# Введение

Человеческое общество характеризуется как непрерывным ростом своих потребностей, так и использованием для их удовлетворения орудий производства – изделий, под которыми обычно понимаются машины, оборудование, устройства и т.п. Рост потребностей обусловливает производство всё новых изделий, определяющих связь человека с человеком и с окружающей средой, в том числе и таких изделий, как ЭВМ. В свою очередь изделия также прямо или косвенно влияют на жизнь человека. Модель удовлетворения общественной потребности в изделиях можно представить в виде спирали, где каждый виток развития включает определённую последовательность действий общества (рис. 1).

Формальное описание потребности составляет основу проектирования как устройства изделия, так и описания его функционирования. Под *проектированием* обычно понимается разработка основных показателей того конечного изделия, для которого оно проводится, и путей их практической реализации. В результате проектирования реализуется *конструкция* (от лат. constructio – построение) – искусственно создаваемая человеком совокупность физических тел и веществ, имеющая законченные формы, характеризующаяся определёнными параметрами и предназначенная для выполнения необходимых функций в заданных условиях.

Понятие «конструкция» всегда связывалось с активной деятельностью человека. Целесообразно говорить о конструкции, например, ЭВМ, но не говорят, скажем, о конструкции камня.

Конструкция изделия определяется его свойствами и параметрами. Основные свойства и параметры конструкции зависят от взаимосвязей составных частей изделия, а также от связей изделия с окружающей средой и человеком. Свойства и параметры конструкции постоянно изменяются и определяют существенные воздействия на конструкцию.

Запись конструкции (по сути конструкторская часть проектирования, или конструирование) с установлением размеров, видов, форм, обработок и некоторых других параметров осуществляется с помощью технических чертежей, фотографий, макетов или в машинной форме с использованием ЭВМ, т.е. в *конструкторской документации*. Независимо от вида записи конструкция, переданная для изготовления на производство, характеризует свойства, структуру и состав будущего изделия.

ГОСТ 2.101 – 68 определяет *изделие* как любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Он также устанавливает следующие виды изделий:

1. *деталь –* изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций;
2. *сборочная единица* – изделие, составные части, которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями;
3. *комплекс* – два и более изделия (состоящие в свою очередь из двух и более частей), не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций;
4. *комплект* - два и более изделия, не соединённые между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера.

Знание видов изделий необходимо для правильного оформления конструкторской документации на них и разработки технологии производства

Под *технологией* (от греч. technё – искусство, мастерство, умение и logos – учение, наука, т.е. наука о мастерстве) понимают совокупность производственных процессов и документов при изготовлении изделия, а также научные описания способов производства. Технология производства изделий базируется на способах изменения формы, размеров, физико-химических свойств, структуры и состава исходных материалов и полуфабрикатов. При выполнении определённого ряда технологических обработок из исходных материалов получают готовые изделия.

Любое производство имеет свои особенности, которые предоставляют возможности выполнения норм, задаваемых в технической документации, разработанной при проектировании. Чтобы производство было экономичным, а его результаты давали высокие количественные и качественные показатели изделия, нужно, чтобы его конструкция была технологичной, т.е. изготавливалась с минимальными затратами материалов, энергии и труда. Поэтому существенны связи конструкции с производственным процессом, приводящие к влиянию на технологические свойства и параметры изделия.

Воздействия окружающей среды на изделия зависят от места, времени и обстоятельств их функционирования. Поэтому все проявления окружающей среды в отношении основных свойств и параметров конструкции обязательно следует учитывать при конструировании, а готовые изделия перед эксплуатацией должны быть испытаны, т.е. необходимо экспериментально определить количественные и качественные характеристики их свойств.

Износ, моральное старение и некоторые другие факторы, проявляющиеся при эксплуатации или хранении изделий, приводят к необходимости их утилизации.

Таким образом, этапы «рождения», «жизни» и «смерти» изделия взаимосвязаны (см. рис. 1) и решение задач по их оптимальному проектированию и производству должно осуществляться комплексно на основе учёта этих этапов. Необходимо целостное всестороннее рассмотрение всех вопросов проектирования и производства изделий с учётом их развития на других этапах в процессе взаимодействия с окружающей средой и человеческим обществом. Такой подход к проектированию и производству называется *системным*.

# 1 Определение ЭВМ как объекта конструирования

Под *ЭВМ* понимают совокупность электронно-вычислительных средств, соединённых необходимым образом, способных получать, запоминать, преобразовывать и выдавать информацию с помощью вычислительных и логических операций по определённому алгоритму или программе.

Исторически наибольшее распространение (в силу своих преимуществ) получили *цифровые ЭВМ*, оперирующие с дискретной (цифровой) информацией. Поэтому при использовании термина «ЭВМ» обычно подразумевают класс цифровых ЭВМ как наиболее важный.

Основу ЭВМ составляют их *технические средства* (ТС), под которыми понимается физическое оборудование, участвующее в автоматизированной обработке данных.

Известно, что для выполнения автоматизированной обработки данных в состав ЭВМ включают ряд центральных и периферийных устройств, каждое из которых выполняет вполне законченные функции, т.е. является функционально законченной частью технического средства (рис. 2).

К *центральным* относят, как правило, следующие основные устройства: арифметико-логическое (АЛУ), центрального управления (ЦУУ) и пульт управления и сигнализации (ПУиС), образующие в совокупности процессор, а также основную (оперативную) память, реализуемую в виде оперативного запоминающего устройства (ОЗУ). Схемотехнически центральные устройства обычно представляют собой более или менее однородные повторяющиеся структуры и реализуются в основном на электронных элементах (микросхемах, транзисторах и т.п.) в виде определённых конструктивов (электронных узлов).

К *периферийным* относятся внешние запоминающие устройства (ВЗУ), представляющие собой накопители информации, работающие на различных физических принципах, например с использованием магнитных, оптических, бумажных и других носителей информации, а также устройства ввода (УВв) и вывода (УВ) информации. Номенклатура периферийных устройств, используемых в составе современных ЭВМ, достаточно широка: накопители, дисплеи, печатающие устройства, клавиатуры, сканеры, графопостроители и т.п. Значительная часть периферийных устройств наряду с электронными схемами содержит электромеханические и механические узлы, достаточно сложные в конструктивном отношении.

В совокупности с программным обеспечением, процедурами, документацией, обслуживающим персоналом и другими компонентами современные технические средства ЭВМ позволяют создавать мощные вычислительные системы различного назначения: автоматизированной обработки данных, управления, автоматизации проектирования и производства, обучения и др.

В настоящее время развиваются два основных направления повышения производительности вычислений. Первое направление – создание многомашинных вычислительных комплексов, в основе которых лежит либо использование ЭВМ с одинаковыми характеристиками, либо ЭВМ, имеющих различные быстродействие, структуру и состав, но технически и программно совместимых друг с другом. Второе направление – создание многопроцессорных вычислительных систем, основу которых составляет единая ЭВМ с расширенной сетью центральных и периферийных процессоров.

Указанные выше обстоятельства требуют введения новых дополнительных понятий.

Различие функций и специфичность подключения центральных и периферийных устройств в вычислительной системе позволяют выделить внутри неё функциональные подсистемы (части). Так, центральную вычислительной системы ГОСТ 15971 – 84 определяет как часть технических средств, в состав которых входят объединённые единым управлением центральные процессоры, основная память и каналы. Центральная часть должна содержать, по крайней мере, один центральный процессор, но может содержать более одного. В последнем случае она называется *мультипроцессорной*.

В зависимости от количества центральных частей по ГОСТ 15971 – 84 различают вычислительные машины и вычислительные комплексы. При этом ГОСТ *электронно-вычислительную машину* как часть цифровой вычислительной системы (представляющую её технические средства), включающую одну центральную часть и предназначенную для обработки данных под управлением программы, находящейся в памяти. *Вычислительный комплекс* – это совокупность технических средств вычислительной системы, имеющая не менее двух центральных частей. Иногда вычислительный комплекс рассматривают как объединение нескольких ЭВМ.

# 2 Структура конструкций и поколения ЭВМ

Конструкцию ЭВМ можно представить в общем случае как изделие, представляющее собой систему различных по природе деталей с разными физическими свойствами и формами, определёнными образом объединённых между собой механически и электрически, способную выполнять определённые функции с необходимой точностью и надёжностью в условиях внешних воздействий.

Детали, входящие в конструкцию ЭВМ либо в конструкции её основных частей, можно условно разделить на две основные группы. Различающиеся по функциональному назначению.

Первую группу деталей образуют *электрорадиоизделия*; набор последних можно считать *элементной базой ЭВМ*. Именно эти электрорадиоизделия в конструкции ЭВМ соединяются электрически в соответствии с принципиальной схемой и выполняют необходимые полезные функции преобразования сигналов.

Вторая группа деталей, входящих в конструкцию, имеет в некотором смысле второстепенное значение. Она предназначена в основном для обеспечения работоспособности электрорадиоизделий: механического закрепления, защиты от внешних дестабилизирующих воздействий, отвода теплоты и т.д. Эту группу деталей, соединённых между собой механически и выполняющих, как правило, вспомогательные функции, можно считать *конструктивной базой*.

Следует, однако, указать, что некоторые детали и состоящие из них изделия зачастую выполняют одновременно как основные, так и вспомогательные функции. К таким изделиям можно отнести, например, печатные платы, разъёмные соединители и т.д. Кроме того, в составе электрорадиоизделий обычно всегда имеются детали, выполняющие типичные функции конструктивных элементов, например: основания и крышки корпусов интегральных микросхем (ИМС), микроплаты для закрепления бескорпусных кристаллов ИМС и др.

Относительная условность деления изделий (сборочных единиц, деталей) по принадлежности к элементной либо к конструктивной базе приводит к отсутствию четкого критерия, по которому те либо иные первичные конструкции ЭВМ могут быть отнесены к конкретной группе. В ряде случаев в основу такого деления может быть положен организационно – производственный принцип сборки конструкции. По этому принципу комплектующие электрорадиоизделия, включаемые в перечень элементов электрической принципиальной схеме, могут быть отнесены к элементной базе.

Элементную базу подразделяют на группы изделий:

* ИМС различной степени интеграции и микросборки;
* полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды и др.);
* электровакуумные изделия (электронно-лучевые трубки, электрические сигнальные лампы, табло и т.д.);
* электрорадиоэлементы (ЭРЭ) (дискретные резисторы, конденсаторы), намоточные изделия (трансформаторы, дроссели, электромагнитные линии задержки и др.)и т.п.;
* изделия электропривода и автоматики (датчики, реле и др.);
* контрольно-измерительные приборы;
* коммутационные изделия (соединители, переключатели и т.д.).

Оставшаяся совокупность механических деталей конструкции, обеспечивающих механическую прочность, защиту от дестабилизирующих внешних воздействий, внешнее оформление и внутреннюю компоновку, а также механическое управление ЭВМ, может быть отнесена к конструктивной базе.

Основу конструктивной базы составляют несущие конструкции и отдельные монтажные детали. Несущие конструкции предназначены для механического закрепления, защиты от внешних воздействий и обеспечения доступа к электрорадиоизделиям при изготовлении и эксплуатации ЭВМ. К их числу можно отнести платы, панели, рамы, стойки, каркасы и т.д. К конструктивной базе относят также различные исполнительные механизмы, предназначенные для механического перемещения носителей информации, нанесения информации на носители и др. Такие механизмы обычно используются в конструкциях периферийных устройств ЭВМ.

Широкое внедрение ЭВМ в различные области народного хозяйства и науки вызывает необходимость постоянного развития и совершенствования как их программных, так и технических средств.

В развитии вычислительной техники с момента её зарождения принято условно выделять несколько этапов, или поколений. К характерным признакам, находящимся в тесной взаимосвязи и определяющим то либо иное поколение ЭВМ, обычно относятся: элементную базу и особенности конструкций, архитектуру и логическую структуру; математическое обеспечение; методы общения пользователей ЭВМ; технико-экономические показатели и др. Наиболее важным является первый признак, поскольку элементная база и конструкция определяют не только технико-экономические показатели отдельных устройств, но и возможности вычислительного процесса, построения и развития ЭВМ в целом. Прогресс в области элементной базы и конструкции всегда вызывает ускорение в развитии ЭВМ. Особенно он сказывается на функциональных возможностях ЭВМ, производительности, памяти ЭВМ и, несомненно, на надёжности, габаритах, массе и потребляемой энергии.

Так, применяемая в ЭВМпервого поколения элементная база (лампы, дискретные ЭРЭ, электромагнитные реле, шаговые искатели, коммутаторы, ферритовые ячейки памяти и др.) и мелкоблочные конструкции ячеек позволяли создать достаточно простые по современным понятиям ЭВМ. Например, наиболее быстродействующая ЭВМ первого поколения ЭНИАК (США,1943), выполнявшая примерно 5000 операций сложения в секунду и запоминавшая лишь 20 десятиразрядных слов, содержала около 18 тыс. электронных ламп и нуждалась во вспомогательной холодильной установке. Эта ЭВМ весила порядка 30 т и занимала при установке более 200 м2.

Замена электронных ламп транзисторами, применение печатного монтажа в ЭВМ второго поколения привела к тому, что наряду с улучшением показателей надёжности, технологичности, массогабаритных характеристик ЭВМ значительно повысились их операционные возможности и производительность, возросло количество используемого периферийного оборудования.

С развитием микроэлектроники в начале 60-х годов ЭВМ получили новую, более совершенную элементную базу, основу которой составили ИМС. Их применение в сочетании с многослойным печатным монтажом позволило создать ЭВМ третьего поколения с характеристиками, превосходящими на несколько порядков соответствующие характеристики ЭВМ второго поколения. В частности, резко увеличились быстродействие ЭВМ и надёжность вследствие перераспределения электрических соединений и выполнения их определённой части в самих ИМС, упростилась наладка ЭВМ, повысилась точность обработки информации, уменьшились габариты и потребляемая мощность. Совершенствование ИМС позволило создать сложные вычислительные машины и системы, количество электронного оборудования в которых в десятки раз стало превышать количество оборудования, используемого в машинах второго поколения.

Дальнейшее развитие технологии ИМС, методов автоматизированного проектирования привело к созданию кристаллов больших (БИС), сверхбольших (СБИС) и сверхскоростных ИМС, в которых плотность упаковки достигла 106 компонентов в 1 см3 ,а уровень интеграции – около 105 ... 107 компонентов в кристалле. Ожидается, что в ближайшие годы степень интеграции логических БИС достигнет 107 ... 108 и более логических элементов в кристалле. Такие интегральные микросхемы стали выполнять функции целых блоков и устройств ЭВМ третьего поколения

Реализация функциональных схем ЭВМ на корпусных и бескорпусных ИМС и БИС, как матричных, так и микропроцессорных, привела в настоящее время к созданию конструкции четвёртого поколения. На этом этапе применения БИС позволяет значительно повышать быстродействие ЭВМ, увеличивать плотность компоновки и, что особенно важно, уменьшать трудовые и материальные затраты на их производство. Вместе с тем возникла необходимость в устранении диспропорций между возможностями и размерами БИС, с одной стороны, и остальной элементной и конструктивной базой ЭВМ, с другой. Поэтому основополагающим в развитии конструкций ЭВМ стал принцип комплексной микроминиатюризации, позволяющей преодолеть это противоречие. Важность создания и использования в ЭВМ современных и перспективных элементной базы, конструкций и технологии ещё более усилилась.

В 1979 году в Японии был создан Комитет научных исследований в области ЭВМ пятого поколения. Программы разработки ЭВМ пятого поколения были приняты и в других странах, в том числе и в нашей. Возможности разработки таких ЭВМ тесно связаны с созданием СБИС на принципиально новых компонентах (например, переходы Джозефсона, транзисторы с высокой мобильностью носителей и др.), с использованием перспективных полупроводниковых материалов (арсенида галлия и т.д.)

# 3 Классификация ЭВМ

Сферы применения ЭВМ непрерывно расширяются. Современные ЭВМ используются практически во всех отраслях народного хозяйства.

Многообразие сфер применения и видов ЭВМ порождает и большое количество признаков, по которым осуществляется классификация ЭВМ. К таким признакам можно отнести: принцип действия; назначение ЭВМ; технические характеристики; объект установки; условия эксплуатации и обслуживания; применяемую элементную и конструктивную базу; экономические факторы и др. Возможное влияние этих факторов должно учитываться при проектировании и производстве ЭВМ.

Наиболее целесообразны укрупнённая классификация по ограниченному числу признаков, поскольку только такая классификация позволяет выделять основные отличительные признаки ЭВМ различных классов, групп, видов и категорий.

По принципу действия различают цифровые, аналоговые, аналогово-цифровые ЭВМ. *Цифровые* ЭВМ оперируют с сигналами, представленными в цифровой форме, *аналоговые* используют аналоговые сигналы, *аналогово-цифровые* – комбинацию этих принципов. Естественно, что основным отличительным признаком данных ЭВМ является вид элементной базы.

По назначению подразделяют ЭВМ общего назначения, специализированные, персональные. Управляющие и контрольные.

ЭВМ *общего назначения (универсальные)* ориентированы на выполнение широкого круга задач (математических, инженерных и экономических), выполняемых по любому алгоритму. В связи с этим ЭВМ общего назначения имеют, как правило, архитектуру, позволяющую подключать разнообразные периферийные устройства. Изменяя их количество и технические параметры, можно обеспечить разнообразие видов систем обработки данных и режимов взаимодействия с пользователем. В силу указанных обстоятельств такие ЭВМ должны иметь высокую производительность вычислений при низкой стоимости. Обеспечение минимальных габаритных размеров, массы и энергопотребления при проектировании является особенно критичным.

*Специализированные* ЭВМ предназначены для решения узкого круга специальных задач наиболее эффективным способом. Как правило, такие ЭВМ имеют меньше электронного оборудования, содержат определённые ограничения на обработку информации, а значит, в большинстве случаев проще и дешевле универсальных.

*Персональные* ЭВМ предназначены для эксплуатации их пользователем самостоятельно, без помощи профессионального программиста. К ним в настоящее время относят ЭВМ, обладающие полным набором соответствующих признаков:

* развитым человеко-машинным интерфейсом, обеспечивающим простое управление ЭВМ непрофессиональным пользователем;
* большим числом готовых программных средств прикладного характера, избавляющих пользователя от необходимости разрабатывать программы самостоятельно;
* наличием малогабаритных накопителей информации значительной ёмкости на сменных носителях, обеспечивающих взаимозаменяемость и эксплуатацию новых программных средств;
* малыми габаритными размерами и массой, позволяющими устанавливать ЭВМ на любом рабочем месте, а также малым энергопотреблением;
* низкой стоимостью и широкой доступностью;
* эргономичностью конструкции, привлекательностью формы, цвета и т.д.

*Управляющие* ЭВМ используются для управления различными объектами и технологическими процессами. Характерная особенность этих ЭВМ состоит в получении информации о действительном состоянии управляемого объекта от датчиков, установленных непосредственно на объекте. При этом важное значение для управляющих ЭВМ имеют высокая надёжность функционирования.

*Контрольные* ЭВМ применяются при построении контрольно-измерительной аппаратуры.

По области применения различают общетехнические, профессиональные, бытовые и другие ЭВМ.

Если *общетехнические* ЭВМ применяются для решения общетехнических, научных, инженерных и экономических задач, то *профессиональные* ЭВМ ориентированны на применение специалистами в конкретных областях и научными сотрудниками. Профессиональные ЭВМ обычно отличаются большой вычислительной мощностью и оснащается комплектом производительного периферийного оборудования.

*Бытовые* ЭВМ используются в повседневной жизни людей, например для управления бытовой техникой, для игр и т.д.

По совокупности технических характеристик (производительности, объёму памяти, принципу реализации, характеру применения, стоимости, габаритным размерам, и др.) различают высокопроизводительные, сверхвысокопроизводительные, средние, малые (мини-) и микроЭВМ.

*Высокопроизводительные* ЭВМ предназначены для решения задач комплексного проектирования и использования в системах управления высшего звена. Они условно характеризуются производительностью свыше 1 млн. оп/с, имеют предельный объём оперативной памяти и расширенную конфигурацию подсистемы ввода-вывода. Взаимодействие пользователей с ЭВМ осуществляется, как правило, с помощью индивидуальных средств общения человека с машиной (*терминалов*). Высокопроизводительные ЭВМ имеют обычно значительные габаритные размеры составляющих их технических средств, в силу чего их иногда называют большими.

*Сверхвысокопроизводительные* модели ЭВМ получили за рубежом название суперЭВМ, что в первую очередь означает широкие возможности, предоставляемые пользователю, а также способность системы проводить по сложности обработку данных. Такие ЭВМ, имеющие высокие технические характеристики (производительность сотни миллионов и даже миллиардов операций в секунду), применяются при решении теоретических задач, требующих значительных вычислительных ресурсов (например, при трёхмерной обработке данных геофизической разведки нефти, моделировании процессов атомной и молекулярной физики и др.). При создании таких ЭВМ применяется особо быстродействующая элементная база (заказные и матричные БИС и СБИС), а также достаточно сложные в техническом отношении конструкции.

*Средние* ЭВМ имеют производительность ниже 1 млн. оп/с, развитую конфигурацию ввода-вывода и служат для применения в системах обработки информации коллективного пользования, отраслевых системах автоматизированного проектирования и системах управления.

*К малым (мини-ЭВМ)* относят ЭВМ с производительностью процессора порядка сотен тысяч операций в секунду, ограниченным объёмом оперативной памяти, упрощённой организацией ввода-вывода. Такие ЭВМ применяются для обслуживания небольшого числа абонентов, решения информационных и вычислительных задач в системах проектирования и управления нижнего звена, в частности для включения в состав управляющего либо контрольно-измерительного комплекса.

*МикроЭВМ –* это обычно ЭВМ с малой ёмкостью оперативной памяти, низкой разрядностью и познаковым вводом-выводом. Они используются в составе управляющего или измерительного комплекса (встроенные микроЭВМ). Данные ЭВМ имеют относительно простые конструкции (типичны многоплатные, однопалатные и реже однокристальные микроЭВМ) и низкую стоимость. На основе микроЭВМ иногда реализуются и персональные ЭВМ.

По объекту установки ЭВМ делятся на стационарные и подвижные (транспортируемые, переносимые, носимые). *Стационарные* ЭВМ предназначены для эксплуатации в стационарных помещениях или на открытом воздухе, а *подвижные* (главным образом *транспортируемые*) – на автомобильном, железнодорожном, гусеничном или другом транспорте. К группе *переносных* ЭВМ относятся ЭВМ, обычно устанавливаемые на поверхность стола (настольные ЭВМ) либо пол и имеющие малые габаритные размеры и массу. Переносные ЭВМ всегда работают в комнатных условиях и не предназначены для работы во время переноски с места на место. *Носимые* ЭВМ могут работать и при переноске.

По трём глобальным зонам эксплуатации на объектах установки различают следующие классы ЭВМ: наземные (использование на суше), морские (использование на воде), бортовые (использование в воздушном и космическом пространстве). *Наземные* ЭВМ могут эксплуатироваться как стационарно, так и на подвижных (транспортируемых) объектах. *Морские (судовые)* ЭВМ эксплуатируются на всех видах судов, а *бортовые* – на всех видах летательных аппаратов, совершающих полёты в пределах тропосферы (до 17 км над уровнем моря) и стратосферы (до 85 км над уровнем моря). Разновидностью бортовых являются и *космические* ЭВМ, эксплуатируемые в условиях ионосферы на искусственных спутниках Земли, космических кораблях и станциях.

По используемой элементной базе (вернее, её основной части) современные ЭВМ подразделяются на ЭВМ на ИМС и БИС широкого применения, на матричных БИС, на заказных специализированных БИС, на микропроцессорных БИС и т.п.

Приведённая классификация является достаточно условной, однако она позволяет сделать сообщение и уделить внимание тем классификационным признакам, которые оказывают существенное влияние на конструирование и технологии производства ЭВМ. Среди таких признаков прежде всего необходимо отметить условия эксплуатации, объект размещения, элементную и, как следствие, конструктивную базу.

# 4 Группы показателей качества конструкции ЭВМ

Важнейшим направлением при конструировании и производстве ЭВМ является обеспечение качества конструкции. Качество изделий ЭВМ – это не только результат производственного процесса, оно формируется также на всех этапах проектирования (в том числе и конструирования) и эксплуатации ЭВМ.

*Показатели качества* конструкции ЭВМ можно условно разделить на несколько групп, основными из которых являются следующие: назначения, надёжности, технологичности, стандартизации и унификации, эргономические, эстетические, патентно-правовые, экологические и показатели техники безопасности, транспортируемости и экономические.

*Показатели назначения* характеризуют полезный эффект от использования ЭВМ по назначению и область её применения. Они показывают функциональные возможности, техническое совершенство и назначение ЭВМ, её состав и структуру. Обычно такими показателями являются технические характеристики ЭВМ, например: количество одновременно выполняемых команд, принцип управления, система команд, система счисления, производительность, способ представления данных, разрядность, тип вводимой информации, вид памяти и её характеристики (ёмкость, цикл обращения, время выборки и др.), характеристики и количество периферийных устройств, виды и количество каналов ввода-вывода информации и её характеристики (скорость передачи данных и т.д.), потребляемая мощность, массогабаритные характеристики и т.д.

*Показатели надёжности* характеризуют возможность ЭВМ выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в необходимых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Наиболее важным для ЭВМ являются показатели безотказности, долговечности, сохраняемости и ремонтопригодности, характеризующие противодействие конструкции внешним воздействиям и создание благоприятных условий для предупреждения и обнаружения причин повреждений и их устранения.

*Безотказность* означает требование к ЭВМ непрерывно сохранять работоспособность (соответствие всем требованиям в отношении основных параметров в данный момент времени) в течение некоторого времени. *Долговечность* – свойство ЭВМ сохранять работоспособность при выполнении технического обслуживания и ремонтов до наступления предельного состояния, связанного с дальнейшей невозможностью по различным причинам использования ЭВМ по назначению. *Сохраняемость* – это возможность ЭВМ непрерывно сохранять работоспособное (исправное) состояние в течение и после хранения и (или) транспортирования в определённых заданных условиях. *Ремонтопригодность –* приспособляемость ЭВМ к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путём проведения технического обслуживания и ремонтов. Наиболее часто применяемыми показателями надёжности ЭВМ являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, наработка на отказ, время восстановления и т.д.

*Показатели технологичности* характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений для обеспечения высокой производительности труда при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделий ЭВМ. Технологичность конструкции в принципе определяет экономическую целесообразность запуска изделий в производство. Её оценка является обязательным этапом, предшествующим разработке технологических процессов производства ЭВМ. В общем случае под *технологичностью* конструкции понимается совокупность её 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.

Обработка конструкции на технологичность ведётся конструкторами и технологами на всех стадиях проектирования и изготовления. В случае необходимости в разработанную ранее конструкторскую документацию вносят требуемые изменения. Критериями оценки технологичности конструкции изделия являются показатели уровня технологичности по всему комплексу базовых показателей, указанных в техническом задании.

Согласно стандартам Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), различают два вида технологичности продукции: *производственную*, которая обеспечивается сокращением затрат средств и времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства и процессы изготовления изделия, и *эксплуатационную*, которая проявляется в сокращении 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 и уровень развития науки и техники. Оценка технологичности может быть количественной и качественной. Качественная оценка предшествует количественной, определяет её целесообразность и характеризует обобщённо достоинство конструкции на основе опыта исполнителя. Количественная оценка выражается системой показателей, которые используются для сравнения различных вариантов конструкции в процессе проектирования изделий, определения уровня технологичности необходимых для прогнозирования и расчёта базовых показателей технологичности.

Производственная технологичность оценивается показателями трудоёмкости, материалоёмкости и себестоимости конструкции, эксплуатационная технологичность – показателями контролепригодности, взаимозаменяемости, доступности, легкосъёмности с объекта и др. С показателями технологичности тесно связаны *показатели стандартизации и унификации,* характеризующие степень использования в конкретной разработке ЭВМ стандартизованных деталей, узлов, блоков и других компонентов, а также уровень унификации составных частей конструкции ЭВМ.

Необходимость замены в производстве конструкций ЭВМ на более современные, повышение их надёжности и качества требует унификации большинства технических и технологических решений по обеспечению совместимости и взаимозаменяемости конструкций как в процессе создания новых, так и при модернизации уже выпускаемых промышленностью.

*Унификация* (низшая ступень стандартизации) заключается в уменьшении многообразия конструкций, выполняющих в ЭВМ одинаковые или сходные функции. Унификации подвергаются как механические детали, сборочные единицы и несущие конструкции, так и элементная база.

*Стандартизация* как завершающая стадия унификации является необходимой предпосылкой для создания ЭВМ современного технического уровня. Высокие показатели разработок невозможны без опережающего характера стандартизации по отношению к производству разрабатываемых изделий, без базирования её на лучших достижениях отечественной и мировой техники.

Особый смысл при создании ЭВМ имеет широкая унификация и стандартизация систем базовых (типовых) конструкций (конструкционных систем). Важное значение при унификации и стандартизации конструкции ЭВМ имеют также показатели применяемости, характеризующие значимость, повторяемость и преемственность конструкции.

*Эргономические показатели* характеризуют систему «человек – ЭВМ – среда». Для многих электронно вычислительных изделий эти показатели могут быть одними из важнейших.

В свою очередь эргономические показатели подразделяются на *гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические.*

*Эстетические показатели* характеризуют художественность, выразительность и оригинальность формы ЭВМ, гармоничность и целостность конструкции, соответствие формы и конструкции ЭВМ стилю, цветовое и декоративное решение ЭВМ и т.п.

*Патентно-правовые показатели* служат для оценки степени патентной чистоты и патентной защиты конструкции ЭВМ.

*Экологические показатели и показатели техники безопасности* характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при изготовлении и эксплуатации изделия (экологические показатели), а также особенности конструкции, обусловливающие при её изготовлении и эксплуатации безопасность человека (показатели техники безопасности).

*Показатели транспортируемости* отражают приспособленность конструкции ЭВМ к транспортированию, а также подготовительным и заключительным технологическим операциям, связанным с транспортированием.

*Экономические показатели* характеризуют затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке конструкции ЭВМ, на производство и эксплуатацию, а также экономическую эффективность при эксплуатации ЭВМ. Это особый вид показателей, позволяющих оценивать технологичность и ремонтопригодность конструкции, уровень стандартизации, патентную чистоту и т.д.

Отметим, что между показателями различных групп существуют взаимосвязи, которые необходимо учитывать при проектировании ЭВМ. Например эргономические и эстетические показатели влияют на производительность ЭВМ, создавая определённые удобства для операторов и позволяя им при том же психологическом напряжении вводить больше информации в единицу времени, снижают вероятность ошибочных действий оператора и т.д. Показатели стандартизации наряду с непосредственной связью со стоимостью изделий влияют на возможность их серийного производства, рыночный спрос, моральный износ и т.п. Аналогичное влияние оказывает и показатель использования новых конструктивных решений, например связанных с патентной чистотой.

# 5 Требования, предъявляемые к техническим средствам ЭВМ

ЭВМ создаются на базе конструкций с учётом предъявляемых к ним технических требований. Многообразие применений и классов ЭВМ обуславливает большое количество и различие технических требований: к габаритным размерам, потребляемой мощности, стоимости, защите от внешних воздействий и т.д. Каждое из требований определённым образом должно учитываться при разработке конструкций. От выполнения всего комплекса технических требований зависит качество конструкций.

Технические требования принято делить на *частные,* относящиеся только к конкретной ЭВМ и её составным частям, и *общие*.

Общие технические требования к ЭВМ и их техническим средствам определяются ГОСТ 16325 – 76, ГОСТ 21552 – 84, ГОСТ 20397 – 82 и др. Общие технические требования подразделяются на несколько взаимосвязанных групп: 1) к функциональным характеристикам; 2) по устойчивости к внешним воздействующим факторам ; 3) к радиопомехам; 4) к электропитанию, электрической прочности, сопротивлению изоляции и безопасности; 5) по обеспечению удобства эксплуатации; 6) по использованию комплектующих элементов; 7) к конструкции; 8) к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению; 9) к патентной чистоте.

В зависимости от особенностей разрабатываемых изделий содержание и номенклатура групп требований могут уточняться. Наибольшее влияние на конструкцию ЭВМ оказывают следующие группы требований.

* Требования к функциональным характеристикам. В эту группу входят требования по показателям назначения и параметрам, характеризующим основные функции (например, производительность ЭВМ, время выполнения операции, разрядность, объём оперативной памяти, точность и др.). Конструкции технических средств, предназначенных для построения комплексов, сетей ЭВМ, должны также обладать технической, программной, информационной и эксплуатационной совместимостью, что определяет соответствующей элементной и конструктивной базы.
* Требования по устойчивости к внешним факторам. Влияние внешних факторов во многом определяет возможности нормального функционирования ЭВМ. Так, изменение температуры влияет на параметры ИМС и ЭРЭ: при определённых граничных значениях температуры (плюсовом и минусовом) работоспособность ЭВМ может быть нарушена. Кроме того, повышение рабочей температуры снижает их надёжность. Колебания температуры могут привести в механических узлах конструкции к изменению типа посадок, вызвать ослабление крепления, температурные напряжения. Воздействие низких температур ухудшает прочностные характеристики материалов, эластичность упругих элементов.

Понижение атмосферного давления отрицательно влияет на условия теплоотвода в конструкциях ЭВМ, что связано со многими нарушениями нормального функционирования ЭВМ, к которым приводит рост температуры. Повышенная влажность может вызвать коррозию деталей и несущих конструкций, которой особо способствуют наличие активных веществ в атмосфере, солнечная радиация, пыль и песок. Снижается сопротивление изоляции между гальванически не связанными цепями вследствие чего также нарушается работоспособность ЭВМ.

Поскольку существует опасность выхода из строя аппаратуры при воздействии вышеперечисленных факторов, процесс разработки ЭВМ направлен на выбор такой элементной базы, материалов и конструкций, которые в совокупности обеспечили бы устойчивость технических средств ЭВМ к внешним воздействиям заданной интенсивности.

Обычно по устойчивости к внешним воздействующим факторам технические средства ЭВМ делятся на группы или категории. Так, по устойчивости к воздействию климатических факторов в процессе эксплуатации технические средства стационарных ЭВМ общего назначения (например, изделия Единой системы ЭВМ) подразделяют на группы в соответствии с данными, указанными в табл. 1.

Технические средства вычислительной техники, предназначенные для создания систем автоматизированного управления, а также встраиваемые в машины, оборудование и приборы (например, изделия вычислительной техники Системы малых ЭВМ), обычно должны работать в более жёстких условиях эксплуатации, чем стационарные конструкции. В связи с этим здесь устанавливается большее число групп (категории) по устойчивости к воздействию климатических факторов (табл. 2).

Нормальными климатическими условиями эксплуатации технических средств в ЭВМ считаются: температура окружающего воздуха (293±5)К, относительная влажность (60±15)%, атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.). Допустимый перегрев воздуха внутри изделий не должен превышать более чем на 20 К верхнее значение температуры воздуха, поступающего для охлаждения.

Изделия вычислительной техники предназначены для эксплуатации на различных объектах, используемых в одном или нескольких макроклиматических районах. Климатические воздействия в таких районах различны, поэтому климатическое исполнение изделий осуществляют в соответствии с ГОСТ 15150 – 69.

Различают десять основных климатических исполнений изделий :

* У – для умеренного климата со среднегодовым максимумом и минимумом рабочих температур 313 и 228 К;
* УХЛ – для умеренного и холодного климата, когда абсолютные минимумы температуры воздуха ниже 228 К;
* ТВ – для влажного тропического климата, где сочетание температуры, равной или выше 293 К, и относительной влажности, равной или выше 80%, наблюдается примерно 12 ч или более в сутки за непрерывный период от 2 до 12 месяцев в году;
* ТС – для районов сухого тропического климата, в которых средняя ежегодная абсолютная максимальная температура воздуха выше 313 К и которые не отнесены к макроклиматическому району с влажным тропическим климатом;
* Т – как для сухого, так и для влажного тропического климата;
* О – для любого климата (общеклиматическая);
* М – для умеренно холодного климата (в районах морей, океанов или непосредственно на морском берегу, если эти районы расположены севернее 30° северной широты и южнее 30° южной широты);
* ТМ – для тропического морского климата при нахождении изделия в морях и океанах между 30° северной широты и 30° южной широты;
* ОМ – общеклиматическое морское исполнение для кораблей с неограниченным районом плаванием;
* В – всеклиматическое исполнение для суши и моря (кроме Антарктиды).

Применение климатического исполнения для технических средств ЭВМ даёт возможность количественно оценить весь комплекс требований к конструкциям ЭВМ по устойчивости к внешним климатическим воздействиям. Изделия вычислительной техники различных климатических исполнений в зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде до высоты 4,3 км, а также под землёй и водой изготавливают по соответствующим категориям размещения (табл. 3). Данные категории размещения не распространяются на летательные и космические аппараты.

Кроме требований по устойчивости к климатическим воздействиям, к конструкции технических средств ЭВМ предъявляются также требования по устойчивости воздействия механическим, радиационным и др. Численные значения этих требований устанавливаются стандарты либо в технических условиях на конкретные изделия ЭВМ. Например, нормирование факторов может быть произведено по ГОСТ 16962 – 71 с указанием степени жёсткости. Воздействие большинства механических и некоторых климатических факторов (тепловые удары, пыль, песок, насекомые и др.) может привести к механическим нарушениям отдельных ЭРЭ и деталей, резьбовых соединений, а следовательно, к нарушению работоспособности аппаратуры. В связи с этим изделия ЭВМ в упакованном виде должны сохранять работоспособность и внешний вид после ударных нагрузок многократного действия с пиковым ударным ускорением не более 15 g при длительности ударного импульса 10...15 мс.

* Требования по использованию комплектующих элементов. В конструкциях ЭВМ необходимо, например, использовать элементную базу (ИМС, ЭРЭ и др.), материалы и покрытия, разрешённые к применению соответствующими перечнями. Элементная база не должна эксплуатироваться в режимах и условиях, более тяжёлых по сравнению с оговорёнными в технической документации на эти элементы
* Требования к конструкции. Эта группа требований определяет наиболее рациональные решения конструктивной базы. Основные из них заключаются в следующем.

Технические средства ЭВМ желательно выполнять на основе определённых систем базовых конструкций с учётом заданного конструктивного исполнения основных типоразмеров, применяя модульный либо блочно агрегатный принцип. Следует максимально использовать унифицированные конструкции.

Конструктивная база призвана обеспечивать: единство внешнего оформления изделий ЭВМ с учётом требований эргономики и технической эстетики, единство конструкции разъёмных соединений; надёжность в работе. Конструкция изделия ЭВМ должна гарантировать: удобство эксплуатации, доступ ко всем сменным и регулируемым элементам, возможность ремонта.

Количественные значения показателей надёжности технических средств ЭВМ устанавливаются для нормальных климатических условий эксплуатации в соответствии с табл. 4. Средний срок службы современных изделий ЭВМ должен быть не менее 10 лет.

В группу требований конструкции включаются также требования: по способам крепления монтажных деталей, несущих конструкций и сборочных единиц, по конструкциям органов управления, к массе изделий и др. В частности, конструкции и расположение разъёмных резьбовых соединений обязаны допускать возможность удобного пользования слесарно-монтажным инструментам. Номенклатура применяемых резьб должна быть минимальной, а резьбовые соединения предохранены от самоотвинчивания. Не рекомендуется разрабатывать отдельные сменные блоки массой свыше 30 кг.

Необходимо, чтобы конструктивное исполнение ЭВМ обеспечивало также организацию серийного производства, а их элементная и конструктивная база была технологичной. Особые требования предъявляются к показателям, характеризующим технологическую рациональность конструктивных решений, а также к показателям преемственности конструкции.

# 6 Виды работ при проектировании. Этапы и стадии разработки ЭВМ

Высокая сложность конструкции ЭВМ приводит к тому, что создание новой ЭВМ обусловлено сильно взаимосвязанными и многофакторными длительными процессами.

Действительно, при проектировании и производстве изделий ЭВМ, определяемые составом выполняемых работ: структурное, функциональное, схемотехническое и конструкторское. Данные виды проектирования обычно и выполняются в указанной последовательности.

При структурном проектировании на основании технического задания разрабатывается структурная схема, определяющая основные структурные части ЭВМ (устройства, блоки и т.п.), их назначение и взаимосвязи. Выбирается системы команд, диагностики и контроля, решаются вопросы обмена информацией между ЭВМ и внешними устройствами и абонентами.

При функциональном проектировании разрабатываются подробные функциональные схемы устройств проектируемой ЭВМ, которые разъясняют определённые процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях или устройствах в целом и детализировать обмен информацией между ними.

В структурном и функциональном проектировании принимает участие сравнительно немного специалистов, но высшей квалификации. Большая часть решаемых ими задач оказывает огромное влияние на разработку и главные показатели будущей ЭВМ.

При схемотехническом(логическом) проектировании разрабатываются подробные принципиальные схемы устройств, ориентированные на определённые системы элементов. Схемотехническое проектирование ЭВМ характеризуется большой трудоёмкостью и, следовательно, требует большого количества разработчиков. Основные задачи схемотехнического проектирования хорошо формализуется и позволяют использовать машинные методы решения (автоматизация проектирования).

При конструкторском проектировании (или, иначе, конструировании) выбирается структура пространственных, энергетических и временных взаимосвязей частей конструкции, связей с окружающей средой и объектами, определяются материалы и виды обработки; устанавливаются количественные нормы (для связей, материалов и обработок), по которым можно изготовить изделие, соответствующее заданным требованиям.

Взаимосвязи в конструкциях ЭВМ могут иметь различную природу, чаще всего электрическую, оптическую, тепловую и механическую.

Конечным итогом процесса конструирования является комплект технических (конструкторских) документов, отображающий всю совокупность задаваемых норм на вновь разрабатываемое изделие.

Процесс разработки ЭВМ (как и любого другого изделия) обычно состоит из нескольких взаимосвязанных этапов. Работа, выполненная на этих этапах подразделяется на *научно-исследовательскую* (НИР) и *опытно-конструкторскую* (ОКР).

Последовательность этапов разработки ЭВМ, выполнения работ и стадий выпуска конструкторской и технологической документации на этих этапах устанавливается государственными стандартами.

При проведении НИР выявляется принципиальная возможность создания ЭВМ, прорабатываются теоретическое и экспериментальная части разработки. В частности, осуществляется выбор и формулировка цели проектирования, обосновываются исходные данные, определяются принципы построения ЭВМ. По сути основной целью НИР является выяснение принципиальной возможности реализации выбранных принципов и решений. Объём конструкторской работы при выполнении НИР, как правило, не слишком велик, так как в этот период ведётся исследование и разработка лишь принципиально новых конструкций отдельных составных частей изделия.

Если НИР завершается отрицательным результатом, то это свидетельствует либо о неперспективности данной разработки, либо о том, что постановка её на современном уровне развития науки и техники преждевременна.

НИР вообще может не проводиться, если разработка новой ЭВМ не связана с принципиально новыми техническими решениями, а базируется на достигнутых ранее итогах.

В результате проведения НИР выполняется научно-технический отчёт с рекомендациями (или нерекомендациями) на проведение ОКР и составляется техническое задание.

Собственно разработка новой ЭВМ проводится в рамках ОКР. Основываясь на результатах НИР, ОКР имеет целью оптимальное инженерное её воплощение.

*Техническое задание* является основным документом на проведение ОКР. Оно составляется исполнителем на основании требований, предъявляемых к изделию заказчиком, и устанавливает основное назначение и показатели качества изделия, технические, технико-экономические, производственные и специальные требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, объёмом, срокам и стадиям разработки, комплектности и составу технической документации, порядку испытаний и ввода изделия в промышленную эксплуатацию, объёмам финансирования и др.

*Технические требования* являются важнейшей частью технического задания, поскольку ориентировочно определяют характеристики будущей ЭВМ.

Отдельные стадии разработки могут не планироваться, если разрабатывается несложная конструкция или проводится модернизация изделия, не связанная с принципиальными изменениями.

При разработке такого сложного изделия, как ЭВМ на основании общего технического задания составляются частные технические задания на отдельные составные части (устройства, блоки, узлы), разработка которых может выполняться различными субподрядными организациями, подразделениями, службами. Объём производственных и экономических требований в частном техническом задании меньше, однако технические требования излагаются более подробно и содержат дополнительные данные.

В процессе выполнения ОКР проводятся все конструкторские и технологические расчёты, а также необходимые экспериментальные исследования. ОКР заканчивается разработкой полного комплекта конструкторской и технологической документации на изделие и предъявление заказчиком опытного образца или опытной партии изделия, выполненного по этой документации.

ГОСТ 2.103 – 68 устанавливает стадии разработки изделий и выпуска конструкторской документации при ОКР, а также определяет основные этапы выполнения работ на этих стадиях (табл. 5).

Техническое предложение, эскизный проект, технический проект относятся к проектным стадиям. Соответственно и документацию на изделие, выпускаемую на этих стадиях, называют *проектной* .

*Техническое предложение* – совокупность конструкторских документов, которые содержат технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания и различных вариантов возможной реализации изделий, сравнительной оценки решений с учётом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентные исследования.

При разработке ЭВМ на стадии технического предложения прорабатываются следующие основные вопросы: обзор научно-технической литературы, патентов и нормативно-технических документов по рассматриваемой тематике; определение принципиальной возможности создания заказываемой ЭВМ; предварительные предложения по структуре ЭВМ и её элементной базе; формулировка общих рекомендаций по разработке нескольких возможных вариантов конструкций ЭВМ; предварительное определение состава математического обеспечения; составление перечня организации-соисполнителей ОКР, уточнение объёмов, стоимости и сроков разработки, выработка предложений по уточнению технического задания.

После уточнения, согласования и утверждения заказчиком технического задания и приёмки технического предложения приступают к разработке эскизного проекта.

*Эскизный проект* – совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения, дающие общие представления об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габариты изделия. На этой стадии выбранный вариант конструкции подвергается детальной проработке для выявления возможности наиболее полного удовлетворения всех предъявляемых к нему требований. Прорабатываются в основном следующие вопросы: теоретико-экспериментальные исследования по направлениям, намеченным на стадии технического предложения; выбор оптимального по ряду признаков варианта, подлежащего дальнейшей разработке, т.е. осуществляется выбор главного направления конструирования ЭВМ и её составных частей; разработка технических решений, направленных на обеспечение показателей надёжности ЭВМ, технологичности, стандартизации и унификации конструкции, эргономики технической эстетики, техники безопасности и конкурентоспособности и др.; обоснование и выбор схемной реализации; составления технического задания на разработку новых компонентов, а также контрольно-измерительной аппаратуры; описание ЭВМ в целом и по устройствам; макетирование для отработки электрических схем, тепловых режимов, электромагнитной совместимости; предложения по уточнению технического задания.

После согласования, защиты и утверждения эскизный проект служит основанием для следующей проектной стадии – технического проекта.

*Технический проект* – совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации. Здесь проводится детальная отработка схемных и конструкторских решений (на уровне чертежей на все важные узлы, блоки, устройства), отрабатывается система математического обеспечения; разрабатываются технология изготовления составных частей ЭВМ и средства автоматизации её проектирования и изготовления; выполняются пространственные компоновочные эскизы и макеты, позволяющие оценивать паразитные связи тепловые режимы, удобство монтажа, ремонта, эксплуатации и защиту от внешних воздействий, изготавливаются узлы и блоки, которые проходят необходимые контрольные испытания; проверяются и оцениваются технологичность конструкций, степень соответствия их современному уровню микроэлектроники и комплексной микроминиатюризации, степень унификации и стандартизации и т.д.

Послесогласования, защиты и утверждения технического проекта переходят к рабочему проектированию ЭВМ.

*Рабочий проект* – это совокупность рабочей конструкторской и технологической документации, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца, опытной партии, серийного (массового) производства. Рабочий проект является завершающей, наиболее ответственной стадией разработки ЭВМ.

На стадии рабочего проекта разрабатывается полный комплект конструкторских документов, необходимых для изготовления, проверки, изучения и эксплуатации ЭВМ, технология изготовления отдельных узлов и ЭВМ в целом, изготовляются опытные образцы основных узлов и ЭВМ, составляются программы предварительных (заводских) испытаний основных узлов и ЭВМ, проводятся эти испытания, корректируются по результатам испытаний документация. При этом под *опытным образцом* понимают обычно ЭВМ, изготовленную по вновь разработанной рабочей документации для проверки его соответствия техническому заданию, проверки конструкторских решений, определение объёма и характера последующей и необходимой корректировки конструкторских документов и подготовки технологического оснащения производства.

Для оценки качеств опытного образца ЭВМ создаётся государственная или межведомственная комиссия. Она оценивает степень соответствия разработки всем требованиям технического задания, полноту и качество выполнения конструкторской и технологической документации, даёт рекомендации по целесообразности передачи новых ЭВМ в серийное производство. При необходимости определяется перечень нужных доработок и проводится дополнительные испытания ЭВМ. Приёмкой опытного образца ОКР практически завершается, и комплекты конструкторской и технологической документации передаются на производство для организации серийного или массового выпуска ЭВМ.

В серийном или массовом производстве выполняется также ряд этапов конструкторских и технологических работ: изготовление и испытание опытной (установочной) серии изделий; корректировка конструкторских и технологических документов по результатам изготовления и испытания составных частей ЭВМ опытной серии; изготовление головной (контрольной) серии ЭВМ по полностью оснащённому технологическому процессу; корректировка конструкторских и технологических документов по результатам изготовления и испытания головной серии; непосредственно производство ЭВМ.

В заключение необходимо отметить, что в ходе выполнения работ постоянно уточняют принимаемые решения на различных стадиях разработки и находят оптимальные. Спецификой разработки ЭВМ является также то, что с самого начала разработки на всех её стадиях и этапах взаимодействуют специалисты различного профиля: схемотехники, конструкторы, технологи и др. Обобщённый перечень решаемых ими задач представлен на рис. 3

# 7 Производственный и технологический процессы

Изготовление ЭВМ происходит во время *производственного процесса*, который представляет собой совокупность действий в результате которых сырьё, материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия, поступающие на предприятие, превращаются в готовую продукцию. Производственный процесс включает не только изготовление изделий, но и подготовку производства, планирование, материально-техническое снабжение, ремонт оборудования, транспортирование, финансирование и т.д. Принято делить его на *основной,* во время которого изготовляют запланированную предприятием основную продукцию, и *вспомогательный*, во время которого изготавливают технологическую оснастку и товары народного потребления, производят ремонт оборудования и прокладку коммуникаций, осуществляют охрану окружающей среды, хранение и транспортирование изделий и т.п.

*Технологический процесс* – это часть производственного процесса, содержащее действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Основными элементами технологического процесса служат технологическая операция, технологический и вспомогательный переходы, позиция.

*Технологическая операция* – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте непрерывно. Она является основной единицей производственного планирования и учёта.

Все используемые в производстве ЭВМ технологические процессы можно разделить на следующие основные группы.

Первую группу составляют технологические процессы производства ЭРЭ, ИМС, микросборок, электронно-функциональных элементов, которые характеризуют массовым выпуском, тщательностью обработки конструкции, высоким уровнем технологичности и автоматизации производства высокой надёжностью и низкой стоимостью.

Во вторую группу входят технологические процессы изготовления элементов несущих конструкций, видов и защитно-декоративных изделий (штамповка, литьё, прессование, точение, фрезерование, электрофизические методы обработки и т.п.), которые заимствованы из других, в основном машиностроительных, отраслей и приспособлены для производства ЭВМ.

В третью группу входят технологические процессы сборки и монтажа ЭВМ, которые занимают в общем объёме производства от 50 до 70%. Для снижение длительности производственного цикла осуществляется параллельная сборка модулей различных уровней и комплексная автоматизация. Основные направления их совершенствования: повышение плотности компоновки навесных элементов на печатные платы и плотность печатного монтажа за счёт применения многослойных печатных плат на керамических и полиимидных основаниях; широкое использование бескорпусных ИМС и ЭРЭ, перспективных технологий их монтажа, в частности монтажа «на поверхность» и автоматизированного оборудования; разработка новых методов сборки и монтажа модулей второго и последующих уровней; оптимизация количества операций промежуточного контроля по экономическим критериям; разработка мер по технологическому обеспечению надёжности электрических соединений.

Четвёртую группу составляют технологические процессы контроля, регулировки и испытаний ЭВМ, которые характеризуются применением высококвалифицированной рабочей силы, специальной измерительной аппаратуры. От качества выполнения этих процессов во многом зависит надёжность выпускаемых машин. Предварительный контроль и регулировка функциональных параметров отдельных модулей позволяют сокращать время настройки аппаратуры в целом. Перспективно широкое использование контролирующей и диагностирующей аппаратуры, реализованной на микропроцессорах.

В зависимости от типа производства разработанный технологический процесс может быть представлен с различной степенью детализации: маршрутный, маршрутно-операционный, операционный.

*Маршрутный технологический процесс* – процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки. В *маршрутно-операционном* и *операционном технологических процессах* содержание отдельных, наиболее сложных и важных, или всех операций соответственно детализируется с указанием содержания переходов и режимов обработки.

Изделия вычислительной техники могут изготавливаться на предприятиях в различном количестве, т.е. в производстве определённого типа. Под *типом производства* понимается квалифицированная категория, определяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объёма выпуска изделий. Различают три типа производства: *единичное, серийное* и *массовое.* Например, такие функционально и конструктивно сложные ЭВМ, как супер-ЭВМ, могут изготавливаться в единичном производстве, а такие ЭВМ, как микро- и персональные, а также различные периферийные устройства требуют серийного или массового производства.

Изделия специального назначения выпускаются, как правило, в малом объёме, т.е. практически единичными экземплярами, разными по конструкции широкой номенклатуры. Оснащение единичного производства обычно универсальное, предназначенное для изготовления разнообразной продукции. Рабочие основного производства имеют при этом высокую квалификацию, закрепления рабочих мест, как правило, отсутствуют.

При серийном производстве изделия, одинаковые или различные по конструкции, но достаточно ограниченной номенклатурой, выпускаются чередующимися сериями (партиями). Объём выпуска изделий сравнительно большой, возможна различная величина партий (мелкосерийное(МС),среднесерийное(СС) или крупносерийное (КС) производство). При этом требуется рабочие средней квалификации, поскольку наряду с универсальным оснащением в производстве используется также специальное технологическое оборудование. За каждым рабочим местом закреплено несколько технологических операций, выполняемых периодически.

Массовое производство предусматривает, что изготовление изделий установившихся конструкций узкой номенклатуры идёт непрерывно в больших количествах в течении определённого длительного интервала времени. Обычно требуется полная взаимозаменяемость деталей и узлов выпускаемых изделий, но расчленение сложных технологических операций на более простые позволяет закреплять за рабочим местом одну операцию и использовать на производстве рабочих более низкой квалификации.

Для производства ЭВМ характерно изменение в серийности: изготовление элементов и функциональных электронных модулей следует рассматривать как крупносерийное или массовое производство, а окончательную сборку и настройку всего изделия – как мелкосерийное, что необходимо учитывать при проектировании технологических процессов и организации производства. Чем больше серия выпускаемых изделий и меньших их номенклатура, тем больше число операций включает разрабатываемый технологический процесс. При более высокой серийности производства его подготовка занимает больше времени, чем при мелких сериях, однако увеличение объёма выпуска изделий существенно снижает стоимость их изготовления.

# 8 Нормативно-техническая документация

В процессе проектирования, производства, а также для обеспечения эксплуатации и ремонта ЭВМ выпускают различные технические документы. Всю эту документацию можно разделить на три основные группы: конструкторскую, технологическую и нормативно-технологическую.

*Конструкторская документация*  на ЭВМ – это совокупность документов, которые полностью и однозначно определяют все необходимые и достаточные данные для изготовления, наладки, приёмки, эксплуатации и ремонта как ЭВМ в целом, так и всех её составных частей.

Выполнение конструкторской документации на изделия ЭВМ имеет ряд особенностей, связанных как с особенностями ЭВМ, так и с методами выполнения документов.

Во-первых, к изделиям ЭВМ относятся устройства, работающие на различных принципах: электронные (арифметико-логические устройства, устройства оперативной памяти и др.); электромеханические (накопители на магнитных дисках, устройства печати и т.п.); механические (стойки, рамы и т.д.). Данное обстоятельство усложняет выполнение конструкторской документации.

Во-вторых, при проектировании стационарных ЭВМ, как правило, используется модульный принцип конструирования, т.е. применяется конкретное конструкционная система с модульной структурой. При этом все несущие конструкции (стойки, рамы, панели, типовые элементы замены и т.п.) создаются типовыми в виде базовых конструкций. Базовые конструкции имеют полные комплекты конструкторских документов, проходят необходимые испытания и могут быть номенклатурными изделиями. В этом случае возможно заимствование конструкторской документации из предшествующих или параллельных разработок и сокращение срока проектирования.

В-третьих, особенности изделий ЭВМ и методов их проектирования (автоматизированное конструирование, использование САПР и т.п.) привели к созданию ряда специфических конструкторских документов. К ним относятся схемы алгоритмов, временные диаграммы, таблицы сигналов, таблицы проверки параметров и др.

При автоматизированном конструировании изделий ЭВМ основной комплект конструкторских документов, как правило, не изменяется. Однако для обеспечения автоматизированного изготовления и контроля изделий могут создаваться документы как в традиционном виде (на бумаге, кальке), так и в нетрадиционном – на магнитных носителях (перфоленте, магнитной ленте и т.п.).

*Технологические документы* в отдельности или в совокупности определяют технологический процесс изготовления (сборки), ремонта изделия и его составных частей, а также содержат необходимые достаточные данные для организации производства.

Разнообразие технологических процессов, используемых при производстве ЭВМ (от изготовления электронных элементов до печатных плат, электромонтажа и сборки изделий ЭВМ), приводит к необходимости учёта этого обстоятельства при разработке технической документации.

Очень важной группой технических документов, используемых при проектировании и производстве ЭВМ, является группа *нормативно-технических документов*. Они обеспечивают: единство подхода к разработке, изготовлению и эксплуатации изделий ЭВМ; техническую, информационную и программную совместимость; необходимые качественные показатели изделий и удешевление последних; сокращения сроков проектирования и производства и т.п.

Группа нормативно-технических документов, используемая в пределах одной разработки, представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов различного уровня (государственных, республиканских, отраслевых, предприятия), а также руководящих материалов.

При проектировании и производстве ЭВМ используются как стандарты относящиеся непосредственно к вычислительной технике, так и стандарты устанавливающие во всех организациях и предприятиях независимо от объёма проектирования и производства единые правила оформления документации, подготовки производства и т.п.

В настоящее время система стандартов по вычислительной технике включает несколько сотен стандартов различных категорий (ГОСТы, ОСТы, СТП). Они периодически пересматриваются, с тем чтобы их параметры находились на современном уровне развития техники.

Основными объектами стандартизации в ЭВМ обычно являются: общие вопросы проектирования (терминология, технические требования, технические условия, методы испытаний и др.); элементная база; конструктивная и технологическая база и нормы проектирования; система сопряжения устройств и обеспечение единства их интерфейсов; показатель надёжности ЭВМ и их составных частей, методы определения показателей; номенклатура и правила выполнения конструкторской документации; кодирование информации на носителях и устройствах передачи данных, в документации; системы математического обеспечения и программной документации и др.

Особое значение имеют: стандартизация элементной и конструктивно-технологической базы, в частности установления конструктивной модульности; унификация элементов конструкции; сокращение номенклатуры применяемых ЭРЭ, материалов и др.; установление единых требований эргономики, технической эстетики к монтажным деталям и связанным с ними конструктивным элементам для придания конструкциям ЭВМ и их устройствам современного вида, способствующего конкурентоспособности ЭВМ на внешнем рынке. Именно стандарты на эти объекты определяют техническую совместимость конструкций ЭВМ.

Элементная база определяется стандартами, устанавливающими: единую номенклатуру ИМС и микросборок с их электрическими и эксплуатационными характеристиками; маркировку и обозначение схем, ЭРЭ и приборов; правила построения устройств и функциональных узлов на микросхемах; перечни ЭРЭ и приборов разрешённых к применению.

Конструктивно-технологическая база и нормы проектирования определяются стандартами, регламентирующими систему и структуру базовых конструкций и их типоразмеры, типовые унифицированные конструкции модулей всех уровней, единые унифицированные элементы органов управления и индикации, единые требования к стилевому оформлению технических средств ЭВМ и т.д.

Особую роль в группе нормативно-технических документов при конструировании и производстве ЭВМ играют государственные стандарты, входящие в *Единую систему конструкторской документации* (ЕСКД), *Единую систему технологической документации* (ЕСТД), *Единую систему программной документации* (ЕСПД). Их основное назначение заключается в установлении во всех организациях и на всех предприятиях единых правил выполнения документации. Они дают возможность обмена документами между организациями и предприятиями без их переоформления, а также обеспечивают стабильность комплектности, исключающую повторную разработку и выпуск дополнительных документов.

ЕСКД представляет собой комплекс государственных стандартов устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторских документов (табл. 6). В ГОСТах ЕСКД изложены: основные положения; комплектность и формы конструкторских документов; правила выполнения и оформления схем, чертежей, и текстовых документов; графические и буквенные условные обозначения; обозначения конструкторских документов; правила учёта, хранения, обращения и изменения конструкторских документов.

ЕСТД представляет собой комплекс государственных стандартов и руководящих нормативных документов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологических документов, применяемый при изготовлении и ремонте изделий (включая контроль, испытания и перемещения). В ГОСТах ЕСТД изложены: единая системе обозначения технологических документов; положения обеспечения единства оформления документов; положения обеспечения унификации последовательности размещения однородной информации в формах документации на различные виды работ (табл. 7).

Правила составления и оформления программных документов на ЭВМ устанавливаются ЕСПД.

Все отраслевые стандарты, стандарты предприятий руководящие материалы строятся на основе действующих государственных стандартов и являются их развитием или ограничением. Они, как правило, устанавливают единство схемотехнических и конструктивно-технологических решений и математического обеспечения ЭВМ и распространяются на схемную конструкторскую документацию, условные графические обозначения, специфические документы вычислительной техники, выполняемые как в ручную, так и автоматизированным способом.

В процессе проектирования и производства ЭВМ используются различные виды конструкторских и технологических документов.

Графические и текстовые конструкторские документы подразделяются на виды согласно ГОСТ 2.102 – 68.

К графическим конструкторским документам относятся следующие виды чертежей:

1. чертёж детали, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля;
2. сборочный чертёж, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля;
3. чертёж общего вида, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия;
4. теоретический чертёж определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей;
5. габаритный чертёж, содержащий контурное (упрощённое) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;
6. электромонтажный чертёж, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия;
7. монтажный чертёж, содержащий контурное (упрощённое) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения;
8. схема – документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними;
9. спецификация – документ определяющий состав сборочной единицы комплекса или комплекта.

Кроме указанных выше в состав конструкторской документации входят также текстовые документации: различные ведомости, например ведомости спецификаций ссылочных документов, покупных изделий, разрешения применения покупных изделий, держателей подлинников и др. Важными документами, входящими в состав конструкторской документации являются также:

1. пояснительная записка – документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений;
2. технические условия – документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приёмке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах;
3. программа и методика испытания – документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля;
4. таблица – документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведённые в таблицу;
5. расчёт – документ, содержащий расчёты параметров и величин, например расчёт размерных цепей, расчёт на прочность и др.;
6. эксплуатационные документы – документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации;
7. ремонтные документы – документы, содержащие данные для приготовления ремонтных работ на специализированных предприятиях;
8. инструкция – документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборка, регулировка, контроль, приёмка и т.п.).

Разработанные технологические процессы изготовления изделий оформляются в виде специальных технологических документов, обусловливающих их правильное планирование и выполнение. Состав технологических документов и правила их заполнения определяются ЕСТД.

В зависимости от назначения технологические документы подразделяют на основные и вспомогательные. К *основным* относятся документы, полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления или ремонта, а также содержащие сводную информацию, необходимую для решения инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач. *Вспомогательные* документы применяются при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций.

Состав применяемых видов документов определяется предприятием – разработчиком ЭВМ в зависимости от стадий разработки технологической документации, типа и характера производства. ГОСТ 3.1102–81 предусматривает следующие виды графических и текстовых технологических документов: карты технологического процесса (маршрутная, операционная, комплектовочная, эскизов и др.); технологическую инструкцию; различные ведомости (например, ведомости материалов, оборудования, оснастки и т.п.).

Маршрутная карта (МК) предназначена для описания технологического процесса изготовления и контроля изделий по всем операциям в технологической последовательности с указанием соответствующих данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах и без разделения операций на переходы.

Операционная карта (ОК) содержит описание одной из операций технологического процесса изготовления изделий с расчленением операций на последовательные переходы и с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. В зависимости от характера производства и выполняемых работ ГОСТы ЕСТД устанавливают различные виды операционных карт; процесса механической обработки, сборочных и электромонтажных работ, слесарно-сборочных работ, технического контроля и т.д.

Комплектовочная карта (КК) – документ, содержащий сведения о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект сборочной единицы более высокого уровня. Все данные заносятся в карту в технологической последовательности выполнения операций.

Карта эскизов (КЭ) – графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы. Он предназначен для пояснения и выполнения технологического процесса, операции или перехода.

Технологическая инструкция (ТИ) – документ, применяемый в целях сокращения объёма разрабатываемой технологической документации. Он описывает специфические приёмы работ или методики контроля технологического процесса, правила пользования оборудованием и приборами, а также содержит описание физико-химических явлений, происходящих при отдельных операциях технологического процесса.

Различного рода ведомости, например ведомости оснастки (ВО), оборудования (ВОБ), материалов (ВМ) и др., предназначены для указания применяемости в технологическом процессе необходимой оснастки, оборудования, материалов и норм их расхода.

Правила оформления вышеназванных технологических документов устанавливаются соответствующими ГОСТами ЕСТД.

На основании технологических документов определяется трудоёмкость работы, оснащаются рабочие места материалами, заготовками, сборочными комплектами, осуществляется контроль над ведением работ.

На стадиях предварительного проекта и опытного образца предприятием-разработчиком обязательно разрабатываются и выпускаются маршрутные карты, технологические инструкции и карты наладки. Для установившегося серийного и массового производства к числу обязательных относят практически все виды вышеназванных технологических документов.