программного обеспечения.

В целом промышленные компьютеры имеют следующие особенности:

1) работа в режиме реального времени (для промышленных персональных компьютеров разработаны такие ОС реального времени, как OS-9, QNX, VRTX и др.);

2) конструкция, приспособленная для работы ЭВМ в цеховых условиях (повышенные вибрации, электромагнитные помехи, запыленность, перепады температур, иногда взрывоопасность);

3) возможность встраивания дополнительных блоков управляющей, регистрирующей, сопрягающей аппаратуры, что помимо специальных



конструкторских решений обеспечивается использованием стандартных шин и увеличением числа плат расширения;

4) автоматический перезапуск компьютера в случае “зависания” программы;

5) повышенные требования к надежности функционирования.

В значительной мере специализация промышленных компьютеров определяется программным обеспечением. Конструктивно промышленный компьютер представляет собой корзину (крейт) с несколькими гнездами (слотами) для встраиваемых плат. Возможно использование мостов между крейтами. В качестве стандартных шин в настоящее время преимущественно используются шины VME-bus (VersabusModuleEurope-bus) и PCI (PeripheralComponentInterconnect).

VME-bus — системная шина для создания распределенных систем управления на основе встраиваемого оборудования (процессоры, накопители, контроллеры ввода-вывода). Представляет собой расширение локальной шины компьютера на несколько гнезд объединительной платы (до 21 слота), возможно построение многомастерных систем, т.е. систем, в которых ведущими могут быть два или более устройств. Имеет 32-разрядные немultipлексируемые шины данных и адресов, возможно использование multipлексируемой 64-разрядной шины. Пропускная способность шины 320 Мбайт/с.

PCI — более удобная шина для однопроцессорных архитектур, получает все большее распространение. Пропускная способность до 264 Мбайт/с, разрядность шины 2x32 и (или) при multipлексировании 64, архитектура с одним ведущим устройством. Имеется ряд разновидностей шины, например шина CompactPCI, в которой унифицирован ряд геометрических и механических параметров.

Программная связь с аппаратурой нижнего уровня (датчиками, исполнительными устройствами) происходит через драйверы. Межпрограммные связи реализуются через интерфейсы, подобные OLE. Для упрощения создания систем разработан стандарт OPC (OLEforProcessControl).