

2. Основные вопросы конструирования ЭВМ

2.1. Модульный принцип конструирования ЭВМ

Существуют два основных принципа конструирования ЭВМ и систем: одно- и многоуровневый.

Одноуровневый (моносхемный) принцип конструирования – вся электрическая принципиальная схема ЭВМ реализуется на одной плате (так называемая машина-плата). Выход из строя одного элемента приводит к отказу всей машины, работоспособность можно обеспечить аппаратной или информационной избыточностью. Используется для ЭВМ невысокой сложности, при массовом производстве.

Многоуровневый (модульный) принцип конструирования – конструкция ЭВМ (системы) состоит из типовых сборочных единиц, разбитых на несколько уровней.

Типовая сборочная единица (типовая конструкция, типовой элемент замены) – любой узел ЭВМ, который по конструктивному оформлению и технологии производства является самостоятельным и имеет стандартные средства электрического и механического сопряжения.

Для выделения типовых конструкций электрическую схему ЭВМ делят на отдельные части – модули, поэтому этот принцип конструирования называют модульным.

Модули могут выделяться по следующим принципам:

- схемно-узловому – общая электрическая схема делится на отдельные части с законченными параметрами входа и выхода, но не законченные функционально (применяется чаще для бортовых ЭВМ, когда важна компактность устройства);
- функционально-узловому – общая электрическая схема делится на функционально законченные части разной степени сложности;

- каскадно-узловому – электрическая схема делится на отдельные каскады, которые не могут выполнять самостоятельных функций (для сложных ЭВМ).

Многоуровневый принцип конструирования дает возможность организовать производство типовых конструкций по независимым циклам (специализация производства).

2.2. Конструктивная преемственность

Конструктивной преемственностью называется применение в разрабатываемой ЭВМ деталей и сборочных единиц, уже освоенных в промышленности. Также к конструктивной преемственности относится установление для значений различных параметров (размеров и т.п.) предпочтительных рядов чисел. Система предпочтительных чисел создает ограничения при конструировании ЭВМ, так как полученные в результате расчетов значения параметров не принимаются «как есть», а округляются до ближайшего числа, предпочтительного с конструкторской или технологической точки зрения.

В то же время, использование конструктивной преемственности позволяет избежать затрат на разработку, освоение и изготовление ряда деталей, блоков и т.п., что дает большой экономический эффект. Чем выше уровень преемственности ЭВМ, тем легче ее разработать и освоить в производстве. Для конструирования преемственность обеспечивает переход от конструирования по принципу «все заново» к конструированию на основе синтеза из готовых типовых изделий. Для технологии преемственность является предпосылкой применения методов серийного и массового производства к малым масштабам выпуска ЭВМ. Полное обновление конструкции и всей материальной оснастки технологических

процессов оправдано только в случае замены устаревшей конструкции принципиально новой.

Формами конструктивной преемственности являются: унификация, нормализация и стандартизация.

Унификация – процесс уменьшения числа конструкций, предназначенных для выполнения одних и тех же или сходных по характеру функций. Унификации могут подвергаться как структурные части конструкции ЭВМ, так и материалы. Однако, унификация может охватывать конструкции только данного изделия или небольшой группы изделий одинакового или близкого по характеру назначения.

Унификация типовых конструкций ЭВМ и систем идет по двум направлениям – конструктивно-технологическому и схемному.

Нормализация – ограничение разнообразия конструкций, предписываемое конструктору данного предприятия или отрасли промышленности. Требования нормализации состоят в применении уже разработанных (а в ряде случаев – уже выпускающихся) деталей, сборочных единиц и блоков; в ограничении номенклатуры (для данного предприятия или отрасли) материалов, полуфабрикатов и типовых изделий.

Стандартизация – метод обязательного ограничения разнообразия и регламентирования единства качественных показателей промышленной продукции, классификации, терминологии, кодирования, технических требований, методов испытаний, требований к упаковке, транспортировке и т.п. Стандартизация устанавливает обязательные нормы на параметры изделий или производственный процесс, обеспечивает однородность, взаимозаменяемость и снижает трудоемкость производства. В соответствии с единой государственной системой стандартизации в промышленности действуют стандарты трех категорий: государственные стандарты (ГОСТ); отраслевые стандарты (ОСТ) для изделий,

унифицированных в отрасли; стандарты предприятий (СТП) для изделий, унифицированных на предприятии. Кроме государственных стандартов существуют еще и международные стандарты.

2.3. Конструктивная иерархия модулей

Вид конструкции ЭВМ определяется количеством уровней иерархии типовых модулей и их геометрической компоновкой. Конструктивная иерархия определяется по принципу конструктивной законченности и, в общем случае, может совпадать с функциональной.

В конструкции ЭВМ можно выделить пять уровней (см. рис. 2.1).

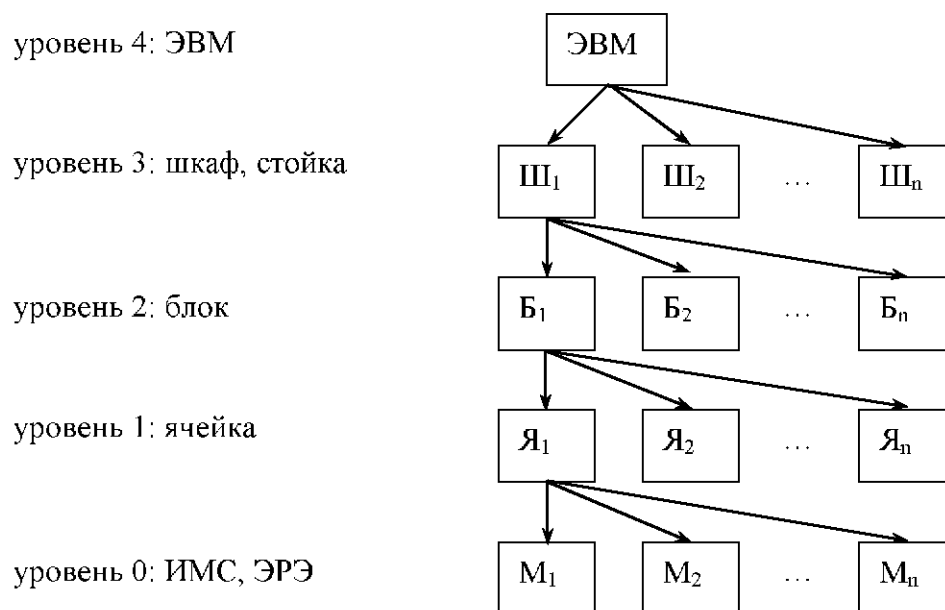


Рисунок 2.1 - Уровни конструктивной иерархии ЭВМ.

На нулевом уровне иерархии находятся конструктивно неделимые элементы (т.е. конструктивные элементы, составные части которых нераздельно связаны между собой так, что все устройство рассматривается как единое целое) – интегральные микросхемы (ИМС) и электро-радиоэлементы (ЭРЭ).

Структурную схему ЭВМ любого класса и назначения строят из некоторого конечного числа ИМС, осуществляющих те или иные логические функции. В пределах одной ЭВМ одна группа ИМС может функционально отличаться от другой, но конструктивно они будут выполнены в виде определенных (унифицированных) по размерам корпусов с выводами. Таким образом, ИМС и ЭРЭ являются исходными унифицированными конструктивными элементами, унификация которых требует унификации и других конструктивных единиц ЭВМ.

На *первом уровне* конструктивной иерархии неделимые элементы определяются в схемные сочетания, имеющие более сложный функциональный признак, и образуют ячейки, печатные платы и т.п. К ячейкам относятся прямоугольные печатные платы, на поле которых выделяют два участка: основной (для монтажа ИМС) и вспомогательный (для монтажа остальных конструктивных элементов, разъемов, фиксаторов). Элементы первого уровня содержат единицы, десятки, сотни ИМС и ЭРЭ.

Иногда в конструктивной иерархии ЭВМ между нулевым и первым уровнем находится *уровень 0.5*, на котором располагаются микросборки, получающиеся путем механического и электрического объединения бескорпусных ИМС и кристаллов полупроводниковых приборов на общей плате.

На *втором уровне* располагаются конструктивные единицы, предназначенные для механического и электрического объединения элементов первого уровня – блоки различных видов. Конструктивное исполнение блоков весьма разнообразно, но у всех блоков обязательно присутствует монтажная панель, каркас, направляющие и элементы крепления в модуле высшего уровня. Блоки часто содержат лицевую панель. Блоки, имеющие защитные кожухи и крышки, могут эксплуатироваться как самостоятельные приборы.

Если в блоке содержится много элементов первого уровня, то они могут сначала объединяться в кассеты, а уже затем несколько кассет – в блок.

Третий уровень конструктивной иерархии ЭВМ может быть реализован в виде стойки или шкафа, внутренний объем которых заполнен элементами второго уровня.

Иногда модули второго уровня (блоки) сначала объединяются в модули уровня 2.5 – рамы, которые затем объединяются в стойки или шкафы (модули третьего уровня).

На четвертом уровне иерархии находится ЭВМ или система, включающая несколько шкафов, соединенных кабелями.

Многоуровневый метод компоновки позволяет:

- организовать производство по независимым циклам для каждого структурного уровня;
- сократить период настройки ЭВМ, т.к. может быть проведена предварительная настройка отдельных конструктивных элементов порознь;
- унифицировать стендовую аппаратуру для испытания конструктивных единиц;
- повысить надежность конструктивных единиц.

Вместе с тем, многоуровневый метод компоновки требует решения ряда задач: нахождение оптимального корпуса элементов некоторого уровня и метода их присоединения в элемент следующего уровня и т.п.

Конструкции ЭВМ различных классов существенно отличаются друг от друга как по конструктивному исполнению модулей, так и по количеству уровней иерархии. Примером двухуровневой конструктивной иерархии может служить конструкция одноплатной управляющей микро-ЭВМ, встраиваемой непосредственно в объект управления. В такой конструкции ИМС и ЭРЭ (уровень 0) устанавливаются на печатную плату

(уровень 1) с внешними разъемами, элементами крепления ее в объекте управления и, при необходимости, элементами индикации. Большая многопроцессорная ЭВМ со сложной структурой требует использования четырех-пяти, а иногда и более уровней конструктивной иерархии.

2.4. Геометрическая компоновка конструкций ЭВМ

Под геометрической компоновкой подразумевают выбор формы, размеров, взаимного расположения типовых конструкций и способа их перемещения относительно друг друга.

Цель геометрической компоновки – обеспечение технических характеристик ЭВМ, а также эксплуатационных и конструктивно-технологических требований. Основная техническая характеристика ЭВМ, которая должна быть обеспечена – заданное быстродействие.

Потери быстродействия могут быть связаны с задержками сигналов в линиях связи, поэтому для снижения потерь стремятся к минимизации следующих величин: суммарного расстояния между всеми взаимосвязанными элементами, длины линии связи и расстояния между наиболее удаленными точками. Теоретически этим условиям удовлетворяет такая геометрическая форма, как шар (в плоском случае – круг). Шар обеспечивает минимум внешних элементов и их равноудаленность от центра, однако он не удовлетворяет эксплуатационным и конструктивно-технологическим требованиям, так как не обеспечивает плотности упаковки.

В связи с этим типовые конструкции в большинстве случаев разрабатывают прямоугольной формы. Если объем, занимаемый типовой конструкцией, критичен (например, для бортовых ЭВМ), то применяют шаровые, полусферические или цилиндрические формы (рисунок 2.2).

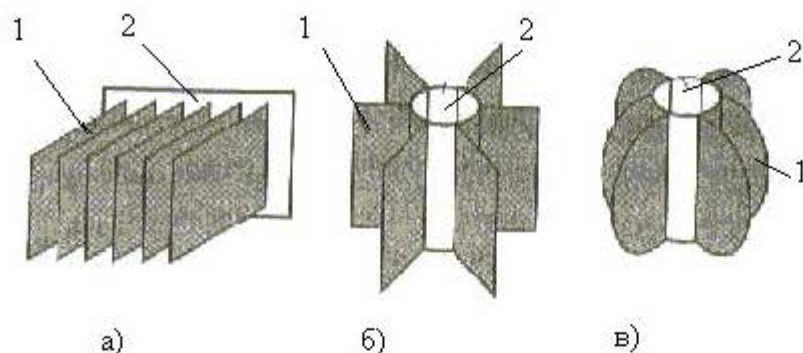


Рисунок 2.2 Компонировочные схемы блоков.

а) в виде параллелепипеда, б) в виде цилиндра; в) в виде сферы.

1 – печатные платы, 2 – монтажная панель.

Геометрическая компоновка конструкций должна также обеспечивать удобство монтажа и замены типовых элементов. Для удобства доступа к типовым элементам используют следующие способы их перемещения относительно друг друга: разворот (вертная конструкция), раскрытие (книжная конструкция), выдвигание и откидывание (рисунок 2.3).

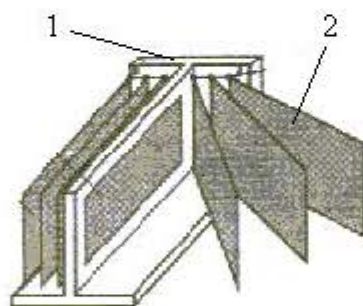


Рисунок 2.3 Блок книжной конструкции.

1 – несущая конструкция блока, 2 – печатная плата

2.5. Технологичность конструкции

В общем случае под технологичностью конструкции понимается совокупность ее свойств, гарантирующая в заданных условиях производства и эксплуатации оптимальные затраты труда, средств, материалов и времени при технологической подготовке производства.

изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций при обеспечении установленных показателей качества.

Технологичность конструкции в принципе определяет экономическую целесообразность запуска изделия в производство.

Отработка конструкции на технологичность ведется конструкторами и технологами на всех стадиях проектирования и изготовления.

Согласно стандартам ЕСТПП, различают два вида технологичности конструкции:

- производственную, которая обеспечивается сокращением затрат средств и времени на КПП, ТПП и процессы изготовления изделия;
- эксплуатационную, обеспечивающуюся сокращением затрат средств и времени на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Главными факторами, определяющими требования к технологичности конструкции, являются:

- вид изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект);
- тип производства (многие изделия, технологичные для крупносерийного и массового производства, нетехнологичны для единичного и мелкосерийного);
- уровень развития науки и техники.

Оценка технологичности может быть качественной и количественной.

Качественная оценка предшествует количественной, определяет ее целесообразность и характеризует обобщенно достоинство конструкции на основе опыта исполнителя.

К качественным показателям технологичности относят:

- взаимозаменяемость;
- регулируемость;

- контролепригодность;
- инструментальную доступность.

Взаимозаменяемость – свойство одних и тех же изделий, позволяющее устанавливать их в процессе сборки или заменять без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе изделия в целом.

Количественная оценка технологичности выражается системой показателей – основных, дополнительных и технических, которые используются для сравнения различных вариантов конструкции в процессе проектирования изделия и определения уровня технологичности разработанного изделия.

Различают четыре основных показателя производственной технологичности:

1) трудоемкость изготовления изделия, складывающаяся из трудоемкости изготовления всех входящих в изделие деталей и сборочных единиц, трудоемкости сборки изделия и трудоемкости испытаний;

2) уровень технологичности конструкции по трудоемкости, характеризуемый отношением трудоемкости проектируемого изделия к показателю трудоемкости изготовления аналогичной конструкции, уже освоённой в производстве, вводимому с учетом поправочных коэффициентов;

3) технологическая себестоимость;

4) уровень технологичности конструкции по себестоимости изготовления, характеризуемый отношением себестоимости проектируемого изделия к себестоимости изготовления аналогичной конструкции, уже освоённой в производстве, вводимой с учетом поправочных коэффициентов.

Дополнительные технико-экономические показатели технологичности характеризуют отдельные составляющие основных показателей, например, себестоимость ремонтных работ и т.п.

Технические показатели технологичности конструкции представляют собой систему базовых показателей K_i , которые могут быть использованы для оценки технологичности изделия путем сравнения рассчитанных значений показателей с их нормативными значениями. Оценка технологичности может также быть проведена по комплексному показателю технологичности.

Комплексный показатель технологичности K_{tex} рассчитывается по системе базовых показателей по следующей формуле:

$$K_{tex} = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i},$$

где K_i – базовый показатель технологичности, $\varphi_i = i/2^{i-1}$ – коэффициент весовой значимости базового показателя, i – порядковый номер базового показателя в ранжированной последовательности (на комплексный показатель технологичности влияют только семь первых базовых показателей).

Все сборочные единицы вычислительной техники в зависимости от конструктивно-технологических особенностей условно разбиваются на: электронные блоки (логические, аналоговые, индикаторные, блоки оперативной памяти, генераторы сигналов и т.п.); радиотехнические блоки (вторичные и стабилизированные источники питания, выпрямители и т.п.); электромеханические и механические блоки (механизмы привода, волноводные блоки и т.п.); коммутационно-распределительные блоки (коммутаторы, переключатели, распределительные коробки и т.п.).

Для электронных блоков ранжированная последовательность базовых показателей K_i выглядит следующим образом:

1) коэффициент использования ИМС и микросборок – отношение количества ИМС ($H_{ИМС}$) к общему числу навесных элементов (ИМС и ЭРЭ) в изделии:

$$K_{ИС\ ИМС} = H_{ИМС} / (H_{ИМС} + H_{ЭРЭ});$$

2) коэффициент автоматизации и механизации монтажа – отношение количества контактных соединений, выполняемых механизированным способом ($H_{АМ}$), к общему числу контактных соединений (H_M):

$$K_{АМ} = H_{АМ} / H_M;$$

3) коэффициент механизации подготовки к монтажу – отношение количества навесных элементов, подготавливаемых к монтажу механизированным способом ($H_{МП\ НЭ}$), к общему числу навесных элементов ($H_{ИЭ}$):

$$K_{МП} = H_{МП\ НЭ} / H_{НЭ};$$

4) коэффициент механизации контроля и настройки – отношение количества операций контроля, осуществляемых механизированным способом ($H_{МКН}$), к общему количеству операций контроля ($H_{КН}$):

$$K_{МКН} = H_{МКН} / H_{КН};$$

5) коэффициент повторяемости ЭРЭ – определяется отношением количества типоразмеров ЭРЭ ($H_{Т\ ЭРЭ}$) к общему количеству ЭРЭ:

$$K_{ПОВ} = 1 - H_{Т\ ЭРЭ} / H_{ЭРЭ};$$

6) коэффициент применяемости ЭРЭ – определяется отношением количества типоразмеров оригинальных ЭРЭ ($H_{Т\ ОР\ ЭРЭ}$) к общему количеству типоразмеров ЭРЭ ($H_{Т\ ЭРЭ}$):

$$K_{П\ ЭРЭ} = 1 - H_{Т\ ОР\ ЭРЭ} / H_{Т\ ЭРЭ};$$

7) коэффициент прогрессивности формообразования деталей – отношение числа деталей, изготавливаемых прогрессивными методами ($D_{ПР}$), к общему числу деталей (D):

$$K_{Ф} = D_{ПР} / D.$$

Значения частных показателей технологичности K_i находятся в пределах $0 < K_i \leq 1$, при этом рост показателя соответствует более высокой технологичности изделия.

Расчетное значение комплексного показателя технологичности K_{tex} сравнивается с нормативным значением K_n , которое, например, для электронных узлов изменяется в пределах: 0.5...0.8 для серийного производства, 0.45...0.75 для установочной серии, 0.4...0.7 для опытного образца. Соотношение рассчитанного комплексного показателя технологичности и нормативного показателя должно удовлетворять условию:

$$K_{tex}/K_n \geq 1.$$

Для определения нормативного комплексного показателя технологичности используют данные по серийно выпускаемым наиболее современным изделиям-аналогам.

Основными способами повышения технологичности конструкции являются:

- сокращение числа деталей в изделии без усложнения их конструкции;
- максимальное использование деталей и сборочных единиц, ранее освоенных в производстве;
- расчленение изделия на возможно большее число самостоятельно собираемых и взаимозаменяемых сборочных единиц;
- соответствие параметров точности изготовления и качества поверхности деталей эксплуатационным требованиям к изделию;
- широкое внедрение деталей, изготавливаемых прогрессивными методами, а также изготавливаемых из недорогих материалов;
- применение компоновки конструкции, обеспечивающей удобство и простоту сборки изделия, удобный доступ к его элементам при монтаже и ремонте.

2.6. Эргономичность и эстетичность конструкции

Понятие *эргономичности* определяет удобство пользователя при работе с ЭВМ. Эргономические требования к изделиям должны учитывать следующие параметры: гигиенические (освещенность, вентиляция, температура, влажность, давление воздуха, напряженность электрического и магнитного полей, запыленность, радиация, вибрации и перегрузки на объекте установки ЭВМ); антропометрические (соответствие форме, размерам тела человека и распределению его массы); физиологические и психофизиологические (соответствие силовым, скоростным и энергетическим возможностям человека и возможностям его зрительного, слухового и осязательного анализаторов); психологические (соответствие закрепленным и вновь формируемым навыкам человека и его возможностям по восприятию, переработке и выработке сигналов управления).

Эстетические требования определяются композиционным решением, формой изделия, его цветом и т. д., гармонически связывающими изделие с интерьером (окружающей средой). Требования к *композиции* заключаются в том, что технические средства (ТС) ЭВМ должны быть построены на основе единых конструктивно-технологических решений; ТС и детали их внешнего оформления должны быть спроектированы с учетом обеспечения стилового единства; форма ТС должна соответствовать их назначению, конструктивной организации, применяемым материалам, внутренней компоновке функциональных объемов, частей и блоков ТС; связи объемов, плоскостей и очертаний формы ТС должны подчеркивать целостность композиции. Требования к *гармонии* состоят в построении ТС по модульному принципу; ТС, кроме того, должны обладать информативностью формы; для защитно-декоративного покрытия ТС

используется гармоническое сочетание цветов с учетом психофизиологического воздействия цвета на человека; допускается выделять цветом элементы ТС или их отдельные части в композиционных и функциональных целях.

2.7. Патентоспособность

При разработке ЭВМ и систем необходимо учитывать *патентность* – свойство технических разработок находиться под охраной международного авторского права, если они обладают новизной, имеют изобретательский уровень, промышленно применимы и юридически соответственно оформлены. Изобретение является новым, если оно не известно из уровня техники. Изобретение имеет изобретательский уровень, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники. Уровень техники определяется по всем видам сведений, общедоступных в России или зарубежных странах до даты приоритета изобретения. Изобретение является промышленно применимым, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях народного хозяйства страны. Объектами изобретений могут являться устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных, а также применение известного ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению. Не признаются изобретениями научные теории; методы организации и управления хозяйством; условные обозначения, расписания, правила, методы выполнения умственных операций; алгоритмы программ для вычислительных машин; проекты и схемы планирования сооружений, зданий, территорий; предложения, касающиеся лишь внешнего вида изделий, направленных на удовлетворение эстетических потребностей. Право на изобретение охраняется государством и удостоверяется *патентом*.

В процессе конструирования ЭВМ обязательно проводится патентный поиск, связанный с изучением патентной информации, отбором патентных материалов и проверкой патентной чистоты разрабатываемого изделия. Тщательно проведенный патентный поиск предотвращает дублирование творческой работы и напрасную трату усилий на поиски решений, разработанных ранее. Кроме того, патентный поиск имеет целью охрану государственных и авторских интересов в области научно-технического творчества, интенсификацию внедрения достижений отечественной и зарубежной технической мысли. Может оказаться, что в результате патентных исследований будет показана нецелесообразность проведения разработки.

Патентная чистота – юридическое свойство объекта, заключающееся в том, что он не попадает под патенты, действующие в определенной стране. Наряду с этим существует понятие патентоспособность — возможность технического решения быть запатентованным в качестве изобретения в определенных странах. Проверка патентной чистоты необходима во всех случаях разработки нового и усовершенствования старого изделия вычислительной техники. Документом, подтверждающим патентную чистоту изделия, является патентный формуляр, который входит в состав технической документации. Он составляется разработчиком с самого начала разработки и предъявляется на всех стадиях рассмотрения и утверждения технической документации на все объекты.

Контрольные вопросы

1. Что такое многоуровневый принцип конструирования?
2. Основные формы конструктивной преемственности.
3. Что находится на третьем уровне конструктивной иерархии ЭВМ?
4. Как определяется комплексный показатель технологичности?
5. Понятие патентоспособности разрабатываемого изделия.