

Классификация вычислительных платформ

Разнообразие вычислительных систем и их организационных форм потребовало соответствующей классификации. Первым признаком, отличающим одну вычислительную систему от другой, является *вычислительная платформа*. Под этим понимают совокупность аппаратных и программных средств, присущих одному и тому же семейству *совместимых* вычислительных систем. Платформа определяется *типом компьютера* и используемой *операционной системой*.

Тип компьютера. Разнообразие фирм-изготовителей персональных компьютеров не могло не сказаться на разнообразии подходов к созданию вычислительных систем. Однако можно выделить следующие решения.

Платформа IBM. Отличительными особенностями этой платформы стали революционные решения фирмы: *принцип «открытой» архитектуры* и *принцип совместимости* персональных компьютеров.

Фирма IBM изначально не стала делать персональный компьютер *вещью в себе*, фирма рассекретила устройство и, тем самым, сделала возможным изготовление комплектующих и программ в соответствии с представленным *IBM* стандартом для любой фирмы. Персональный компьютер был задуман и сделан по типу детского конструктора «сделай сам» – каждое из входящих в него устройств можно было свободно поменять на другое такого же типа, но более совершенное. Благодаря такому подходу стали возможны две вещи: *быстрая сборка* компьютера из отдельных узлов «под заказчика» и *простая модификация* (даже силами самого пользователя) вычислительного комплекса.

Принцип совместимости открыл дорогу такому подходу, поскольку, согласно этому принципу, всякое новое поколение вычислителей должно было *поддерживать* старые модели. Это означало, что *программы*, используемые для обработки информации на старых моделях компьютеров, *должны были быть пригодными* для обработки информации на *более поздних моделях*.

Таким образом, пользователь, покупая персональный компьютер всего лишь один раз, в дальнейшем мог его модернизировать и иметь вполне современную вычислительную систему.

Платформа Apple. В отличие от *IBM* фирма *Apple* делала ставку на «закрытую» архитектуру. Комплектующие и программы для персонального компьютера выпускались лишь небольшим числом «авторизованных» производителей. Это значительно удорожало вычислительные системы.

Однако именно фирмой *Apple* были введены в обиход такие новинки, как *графический интерфейс* и манипулятор «мышь», звуковая система и компьютерное видео. Собственно говоря, и интерфейс операционной системы *Windows* был частично скопирован с одной из ранних операционных систем фирмы *Apple*.

Фирмой *Apple* создана серия вычислительных машин *Macintosh*, и до настоящего времени являющихся лидерами в таких областях, как издательское дело, подготовка и дизайн полноцветных иллюстраций, обработка видеoinформации и звука.

Платформа Amiga. В отличие от платформ *IBM* и *Apple Macintosh*, платформа *Amiga* изначально была ориентирована не на профессионалов, а на «домашних» пользователей. Игры, яркий и сочный цвет, видео, – вот сферы приложения такой платформы.

Наибольшие возможности платформы проявились в обработке графики, звука и видео. Кроме того, отличие платформы *Amiga* в больших возможностях расширения, для чего используется система специальных плат-«ускорителей».

Операционные системы. Операционная система (ОС) представляет собой программу, загружаемую автоматически при включении персонального компьютера и содержащую базовый набор команд для осуществления диалога пользователя с компьютером. Операционные системы делятся на однопрограммные ОС, многозадачные ОС и многопользовательские ОС.

К *однопрограммным* относятся операционные системы *SCP*, *MS DOS* и др.

Многозадачные ОС (Unix, Windows, начиная с версии 3.1, DOS 7.0, OS/2 и др.) предусматривают одновременное выполнение нескольких приложений. Причем, если однопрограммные ОС работают или в пакетном, или в диалоговом режимах, то многозадачные ОС могут совмещать эти режимы. Следовательно, такие ОС обеспечивают и пакетную, и диалоговую технологии обработки данных.

Многопользовательские ОС отвечают требованиям пользователей различных категорий и профессий. Они реализуются также сетевыми ОС *Novell Netware*, обеспечивают сетевые технологии, а также пакетные и диалоговые технологии.

Технология общения оператора с персональным компьютером определяется *интерфейсом* – набором приемов и правил осуществления диалога, обеспечиваемые операционной системой.

Существуют: командный, *WIMP*- и *SILK*-интерфейсы. В настоящее время разрабатывается т.н. *общественный интерфейс (social interface)*.

Командный интерфейс означает, что на экран выдается *системное приглашение для ввода очередной команды* (например, в *MS DOS* это выглядит как «C:\>», а в *Unix* – как «\$»).

WIMP-интерфейс (Windows – окна, Image – образ, Menu – меню, Pointer – указатель) является графическим, т.е., в отличие от командного интерфейса, на экране высвечивается окно, содержащее *образы программ и меню действий*. Для выбора одного из последних используют *указатель*.

SILK-интерфейс (Speech – речь, Image – образ, language – язык, knowledge – знание) означает, что по речевой команде (голосом) происходит перемещение от одних поисковых образов к другим.

В информационных технологиях под термином «платформа» в широком смысле обычно понимается совокупность следующих компонентов:

- аппаратного решения;
- операционной системы (ОС);

- прикладных программных решений и средств для их разработки.

В более узком смысле выделяют следующие виды платформ:

Программная платформа	это совокупность операционной системы, средств разработки прикладных программных решений и прикладных программ, работающих под управлением этой операционной системы
Прикладная платформа	это средства выполнения и комплекс технологических решений, используемых в качестве основы для построения определенного круга прикладных программ
Аппаратная платформа (hardware)	это совокупность совместимых аппаратных решений с ориентированной на них операционной системой

Понятие «**аппаратная платформа**» связано с решением фирмы IBM о выработке и утверждении единого стандарта на основные комплектующие персонального компьютера. До этого времени фирмы-производители ПК стремились создать собственные, уникальные устройства, чтобы стать монополистом по сборке и обслуживанию собственных персональных компьютеров. Однако в итоге рынок был перенасыщен несовместимыми друг с другом ПК, для каждого из которых нужно было создавать собственное программное обеспечение. Однако при этом фирма IBM быстро лишилась приоритета на рынке средств вычислительной техники, так как конкуренты производили клоны дешевле оригинального IBM PC. Но стандарт прижился как *платформа IBM PC-совместимых ПК*.

В связи с тем, что в настоящее время фирма IBM — создатель первого в мире массового персонального компьютера — утратила свой приоритет в выпуске ПК, на Западе все реже употребляют термин «IBM-совместимые компьютеры», а используют понятие «платформа Wintel», подразумевая под этим сочетание микропроцессора фирмы Intel с операционной системой Windows. Микропроцессор при этом рассматривается как основа аппаратной платформы, которая определяет архитектуру персонального компьютера, т. е. его тип и характеристики.

Однако термин Wintel не совсем точно определяет понятие платформы, так как открытая архитектура современных IBM-совместимых персональных компьютеров позволяет собирать их из комплектующих, изготавливаемых различными фирмами-производителями, включая и микропроцессоры, которые в настоящее время выпускаются не только фирмой Intel, но и Advanced Micro Devices (AMD), Cyrix Corp. и др. Кроме того, IBM-совместимые ПК могут работать не только под управлением операционной системы Windows, но и под управлением других операционных систем.

Платформа IBM-совместимых компьютеров включает в себя широкий спектр самых различных персональных компьютеров: от простейших домашних до сложных серверов.

Кроме платформы IBM-совместимых ПК в настоящее время достаточно широкое распространение получила *платформа Apple*, представленная довольно популярными на Западе компьютерами Macintosh.

Специалисты по компьютерной истории отдают приоритет в создании ПК именно компании Apple. С середины 70-х г. эта фирма представила несколько десятков моделей ПК — начиная с Apple I и заканчивая современным iMac, — и уверенно противостояла мощной корпорации IBM.

В середине 80-х гг. компьютеры серии Macintosh стали самыми популярными ПК в мире. В отличие от IBM, компания Apple всегда делала ставку на закрытую архитектуру — комплектующие и программы для этих компьютеров выпускались лишь небольшим числом «авторизированных» производителей. За счет этого компьютеры Macintosh всегда стоили несколько дороже своих IBM-совместимых ПК, что компенсировалось их высокой надежностью и удобством.

Именно на компьютерах Apple впервые появились многие новинки, со временем ставшие неотъемлемой частью персонального компьютера: графический интерфейс и мышь, звуковая подсистема и компьютерное видео и т. д. Кроме того, и интерфейс самой Windows был частично скопирован с одной из ранних операционных систем Apple, созданной для компьютера Lisa.

Работа с графикой и сегодня остается основной областью функционирования персональных компьютеров Apple. Поэтому ПК Macintosh по-прежнему незаменимы в таких областях, как издательское дело, подготовка и дизайн полноцветных иллюстраций, аудио- и видеообработка.

В этом качестве компьютеры Apple используются сейчас в России (в США новые модели Apple используются и в качестве домашних ПК).

Несмотря на значительное падение интереса к Apple в начале 90-х г., к концу десятилетия они вновь вернули себе былую славу после выхода моделей с новым, уникальным дизайном (полупрозрачным, голубоватого оттенка корпусом, мышью или принтером), рассчитанным на домашнего пользователя (настольные модели iMac и портативные iBook).

Они используют свое, особое программное обеспечение, да и комплектующие их существенно отличаются от IBM. В России компьютеры Macintosh достаточно распространены в полиграфической отрасли для подготовки полноцветных иллюстраций и дизайна. В настоящее время они получают распространение и в других профессиональных областях, а также в качестве «домашнего» компьютера.

Сегодня на рынке средств вычислительной техники представлено несколько основных платформ персональных компьютеров, каждая из которых отличается как по назначению, так и по типу аппаратного и программного обеспечения. Как правило, различные платформы компьютеров несовместимы между собой.

Проблема совместимости компьютерных платформ возникла практически одновременно с появлением самих персональных компьютеров. По тем или иным причинам каждый производитель делал свою продукцию оригинальной настолько, что более никто не мог обменяться с ней информацией. В какой-то степени эта конкурентная борьба продолжается и в настоящее время, однако понимание того, что в погоне за клиентом

основополагающим фактором должна стать универсальность, пришло к производителям компьютерных систем уже очень давно.

Существует два основных варианта решения проблемы совместимости компьютерных платформ (рис. 2.1):

1. *Аппаратные решения* — это специальные платы, несущие на себе дополнительные процессор, оперативную память и видеопамять другой аппаратной платформы. Фактически они представляют собой отдельный компьютер, вставленный в существующий ПК. Его, как и обычный компьютер, можно оснастить любой операционной системой по выбору пользователя и соответствующим программным обеспечением. При этом можно легко переключаться между двумя операционными системами, обмениваться между ними файлами и выполнять другие операции, причем производительность обеих систем остается высокой и они не влияют друг на друга, так как практически не имеют разделяемых ресурсов, кроме мыши, клавиатуры и монитора. Основным недостатком таких плат является их высокая стоимость, хотя и несколько меньшая, чем отдельного ПК.

2. *Программные решения* — это специально написанные программы-эмуляторы, позволяющие запустить программное обеспечение, разработанное для персональных компьютеров одного типа, на другом ПК.

Эмулятор — специальная программа, выполняющая каждую команду исходной программы посредством одной или нескольких команд ПК, на котором происходит эмуляция.

Существует несколько видов эмуляторов:

- **эмуляторы-исполнители** позволяют запускать программы, написанные для других операционных систем.
- **эмуляторы аппаратного обеспечения** воспроизводят настоящий персональный компьютер со всеми его аппаратными и программными особенностями. В этом случае пользователь получает абсолютный контроль над своим виртуальным ПК и может выполнять на нем практически все операции, что и с настоящим компьютером. Недостатком этих эмуляторов является некоторая медлительность.
- **эмуляторы операционных систем** позволяют воспроизвести на ПК операционную систему, которая несовместима с данной аппаратной платформой. Примером такого эмулятора является эмулятор операционной системы Windows, который позволяет на компьютере Macintosh работать с операционной системой, написанной для IBM-совместимых ПК. Работают такие программы несколько быстрее, чем эмуляторы аппаратного обеспечения, но у них есть много ограничений. Например, пользователь не может сам выбрать операционную систему.

Таблица 2.1. Классификация операционных систем

Классификационный признак	Тип операционной системы
----------------------------------	---------------------------------

<p>1. Особенности алгоритмов управления ресурсами</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Локальные ОС – управляют ресурсами отдельного компьютера; • Сетевые ОС – участвуют в управлении ресурсами сети
<p>2. Число одновременно решаемых задач</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Однозадачные ОС – выполняют функцию предоставления пользователю виртуальной вычислительной машины, обеспечивая его простым и удобным интерфейсом взаимодействия с компьютером, средствами управления периферийными устройствами и файлами. • Многозадачные ОС – кроме вышеперечисленных функций, управляют разделением совместно используемых ресурсов, таких как процессор, оперативная память, файлы и внешние устройства
<p>3. Число одновременно работающих пользователей</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Однопользовательские; • Многопользовательские. <p>Основным отличием многопользовательских систем от однопользовательских является поддержка одновременной работы на ЭВМ нескольких пользователей за различными терминалами и наличие средств защиты информации каждого пользователя от несанкционированного доступа других пользователей</p>
<p>4. Возможность распараллеливания вычислений в рамках одной задачи</p>	<p>. ОС без возможности распараллеливания вычислений в рамках одной задачи.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поддержка многонитевости. Многонитевая ОС разделяет процессорное время не между задачами, а между их отдельными ветвями - нитями
<p>5. Способ распределения процессорного времени между несколькими одновременно</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Невытесняющая многозадачность. В невытесняющей многозадачности механизм планирования процессов целиком сосредоточен в операционной системе. При этом активный процесс выполняется до тех пор, пока он сам по собственной инициативе не передаст управления ОС для выбора из очереди другого, готового к

<p><i>существующими в системе процессами или нитями</i></p>	<p>выполнению процесса.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вытесняющая многозадачность. Механизм планирования процессов распределен между системой и прикладными программами. При вытесняющей многозадачности решение о переключении процессора с одного процесса на другой принимается операционной системой, а не самим активным процессом
<p><i>6. Наличие средств поддержки многопроцессорной обработки</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие средств поддержки многопроцессорной обработки. • Многопроцессорные ОС, которые в свою очередь классифицируются по способу организации вычислительного процесса в системе с многопроцессорной архитектурой: <ul style="list-style-type: none"> - ассиметричные ОС. Целиком выполняется только на одном из процессоров системы, распределяя прикладные задачи по остальным процессорам; - симметричные ОС. Такие операционные системы полностью децентрализованы и используют весь набор процессоров, разделяя их между системными и прикладными задачами
<p><i>7. Ориентация на аппаратные средства</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Операционные системы персональных компьютеров. • Операционные системы серверов. • Операционные системы мейнфреймов. • Операционные системы кластеров
<p><i>8. Зависимость от аппаратных платформ</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Зависимые ОС, ориентированные на определенный класс персональных компьютеров. • Мобильные ОС. В таких операционных системах аппаратно зависимые места локализованы так, что при переносе системы на новую платформу переписываются только они. Средством, облегчающим перенос ОС на другой тип компьютера, является написание ее на машинно независимом языке
<p><i>9. Особенности областей использования</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • ОС пакетной обработки. Системы пакетной обработки предназначены для решения задач вычислительного характера, не требующих быстрого получения результатов. Главной целью и критерием эффективности систем пакетной обработки является максимальная

	<p>пропускная способность, т. е. решение максимального числа задач в единицу времени. • ОС разделения времени. В системах с разделением времени каждому пользователю предоставляется терминал, с которого он может вести диалог со своей программой. Каждой задаче выделяется некоторый квант процессорного времени, так что ни одна задача не занимает процессор надолго. Если квант времени выбран небольшим, то у всех пользователей, одновременно работающих на одном компьютере, создается впечатление, что каждый из них единолично использует ЭВМ. • ОС реального времени. Системы реального времени применяются для управления различными техническими объектами, когда существует предельно допустимое время, в течение которого должна быть выполнена та или иная программа управления объектом. Невыполнение программы в срок может привести к аварийной ситуации. Таким образом, критерием эффективности операционных систем реального времени является их способность выдерживать заранее заданные интервалы времени между запуском программы и получением результата - управляющего воздействия</p>
<p>10. Способ построения ядра операционной системы</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Монолитное ядро. ОС, использующие монолитное ядро, компонуется как одна программа, работающая в привилегированном режиме и использующая быстрые переходы с одной процедуры на другую, не требующие переключения из привилегированного режима в пользовательский и наоборот. • Микроядерный подход. При построении ОС на базе микроядра, работающего в привилегированном режиме и выполняющего только минимум функций по управлению устройствами, функции более высокого уровня выполняют специализированные компоненты ОС - программные серверы, работающие в пользовательском режиме. При таком построении ОС работает более медленно, так как часто выполняются переходы между привилегированным режимом и пользовательским, но система получается более гибкой и ее функции можно модифицировать, добавляя или исключая серверы пользовательского режима
<p>11. Наличие нескольких прикладных сред в рамках одной ОС</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ОС, ориентированная на одну прикладную среду. • Несколько прикладных сред в рамках одной ОС, позволяющих выполнять приложения, разработанные для нескольких операционных систем. Концепция множественных прикладных сред наиболее просто реализуется в ОС на базе

	<p>микроядра, над которым работают различные серверы, часть которых реализуют прикладную среду той или иной операционной системы</p>
<p>12. Распределение функций операционной системы среди персональных компьютеров сети</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ОС, ориентированная на управление одной рабочей станцией сети, с поддержкой сетевого сервиса для конкретного компьютера. • Распределенные ОС, в которых реализованы механизмы, обеспечивающие пользователя возможностью представлять и воспринимать сеть в виде однопроцессорного компьютера. Признаками распределенной ОС является наличие единой справочной службы разделяемых ресурсов и службы времени, использование механизма вызова удаленных процедур для распределения программных процедур по машинам, многонитевой обработки, позволяющей распараллеливать вычисления в рамках одной задачи и выполнять эту задачу одновременно на нескольких компьютерах сети, а также наличие других распределенных служб
<p>13. Тип пользовательского интерфейса</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Объектно ориентированные - как правило, с графическим интерфейсом. • Командные - с текстовым интерфейсом

В целом функции, выполняемые операционными системами разных классов и видов, достаточно схожи и направлены на обеспечение поддержки работы прикладных программ, организацию их взаимодействия с устройствами, предоставление пользователям возможности работы в сетях, а также управление функционированием персонального компьютера. Поэтому при выборе операционной системы пользователь должен четко представлять, насколько та или иная ОС обеспечит ему решение его задач.

Чтобы выбрать ту или иную операционную систему, необходимо знать:

- на каких аппаратных платформах и с какой скоростью работает ОС;

какое периферийное аппаратное обеспечение операционная система поддерживает;

как полно удовлетворяет ОС потребности пользователя, т. е. каковы функции операционной системы;

каков способ взаимодействия ОС с пользователем, т. е. насколько нагляден, удобен, понятен и привычен пользователю интерфейс;

существуют ли информативные подсказки, встроенные справочники и т. д.;

какова надежность системы, т. е. ее устойчивость к ошибкам пользователя, отказам оборудования и т. д.;

какие возможности предоставляет операционная система для организации сетей;

обеспечивает ли ОС совместимость с другими операционными системами;

какие инструментальные средства имеет ОС для разработки прикладных программ;

осуществляется ли в ОС поддержка различных национальных языков;

какие известные пакеты прикладных программ можно использовать при работе с конкретной операционной системой;

как осуществляется в ОС защита информации и самой операционной системы.

Критерии выбора платформы

Выбор платформы представляет собой чрезвычайно сложную задачу, которая состоит из двух частей:

1. Определение сервиса, который должен обеспечиваться платформой
2. Определение уровня сервиса, который может обеспечить данная платформа

Существует несколько причин, в силу которых достаточно сложно оценить возможности платформы с выбранным набором компонентов, которые включаются в систему:

- подобная оценка прогнозирует будущее: предполагаемую комбинацию устройств, будущее использование программного обеспечения, будущих пользователей;
- конфигурация аппаратных и программных средств связана с определением множества разнородных по своей сути компонентов системы, в результате чего сложность быстро увеличивается;
- скорость технологических усовершенствований аппаратных средств, функциональной организации системы, операционных систем очень высокая и постоянно растет. Ко времени, когда какой-либо компонент широко используется и хорошо изучен, он часто рассматривается как устаревший.
- доступная потребителю информация об аппаратном обеспечении, операционных

системах, программном обеспечении носит общий характер. Структура аппаратных средств, на базе которых работают программные системы, стала настолько сложной, что эксперты в одной области редко являются таковыми в другой.

Выбор той или иной платформы и конфигурации определяется рядом критериев. К ним относятся:

- 1. Отношение стоимость-производительность.**
- 2. Надежность и отказоустойчивость.**
- 3. Масштабируемость.**
- 4. Совместимость и мобильность программного обеспечения.**

Отношение стоимость-производительность. Появление любого нового направления в вычислительной технике определяется требованиями компьютерного

рынка. Поэтому у разработчиков компьютеров нет одной единственной цели.

Мейнфрейм — это электронно-вычислительная машина, относящаяся к классу больших ЭВМ с высокой производительностью, поддерживающая многопользовательский режим работы для решения специализированных задач.

Мейнфрейм или суперкомпьютер стоят дорого, т.к. для достижения поставленных целей при проектировании высокопроизводительных конструкций приходится игнорировать стоимостные характеристики.

Другим крайним примером может служить низкостоймостная конструкция, где производительность принесена в жертву для достижения низкой стоимости. К этому направлению относятся персональные компьютеры. Между этими двумя крайними направлениями находятся конструкции, основанные на отношении стоимость-производительность, в которых разработчики находят баланс между стоимостными параметрами и производительностью. Типичными примерами такого рода компьютеров являются мини-компьютеры и рабочие станции.

Надежность и отказоустойчивость. Важнейшей характеристикой аппаратной платформы является надежность. Повышение надежности основано на принципе предотвращения неисправностей путем снижения интенсивности отказов и сбоев за счет применения электронных схем и компонентов с высокой и сверхвысокой степенью интеграции, снижения уровня помех, облегченных режимов работы схем, обеспечение тепловых режимов их работы, а также за счет совершенствования методов сборки аппаратной части персонального компьютера.

Введение отказоустойчивости требует избыточного аппаратного и программного обеспечения. Структура многопроцессорных и многомашинных систем приспособлена к автоматической реконфигурации и обеспечивает возможность продолжения работы

системы после возникновения неисправностей. Понятие надежности включает не только аппаратные средства, но

Отказоустойчивость - это свойство вычислительной системы, которое обеспечивает возможность продолжения действий, заданных программой, после возникновения неисправностей. и программное обеспечение. Главной целью повышения надежности систем является целостность хранимых в них данных.

Масштабируемость должна обеспечиваться архитектурой и конструкцией компьютера, а также соответствующими средствами программного обеспечения.

Добавление каждого нового процессора в действительно масштабируемой системе должно давать прогнозируемое увеличение производительности и пропускной способности при приемлемых затратах. В действительности реальное увеличение производительности трудно оценить заранее, поскольку оно в значительной степени зависит от динамики поведения прикладных задач.

Возможность масштабирования системы определяется не только архитектурой аппаратных средств, но и зависит от заложенных свойств программного обеспечения. Простой переход, например, на более мощный процессор может привести к перегрузке других компонентов системы. Это означает, что действительно масштабируемая система должна быть сбалансирована по всем параметрам.

Совместимость и мобильность программного обеспечения. В настоящее время одним из наиболее важных факторов, определяющих современные тенденции в развитии информационных технологий, является ориентация компаний-поставщиков компьютерного оборудования на рынок прикладных программных средств. Это объясняется прежде всего тем, что для конечного пользователя в конце концов важно программное обеспечение, позволяющее решить его задачи, а не выбор той или иной аппаратной платформы. Переход от однородных сетей программно-совместимых компьютеров к построению неоднородных сетей, включающих компьютеры разных фирм-производителей, в корне изменил и точку зрения на саму сеть: из сравнительно простого средства обмена информацией она превратилась в средство интеграции отдельных ресурсов — мощную распределенную вычислительную систему, каждый элемент которой лучше всего соответствует требованиям конкретной прикладной задачи. Этот переход выдвинул ряд новых требований:

Во-первых, такая вычислительная среда должна позволять гибко менять количество и состав аппаратных средств и программного обеспечения в соответствии с меняющимися требованиями решаемых задач.

Во-вторых, она должна обеспечивать возможность запуска одних и тех же программных систем на различных аппаратных платформах, т. е. обеспечивать мобильность программного обеспечения.

В-третьих, эта среда должна гарантировать возможность применения одних и тех же человеко-машинных интерфейсов на всех компьютерах, входящих в неоднородную сеть.