

4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ РЭС. СТРУКТУРА КОНСТРУКЦИИ РЭС

4.1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ РЭС.

Качество конструкции РЭС, а также оптимальность самого процесса конструирования (сроки, трудозатраты) зависят не только от организации процесса конструирования, но и от методологии его проведения.

Изменение методов конструирования современных РЭС по сравнению с аппаратурой первых поколений характеризуется:

- Более широким использованием системного подхода, что увеличило роль конструктора и технолога на всех этапах проектирования изделия;
- Снижением длительности цикла и трудоемкости конструкторских работ благодаря широкому использованию методов автоматизированного конструкторского проектирования;
- Более широким использованием стандартизации.

Понятие «система» в технике означает сложную совокупность объектов и связей между ними, предназначенную для реализации заданных функций.

Конструкция РЭС как большая система имеет следующие признаки:

1. Высокую сложность (состоит из большого числа устройств, узлов и компонентов);
2. Связь с внешней средой (в том числе с человеком-оператором);
3. Иерархическую структуру (обладает свойством централизованного управления – подчинение низших уровней высшим).

Под *конструкторской иерархией* подразумевается последовательное объединение более простых электронных узлов в более сложные.

Обобщенную системную модель конструкции РЭС можно представить как систему, состоящую из изменяемых X и неизменяемых Y факторов (ограничений), показателей качества Z и связей F между факторами и показателями качества (рис.1.1)

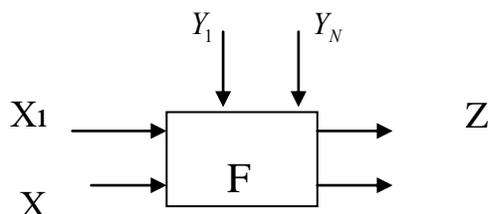


Рис.1.1. Графическое представление системной математической модели конструкции РЭС

К изменяемым в процессе конструирования факторам относятся: марки применяемых материалов, форма и размеры элементов конструкции. Взаимное расположение компонентов и узлов, вид электрических связей. Характер крепления компонентов, характер элементов усиления (ребер) и облегчения (выборок), способы теплоотвода. Герметизация, характер базовой конструкции. Внешнее оформление и т.д.

Ограничениями являются факторы, неизменяемые конструктором:

1. *Ресурсные* – материальные, временные, кадровые и энергетические;
2. *Системотехнические* – тип РЭС (аналоговые или цифровые, наземные или бортовые, с информационным и структурным резервированием и т.д.);
3. *Схемотехнические* – задаются электрической схемой, являются элементная база (быстродействие, токи, помехоустойчивость, термочувствительность, стабильность и т.д.), число и типы функциональных узлов, требования к их взаимному расположению и т.д.;
4. *Конструкторские* – масса и габариты, рекомендуемые типы базовых несущих конструкций, методы реализации электрических связей, ограничительные перечни на материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, патентоспособность и т.д.
5. *Технологические* - требование приемственности конструкции, тип производства. Вид технологических процессов, время запуска в производство, номенклатура основных технологических процессов и их стабильность, требования по автоматизации и т.д.;
6. *Эксплуатационные* - объект установки, уровень дестабилизирующих факторов (механических, климатических, тепловых, радиационных, электромагнитных воздействий), технологический уровень ремонтной базы, квалификация обслуживаемого персонала, время хранения, время эксплуатации (ресурс) и т.д.

Система показателей качества Z определяет пригодность конструкции для использованию её по тому или иному назначению, что регламентируется техническим заданием на разработку конструкции. Каждый показатель зависит от характера конструкции и ограничений : $Z = f(F, X_i, Y_j)$.

Методология поиска оптимального варианта конструкции РЭС основана на использовании системного подхода.

Сущность системного подхода при конструировании современных РЭС заключается в том, отыскивается оптимальное (наилучшее) решение при одновременном учете нескольких различных групп факторов и ограничений, которые раньше (для аппаратуры первых поколений) учитывались на различных этапах проектирования (разработка структурной и принципиальной схем, конструирование, разработка технологического процесса). При этом

структура РЭС, его конструкция и технология изготовления рассматриваются с точки зрения оптимальности всей системы.

При системном подходе подразумевается учет при конструировании не только схемотехнических, но и технологических факторов.

Эффективность использования системного подхода при конструировании зависит от вида РЭС. Наиболее эффективен системный подход для проектирования цифровых устройств, обладающих регулярной структурой. Это позволяет осуществлять моделирование при отыскании оптимальной конструкторской иерархии с учётом задержки распространения сигнала, перекрестных помех, различных ограничений.

В целом использование системного подхода при конструировании РЭС повысило роль конструктора и технолога, которые стали принимать участие в создании РЭС с самых ранних этапов.

4.2. СТРУКТУРА КОНСТРУКЦИИ РЭС

Каждая конструкция РЭС в зависимости от назначения имеет свою, присущую ей конкретную структуру. Однако требования стандартизации налагают ограниченные рамки на это разнообразие. Можно представить некоторую обобщенную типовую структуру и на её основе рассмотреть в общем виде основные структурные особенности, справедливые в принципе для всех конструкций.

Типовая структура конструкции современной РЭС состоит из элементной базы как исходного функционального материала и четырех уровней, от нулевого до третьего, из которых нулевой и первый называются низшими уровнями, а второй и третий – высшими уровнями. Элементная база – это еще не конструкция РЭС. Конструкция начинается с функционального узла, который представляет собой первичное структурное образование и относится к нулевому структурному уровню. Существует три разновидности функциональных узлов:

1. Микросборка;
2. Печатные узлы;
3. Гибридно-интегральные узлы.

Структурное дробление конструкции дает экономические преимущества при разработке, производстве и эксплуатации РЭС и преследует три цели:

1. Параллельное конструирование частей;
2. Параллельное изготовление частей;
3. Повышение ремонтнопригодности.

Параллельное конструирование частей, входящих в конструкцию, значительно ускоряют процесс конструирования. Это возможно благодаря выполнению условий размерной совместимости, предусматривающей

взаимное назначение для сопрягаемых частей габаритных и присоединительных размеров, а также совмещаемых электрических параметров в пределах предусмотренных допусков.

Параллельное изготовление частей, идет по независимым производственным циклам, соприкасающимся только при сборке конструкции. Это ускоряет производство в десятки раз.

Ремонтопригодность при эксплуатации повышается благодаря упрощению поиска неисправностей и возможности ремонта агрегатным способом, т.е. путем замены крупных частей. В дальнейшем возможен ремонт этих частей.

Структурные уровни или уровни разукрупнения введены ГОСТ 26632-85.

УРОВНИ РАЗУКРУПНЕНИЯ

Конструкторская иерархия реализуется с помощью уровней разукрупнения. Габаритные размеры которых стандартизованы. Конструкции нижестоящего уровня совместимы с конструкцией вышестоящего уровня.

В зависимости от постановки задачи возможны различные способы разукрупнения одной и той же системы. В соответствии с ГОСТ 26632-85 уровни разукрупнения РЭС определяет функциональная или конструктивная сложность.

По функциональной сложности различают четыре уровня разукрупнения: радиоэлектронная система, радиоэлектронный комплекс, радиоэлектронное устройство, радиоэлектронный функциональный узел.

По конструктивной сложности различают три уровня разукрупнения: шкаф, блок, ячейка.

В качестве основы разукрупнения по конструктивной сложности в ГОСТ 26632-85 приняты несущие конструкции (НК).

Несущая конструкция – элемент конструкции или совокупность элементов конструкции, предназначенных для размещения технических средств и обеспечения их устойчивости и прочности в заданных условиях эксплуатации.

По сложности несущие конструкции разделены на три уровня:

1. НК1 – несущие конструкции, предназначенные для размещения изделий электронной техники и входящие в несущие конструкции более высоких уровней;
2. НК2 – несущие конструкции, предназначены для размещения РЭС, выполненных на основе НК1;
3. НК3 - несущие конструкции, предназначенные для размещения РЭС, выполненных на основе НК2 и (или) НК1.

По конструктивной сложности РЭС разделены на три уровня, однозначно связанных с уровнями НК:

- Радиоэлектронная ячейка (ячейка) – РЭС, выполненная на основе НК1;

- Радиоэлектронный блок (блок) - РЭС, представляющая собой совокупность ячеек и выполненное на основе НК2;
- Радиоэлектронный шкаф (шкаф, стойка, пульт) – РЭС, представляющая собой совокупность блоков и (или) ячеек и выполненное на основе НК3.

Если устройства являются не только конструктивно, но и функционально законченными, то они называются *модулями*

Разукрупнение РЭС по конструктивной сложности РЭС в модульном исполнении связано в ГОСТ 26632-85 с базовыми несущими конструкциями (БНК).

Базовая несущая конструкция - несущая конструкция, предназначенная для размещения РЭС различного функционального назначения, габаритные размеры которой стандартизованы.

В общетехническом понимании базовые конструкции представляют собой изделия, в которых определенные конструкторские решения сохранены неизменными (унификация и типизация) для ряда изделий.

Поскольку БНК представляют собой частный случай НК, то для них также справедливо разделение на три уровня: БНК1, БНК2 и БНК3. Определение БНК2 и БНК3 аналогичны НК2 и НК3, а в определении БНК1 введено дополнение. Связанное с тем, что для РЭС в модульном исполнении введены четыре, а не три, как в общем случае, уровня разукрупнения: нулевой, первый, второй, третий.

Радиоэлектронный модуль (РЭМ) - функционально законченное РЭС, выполненное на основе базовой несущей конструкции того или иного уровня разукрупнения и обладающее свойствами конструктивной и функциональной взаимозаменяемости.

РЭМ1 - представляет собой функционально законченную ячейку или кассету, выполненную на основе БНК1 и обладающую свойствами функциональной и конструктивной взаимозаменяемости.

РЭМ2 - блок на основе БНК2.

РЭМ3 - шкаф (стойка, пульт) на основе БНК3.

РЭМ0 - представляет собой РЭС, предназначенное для реализации функций преобразования информации или преобразования сигналов и выполненное на конструктивной основе, размерно координируемой с БНК1 и обладающее свойствами конструктивной и функциональной взаимозаменяемости.

Фактически РЭМ0 представляет собой РЭФУ, собранный на печатных платах и вводится из-за широкого распространения печатного монтажа.

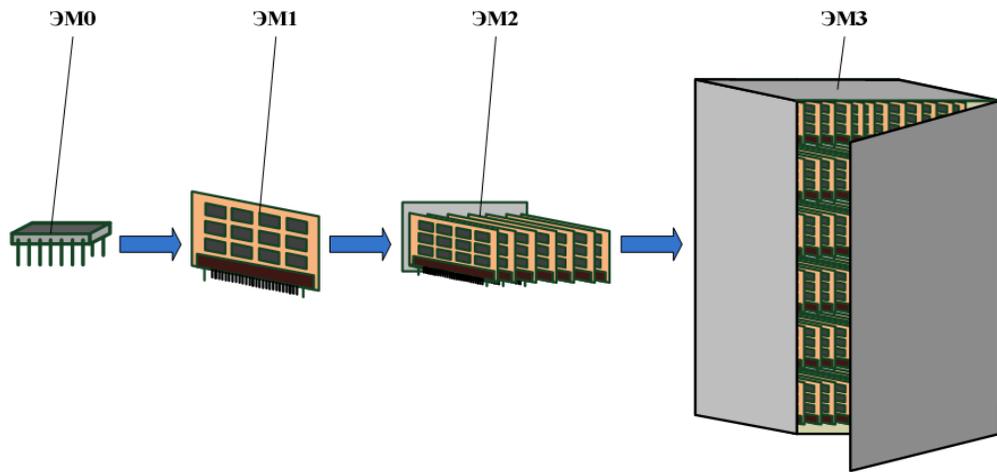
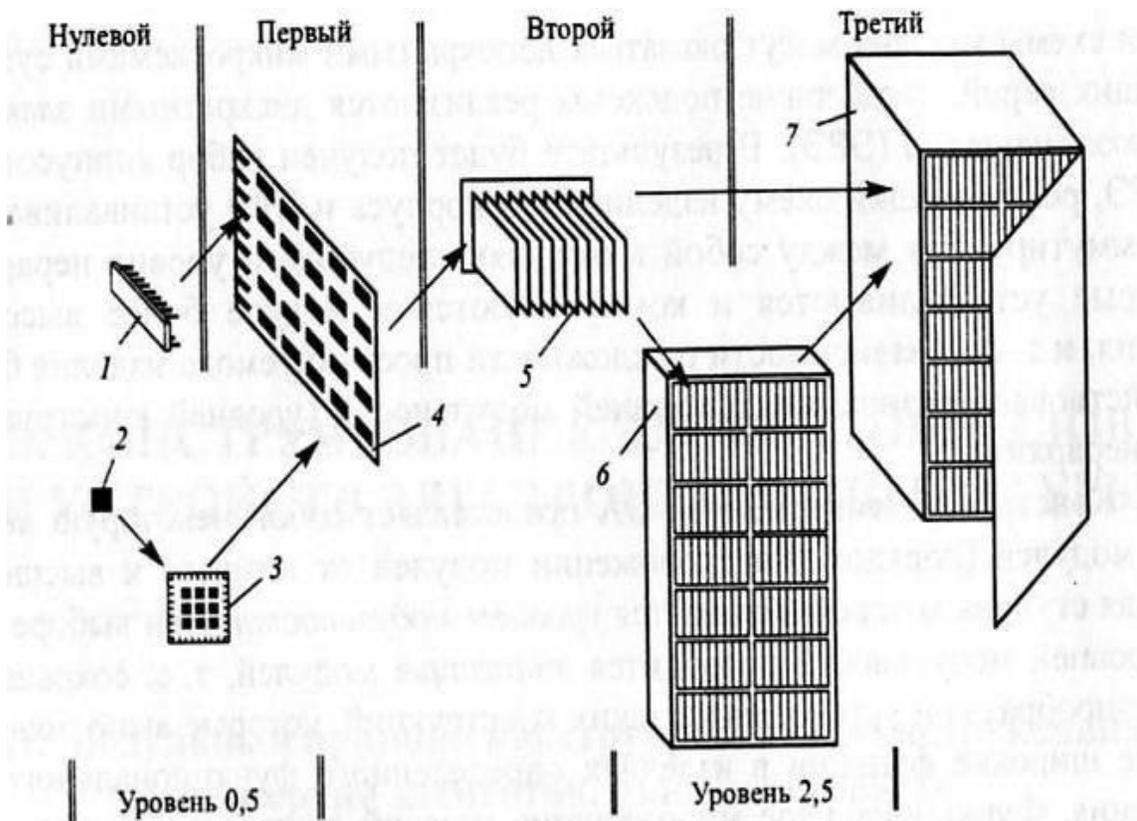


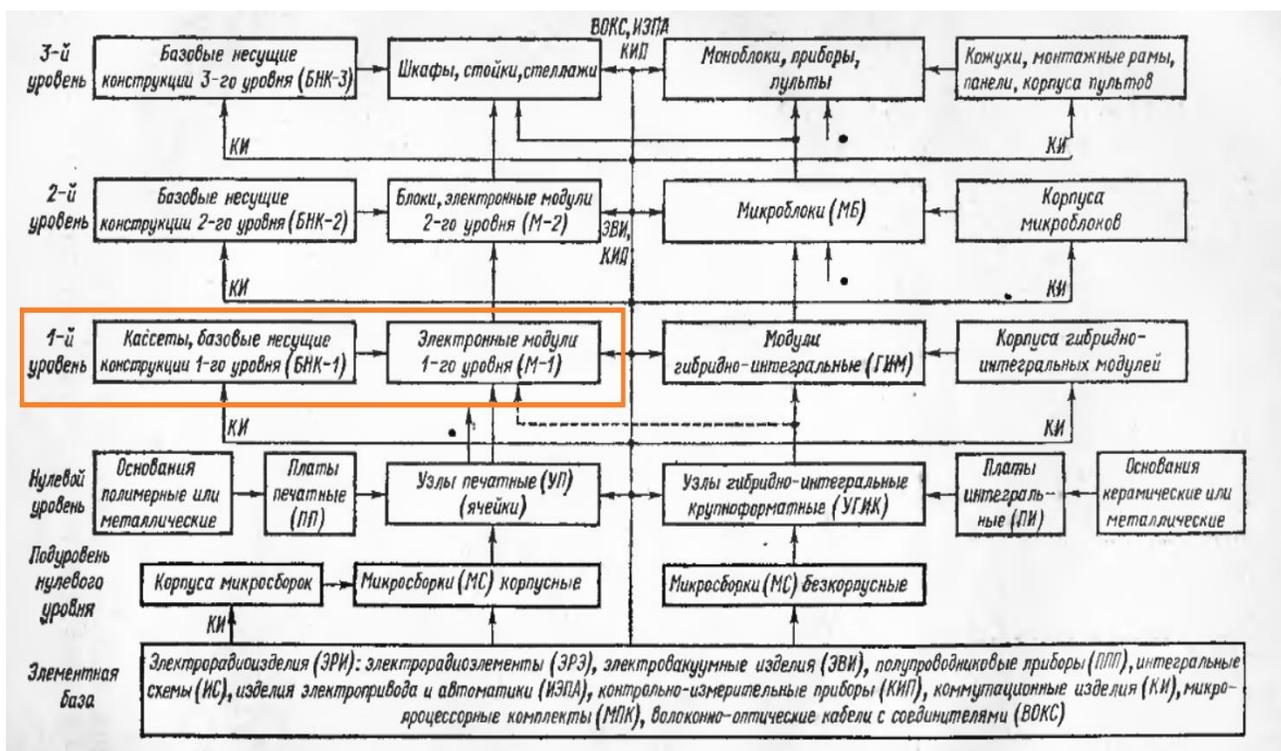
Рис. 1.1. Уровни разукрупнения электронных средств



Конструктивная иерархия и входимость модулей:

1 — микросхема; 2 — бескорпусная микросхема; 3 — микросборка; 4 — типовой элемент замены (ТЭЭ), ячейка; 5 — блок; 6 — рама; 7 — стойка

СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ КОНСТРУКЦИИ РЭС



Ограничения при разукрупнении по конструктивной сложности

Разукрупнение может быть выполнено только в том случае, если известны геометрические размеры модулей, определяющие не только вместимость, но и тепловые режимы, электромагнитную совместимость и другие важнейшие конструктивные показатели РЭС, включая надежность.

На геометрические размеры влияет большое число факторов, причем степень влияния одних и тех же факторов может существенно отличаться на разных уровнях разукрупнения.

Конструкцию РЭС высших уровней разукрупнения (РЭМЗ) определяет целевое назначение, объект установки, требования эргономики и технической эстетики.

Для создания РЭС большой сложности в виде единого целого (сборочной единицы) массогабаритные показатели модулей высших уровней должны быть близкими к предельно допустимым с точки зрения антропометрических характеристик человека. В частности, из соображений удобства работы оператора высота шкафа не должна превышать 2200 мм, масса нерасчленяемых при перемещении конструкций – не больше 150-200 кг.

Типичным примером ограничений размеров РЭС как объекта установки является требование обеспечения транспортировки корабельных РЭС через люк (600х600 мм).

Большое влияние на выбор размеров оказывают эстетические требования к внешнему виду РЭС.

Характер влияния рассмотренных факторов на конструкцию блоков (РЭМ2) несколько иной, а их значимость уменьшена. Несмотря на это вопросы эргономического согласования необходимо учитывать и в этом случае. Например: масса модулей не должна превышать 30 кг, а устанавливаемых в верхних рядах шкафов – даже 10-15 кг.

С другой стороны, в аспекте ремонтпригодности РЭС размеры блоков должны быть достаточными для размещения 10-15 ячеек.

Объект установки оказывает существенное влияние на геометрические размеры блоков при их размещении не в шкафах, а в выделенных для этой цели нишах или полостях.

Ячейки (РЭМ1) имеют относительно небольшие размеры и массу. При оценке размеров ячеек следует принять во внимание, что их увеличение целесообразно исходя из следующих соображений: возможности размещения РЭС достаточной функциональной сложности; повышения ремонтпригодности устройств; снижения влияния отказов соединителя на общую надёжность модуля; снижения доли изделий, вводимых только для придания конструктивной завершенности. В тоже время при увеличении размеров ухудшаются показатели безотказности и ремонтпригодности самих ячеек, усложняется организация ЗИП.

КОНСТРУКЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Совокупность уровней разукрупнения РЭС определенного назначения образует конструкционную систему (КС). Известны конструкционные системы РЭС измерительных приборов, электронной вычислительной аппаратуры, телевизионной, связной аппаратуры.

КС - представляет собой совокупность БНК разных уровней разукрупнения, обеспечивающую создание требуемого множества РЭС и организованную на основе определенных размерных соотношений с учетом условий эксплуатации, инженерной психологии, технологии производства.

Разработка КС предполагает не только проведение комплексной унификации размеров, сортамента, конструкторско-технологических решений, но и создание типовых элементов конструкций, узлов и НК модулей различных уровней разукрупнения.

По способу построения КС представляет собой системы универсально-сборочных каркасных конструкций, основу построения которых составляют сборные каркасы различных уровней, видов и типоразмеров.

Под *каркасом* понимают остов сборочной единицы или РЭС в целом, собранный, как правило, из отдельных элементов и обеспечивающий прочность и жесткость конструкции при заданных внешних воздействиях.

Наружные оболочки (кожухи), выполняемые, как правило, из листовых материалов, предназначены для придания конструкции законченного вида, защиты от внешних климатических и механических воздействий, электромагнитного экранирования.

Одним из важнейших требований к КС является обеспечение электромагнитной совместимости. Для получения высокой эффективности экранирования КС в целом недостаточно использования металлов или металлизации при изготовлении элементов конструкции. При разработке КС должны быть разработаны соединения, обеспечивающие малое сопротивление контактного перехода между отдельными деталями КС, конструкции заземления.

Анализ наиболее распространенных отечественных и зарубежных КС показывает, что число уровней в них варьируется в пределах 3 ... 5 уровней (в большинстве – 4 уровня).

Широко распространены КС:

- Система унифицированных типовых конструкций - УТК20, ГОСТ 20504-81.

Одна из первых наиболее удачных и полно разработанных КС и получила широкое распространение при конструировании средств автоматизации и приборостроения для различных областей науки и техники.

- КС унифицированных базовых несущих конструкций - УБНК.
- КС – унифицированных типовых конструкций и входящих в единую систему средств приборостроения (ЕССП).
- КС электронных измерительных приборов.

Технологичность КС

Высокая технологичность КС связана, главным образом, с резким сокращением числа типоразмеров и принципом сборки из унифицированных типовых деталей.

Значительное снижение трудоемкости, материалоемкости и себестоимости связано с широким применением точных профилей, штампованных изделий, унифицированных способов и узлов крепления. Использование точных профилей при изготовлении КС значительно упрощает технологические процессы. Сводя их в основном к обрезке профилей и сверлению отверстий. В большинстве случаев достаточно точность обработки не выше 12 квалитета и допуски на межосевое расстояние около $\pm 0,2$ мм. Это

приводит к снижению трудоемкости в 3 ... 5 раз и повышению коэффициента использования металла до 95%.