ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы конструирования электронных средств» для студентов направления 211000.62 «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») для всех форм обучения

Воронеж 2014

Составители: канд. техн. наук Н.В. Астахов, канд. техн. наук А.В. Башкиров

УДК 621.396.6.001.66

Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы конструирования электронных средств» для студентов направления 211000.62 «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») для всех форм обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Н.В. Астахов, А.В. Башкиров. Воронеж, 2014. 44 с.

В работе представлены рекомендации и необходимый материал для самостоятельного изучения разделов курса «Основы конструирования электронных средств» с вопросами для самоконтроля и список рекомендуемой литературы.

Издание соответствует требованиям рабочей программы дисциплины «Основы конструирования электронных средств». Предназначено для бакалавров четвертого курса.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле СРС_211000.doc

Табл. 9. Ил. 8. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Цель самостоятельной работы студентов – состоит в изучении методологии разработки объемных и микроминиатюрных конструкций ЭС, организации процесса автоматизированного конструкторского проектирования с учетом требований технического задания, ограничений производства, обеспечения высокого качества, в том числе надежности, технологичности, экономической эффективности.

План-график самостоятельной работы студентов представлен в таблице 1

Таблица 1

Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
7 семестр			**108**
1	Самостоятельное изучение вопросов История развития конструкций современных ЭС. Как решается проблемы микроминиатюризации, теплоотвода, защиты от внешних воздействий.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
2	Самостоятельное изучение вопросов Чертежи, входящие в полный комплект и комплекс конструкторской документации. Правила оформление чертежей и расчетно-	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6

	пояснительной записки согласно ГОСТ Подготовка к лаб.работе №1		
3	Самостоятельное изучение вопросов Анализ параметров, входящих в состав технического предложения и технического задания. Вопросы согласования технического задания с заказчиком, зависимость параметров от возможностей конкретного производства. Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
4	Самостоятельное изучение вопросов Анализ этапов конструирования. Виды компоновки: номографическая, аналитическая, аппликационная, модельная, графическая. Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
5	Самостоятельное изучение вопросов Существующие ограничения плотности печатного монтажа. Допуски и отклонения печатного рисунка на плате.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на	6

	Подготовка к защите лаб.работы №1	экзамене, отчет по лаб.работе	
6	Самостоятельное изучение вопросов Иерархия структуры современных ЭС. Сквозное проектирование и разукрупнение сложных ЭС на части при различных видах конструирования. Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
7	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка на печатной плате. Критерии оптимизации при компоновке. Доработка и оформление лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
8	Самостоятельное изучение вопросов Компоновка модулей, блоков, стоек. Виды компоновки. Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
9	Самостоятельное изучение вопросов Виды паразитных связей в ЭС. Виды экранов. Внешние и внутренние	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада,	6

	электромагнитные помехи. Виды компенсационных схем и фильтров. Подготовка к защите лаб.работы №2	дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	
10	Самостоятельное изучение вопросов Сложный теплообмен. Виды теплоотводов. Эффект Пельтье. Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
11	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования носимой радиоаппаратуры. Виды герметизации ЭС. Доработка и оформление лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
12	Самостоятельное изучение вопросов Активные и пассивные методы защиты ЭС от механических воздействий. Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
13	Самостоятельное изучение вопросов Долговечность, ремонтопригодность,	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата	6

	сохраняемость, безотказность как свойства ЭС. Способы повышения надежности ЭС за счет контактных явлений. Подготовка к защите лаб.работы №3	или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	
14	Самостоятельное изучение вопросов Требования к размещению и эргономике при проектировании наземных, стационарных ЭС. Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	6
15	Самостоятельное изучение вопросов Способы виброзащиты и компоновки модулей при проектированых подвижной наземных ЭС. Доработка и оформление лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
16	Самостоятельное изучение вопросов Особенности конструирования бортовых ЭС, защита от перепада давлений и температур. Подготовка к защите лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	6
17	Самостоятельное изучение вопросов	Устный опрос, проверка	6

	Воздействие соленого морского воздуха, влаги и обледенения на морские ЭС. Подготовка к защите лаб.работы №4	конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	
18	Самостоятельное изучение вопросов Патентная чистота разработки, виды защиты авторского права в области электроники. Международные формы защиты авторского права и патентоведения. Подготовка к сдаче итогового отчета по лаб.работам	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, итоговый отчет по лаб.работам	6
		Итого	**108**

1. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Конструкция ЭС как система

Понятие “система“ в технике означает сложную совокупность объектов и связей между ними, предназначенную для реализации заданных функций. Как любая сложная сборочная единица машиностроения или приборостроения, конструкция ЭС отвечает трём главным условиям совместимости: возможности композиции и декомпозиции, образованию при композиции новых качеств, не равных сумме свойств исходных частей, наличию иерархического порядка в структуре. Первые два условия системности означают, что в результате процесса конструирования (композиции) должно

быть найдено и отражено в конструкторской документации новое структурное образование – конструкция ЭС (или их частей), составленное из входящих в него готовых (покупных) и вновь спроектированных частей, причём это структурное образование должно обладать новыми качествами, не равными сумме свойств входящих в него частей.

Третье условие системности (иерархический порядок) проявляется в разделении конструкции на структурные уровни, или уровни входимости. Это значит, что высокий уровень структуры конструкции составляется из частей её, относящихся к более низким уровням, или в терминах конструкторской документации (КД): составная часть, относящаяся к более низкому уровню входимости, входит в спецификацию части более высокого структурного уровня.

Свойства конструкций ЭС

Каждая конструкция характеризуется определённой системой свойств, по которым возможно качественное или количественное сравнение конструкций.

Количественные оценки свойств конструкции называют параметрами конструкции (У).

Качественно свойства конструкции отображаются её структурой (S),которая определяется схемой внутренних и внешних связей. Последние могут быть следующих типов:

- геометрические,
- механические,
- электрические,
- магнитные,
- тепловые и т.п.

Одни и те же свойства конструкции могут быть получены в результате реализации различных структур.

Для представления абстрактной модели конструкции ЭС может быть использован аппарат теории множеств.

Если обозначить

множество структур через $S=\{S_i, i=1,2,\ldots,n\}$,

множество параметров $Y=\{Y_j, j=1,2,\ldots,m\}$ и

множество взаимодействий $X=\{X_k, k=1,2,\ldots,l\}$,

то абстрактная модель выразится как

$K=S \cap Y$,

где $\cap$-символ пересечения множеств S и Y,

$S_i=S(S_1,S_2,\ldots,S_n; y_1,y2,\ldots,y_n; x_1, x_2,\ldots,x_l, t)$,

Y_j выражается аналогично.

Иначе говоря, как сами некоторые структуры, так и их параметры, а в общем это свойства конструкции К, являются функциями большого числа факторов, связанных с внешними воздействиями, параметрами элементов и схемами связей между ними и внешней средой; причём многие из этих факторов взаимозависимы и часто при анализе модели неизвестны.

Выводы:

Формализация процесса конструирования с математической точки зрения является плохо формулируемой задачей.

Для конструирования ЭС в целом сейчас нельзя установить алгоритм этого процесса, пригодный для ЭВМ.

Для частных формализуемых задач конструирования (выбора номиналов, допусков, оптимального размещения и трассировки и т.п.) применение алгоритмов не только возможно, но и необходимо в конструкторской практике.

Процесс конструирования сводится в настоящее время к логико-математическому поиску оптимума при последовательном усовершенствовании исходного варианта, получаемого на основе приемственности и требований ТЗ.

Эти группы свойств конструкции ЭС отражают собственно те *группы требований* к конструкции, которые предъявляются её создателями – разработчиками и изготовителями и её потребителями, а именно:

- техническими требованиями;
- производственно – технологическими;
- эксплуатационными;
- юридическими.

Первая группа требований определяется электрическими и механическими выходными параметрами такими как, например, чувствительность приёмника, выходная мощность передатчика, быстродействие ЭВМ, диапазон рабочих частот, вес, габариты и т.п., а также степенью устойчивой работы ЭС в условиях электромагнитных наводок и внутренних перегревов.

Вторая группа отражает в основном требования технологичности, серийноспособности и экономичности ЭС.

Третья группа требований включает в себя вопросы обеспечения надёжности, ремонтопригодности, готовности ЭС, а также вопросы эргономики и технической эстетики. Причём требование надёжности может, в свою очередь, быть раскрыто более полно, как требования обеспечения вибро-и ударопрочности, виброустойчивости, температурной стабильности, влагозащищённости, герметичности и т.д.

В таблице свойства конструкции, обеспечение которых удовлетворяют первой группе требований, подчёркнуты сплошной линией, второй группе – пунктиром и третьей – штрих-пунктиром.

Юридические требования вполне однозначно определяются патентными свойствами.

Структурные уровни

Структурное дробление конструкции даёт экономические преимущества при разработке, производстве и эксплуатации ЭС и преследует три цели:

1) параллельное конструирование частей;
2) параллельное изготовление частей;
3) повышение ремонтопригодности.

Параллельное конструирование частей, входящих в конструкцию, значительно ускоряет процесс конструирования. Оно 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, входящих в различные структурные уровни, идёт 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. путём замены крупных частей. В дальнейшем возможен ремонт этих частей.

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

Типовая структура конструкции современных ЭС состоит из электрической базы как исходного функционального материала и четырёх уровней, от нулевого до третьего, из которых нулевой и первый называются низшими, а второй и третий – высшими Элементная база состоит из электрорадиоизделий (ЭРИ), входящих в перечень элементов электрической принципиальной схемы ЭС (или частей) как комплектующие изделия. ЭРИ включают в себя следующие классы:

1) электрорадиоэлементы (ЭРЭ) – дискретные резисторы, конденсаторы, кварцевые фильтры и т.п., моточные изделия (трансформаторы, дроссели, катушки индуктивности, электромагнитные линии задержки и др.);

2) электровакуумные изделия (ЭВИ) – радиолампы, электронно-лучевые приборы, электрические световые табло и т.п.;

3) полупроводниковые приборы (ППП) – транзисторы, тиристоры и т.д.;

4) интегральные схемы (ИС);

5) изделия электропривода и автоматизации (ИЭПА);

6) контрольно-измерительные приборы (КИП);

7) коммутационные изделия (КИ);

8) микропроцессорные компоненты (МПК);

9) волоконно-оптические кабели с соединителями (ВОКС).

Элементная база – ещё не конструкция ЭС. Конструкция начинается с функционального узла. Функциональный узел представляет собой первичное структурное образование и относится к нулевому структурному уровню. Существуют три разновидности функциональных узлов: микросборки, печатные узлы и гибридно-интегральные узлы.

Микросборки относят к подуровню нулевого уровня структуры РЭС. Они входят в состав печатных узлов (корпусные микросборки) и гибридно-интегральных узлов (бескорпусные микросборки).

Как показано на рис. 1, схема структуры ЭС имеет две параллельные ветви: по печатному (левая часть схемы) и гибридно-интегральному исполнению узлов (правая часть). В современных ЭС находят применение оба конструктивно-технологические исполнения.

Первый уровень состоит из модулей, второй из блоков, а третий представляет собой окончательно оформленную конструкцию РЭС в целом, т.е. самостоятельное в эксплуатационном отношении изделие в виде сборочной единицы.

В зависимости от сложности конструкции ЭС различают комплексы, системы, радиоэлектронные устройства (РЭУ), блоки, функциональные узлы (ФУ), детали. Такое деление отличается от положениями ЕСТД (комплексы-сборочные единицы-детали); однако на практике оно наиболее распространено.

Классификация электронных средств

Классификация ЭС по отдельным признакам, например назначению, объекту установки и условиям эксплуатации определена давно и достаточно строго, а по функционально конструктивным признакам опять – таки в разных источниках

многовариантна. Можно привести много примеров, где одним и тем же термином обозначаются совершенно разные по своим функциям и конструктивной сложности изделия: полупроводниковый прибор (транзистор) и измерительный прибор (вольтметр ламповый); импульсное устройство (триггер) – радиоприёмное устройство (транзисторный приёмник); блок конденсаторов переменной ёмкости – блок индикатора кругового обзора и т.д. Поэтому остановимся на видах классификации ЭС по следующим признакам:

- по функциональной сложности, т.е. по числу и рангу функций, выполняемых изделием;
- конструктивной сложности, определяемой числом элементов конструкции и числом соединений между ними, выбранной элементной базой и способом компоновки;
- назначению;
- объекту установки;
- виду сигнала и диапазону частот.

По *функциональной сложности*_деление, например ЭС может быть представлено в виде следующей цепочки (сверху вниз): радиотехническая система – комплекс радиоэлектронных устройств – радиоэлектронное устройство (РЭУ) – блок - субблок – функциональный узел.

Радиотехническая система представляет собой совокупность сигналов в пространстве, операторов и радиоэлектронной аппаратуры, размещённых на объектах в определённых точках на поверхности или в пространстве, действующих в условиях помех и внешних возмущений, *)например, система посадки самолёта.

Комплекс радиоэлектронных устройств – совокупность РЭУ, объединённых, как правило, на одном объекте и являющихся законченной частью, например наземный и бортовой комплекс радиосвязи самолёта с землёй.

Радиоэлектронное устройство - часть комплекса, решающая основную целевую функцию, функционально и конструктивно законченная и,

Определение блока, субблока, функционального узла смотри в разделе терминологии ЭС.

По конструктивной сложности, определяемой выражением:

$$C=k_1(k_{2N}+k_3M) \quad (1)$$

где k_1 – масштабный (нормирующий) коэффициент относительно конструкции прототипа,

k_2,k_3 – весовые коэффициенты, учитывающие вероятности отказов элементов и соединений,

N, M – число схемных элементов и соединений между ними, соответственно электронные средства, подразделяют на много – и моноблочные конструкции, функциональные ячейки, микросборки, микросхемы и функциональные компоненты.

Многоблочные конструкции выполняют в виде шкафов, стоек, пультов, моноблочные – виде контейнеров или отдельных корпусированных приборов, функциональные ячейки – в виде сборок ЭРЭ и корпусированных ИС на печатных платах или сборок из МСБ на металлических рамках. Микросхемы и функциональные компоненты (оптроны, интегральные пьезофильтры, фильтры ПАВ, джозефсоновские приборы, приборы на ПЗС и ЦМД и др.) часто корпусируются и представляют собой изделия электронной техники, выпускаемые для широкого применения Минэлектронприбором. В совокупности они образуют элементную базу современных ЭС.

По *назначению* ЭС делят на средства:

- радиовещания и телевидения;
- радиоуправления и телеметрии;
- радиоастрономии;
- радиоизмерительные;
- обработки данных и информации;
- записи и воспроизведения;
- медицинские и промышленные ЭС.

По объекту установки они классифицируются на три основных категории, в каждой из которых существуют группы, а именно бортовые (самолётные, космические, ракетные), наземные (возимые, носимые, переносные, бытовые, стационарные) и морские (судовые, буйковые).

По виду сигнала и диапазону частот они могут быть аналоговыми, цифровыми и СВЧ.

В заключение отметим, что ЭС, а в частности РЭС может принимать различные конструктивные формы в зависимости от его функциональной сложности и системы интеграции используемых в нём ИС. Например, при высокой степени интеграции и соответствующей функциональной сложности (свыше 10000 элементов) устройство может быть заключено в один объём, имеющий форму моноблока, ячейки, микросборки и даже одного кристалла. При недостаточной степени интеграции формообразование радиоустройств идёт по пути создания многоблочной конструкции.

В приведённой выше таблице можно указать конкретные виды конструктивов: многоблочная конструкция – ЭВМ ЕС 1045, моноблок – микрокалькулятор на печатной плате ”Электроника МК36”, МСБ – микрокалькулятор на стеклянной подложке с кристаллодержателями серии К145 ”Электроника Б3 – 04”, СБИС – однокристальная ЭКВМ специзделия.

Контрольные вопросы для контроля усвоения изученного материала

1). Что понимается под электронными средствами?

2). В чём разница понятий “радиоэлектронные средства” и “электронные средства”?

3). Дайте понятие конструированию ЭС.

4). Каким трём главным условиям системности должны отвечать ЭС?

5). Что характеризует структура конструкции ЭС? Чем она определяется?

6). Как можно представить абстрактную модель конструкции ЭС?

7). Почему формализация процесса конструирования ЭС с математической точки зрения является плохо формулируемой задачей?
8). Каковы разновидности функциональной внутренней связи конструкции?
9). С какими составными частями в системе должна быть согласована конструкция ЭС?
10). Назовите показатели надёжности ЭС.
11). Какими свойствами определяют технологичность?
12). Какими свойствами определяются юридические требования к конструкции ЭС?
13). Каковы цели структурного дробления конструкции? Достоинства и недостатки разукрупнения конструкции.
14). Приведите типовую структуру конструкции современных ЭС.
15). Назовите состав элементной базы ЭС.
16). Приведите иерархическую соподчинённость составных частей конструкции ЭС согласно требованиям ЕСКД.

2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОСТРОЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Факторы окружающей среды

К основным факторам внешней среды, воздействующим на РЭА, можно отнести:

- температуру,
- влажность,
- давление,
- пыль, песок,
- фоновые излучения, включая солнечную радиацию,
- биологическую среду.

Влияние этих факторов может быть значительным, в особенности, если они проявляются совместно. По степени

влияния этих факторов на РЭА различают следующие группы условий эксплуатации:

Л – легкие ($t^o \approx +20^oC$, влажность ≤80%, p≈760 мм рт. ст., нет воздействия пыли, песка, излучений и биологической среды); они характерны для закрытых, отапливаемых и вентилируемых помещений.

С - среднее ($t^o = -50 \div +70^oC$, влажность периодами достигает 98%, воздействие пыли, песка, биологической среды); они характерны для наземной, полевой и передвижной аппаратуры.

Ж – жесткие ($t^o = -80 \div +100^oC$, влажность ≤98%, давление до 5 мм рт. ст., воздействие пыли, песка, фонового излучения среды среднего уровня); они характерны для авиационной РЭА.

ОЖ – особо жесткие ($t^o = -100 \div +250^oC$, влажность до 100 %, давление до $5*10^{-6}$ мм рт. ст., воздействие сильных фоновых излучений, пыли, песка); они характерны для ракетной РЭА.

Кроме отраслевых стандартов климатические воздействия определяются в соответствии с ГОСТ 15150-69 – «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов». Согласно этого ГОСТ вся поверхность Земли разбивается на 6 климатических регионов:

У – умеренный климат;

ХЛ – холодный климат;

ТВ – влажный тропический климат;

ТС – сухой тропический климат;

М – умеренный холодный морской климат;

ТМ – тропический морской климат.

Помимо этого, данный ГОСТ устанавливает также категории РЭА в зависимости от размещения:

1 категория – РЭА, эксплуатируемая на открытом воздухе.

2 категория – РЭА, эксплуатируемая под навесом;

3 категория – РЭА, эксплуатируемая в закрытом помещении с естественной вентиляцией (без искусственно

регулируемых климатических условий), но при существенном уменьшении воздействия солнечной радиации, ветра, росы, колебаний температуры и влажности.

4 категория – РЭА, размещаемая в закрытых наземных и подземных помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями окружающей среды;

5 категория – РЭА, эксплуатируемая в неотапливаемых и невентилируемых помещениях, в которых может быть влага при ее частичном конденсировании.

Поскольку диапазон рабочих температур может для разных групп составлять:

-55 ÷ +55°С; -65 ÷ +85°С; -65 ÷ +125°С;
-65 ÷ +200°С; -65 ÷ +350°С; -65 ÷ +500°С;

то местные перегревы могут во много превосходить эти указанные температуры, а следовательно, без дополнительных мер, уменьшающих эти температуры, и без анализа влияния этих факторов на работу элементов, немыслимо создать работоспособную и надежную аппаратуру. Влияние температуры на параметры элементов и свойства материалов РЭУ проявляется следующим образом:

1) *при низких температурах:*

- электролитические конденсаторы замерзают и перестают работать,
- аккумуляторные батареи разряжаются,
- воск и защитные компаунды твердеют и растрескиваются,
- резиновые амортизаторы теряют свою эластичность и перестают работать,
- в механических подвешенных узлах наблюдается замерзание смазки,
- в реле наблюдается слипание контактов,
- в штепсельных разъемах из-за различных ТКЛР пластмассы и металла происходит нарушение контактов,
- уменьшаются усилительные свойства транзисторов.

2) *при повышенных температурах:*

- происходит изменение люфтов и натягов, для ряда элементов могут возникнуть нежелательные деформации и коробления (например, в катушках высокой частоты и конденсаторах переменной емкости),

- некоторые сопротивления и емкости конденсаторов постоянной емкости могут изменять свои значения на величины, намного превышающие рабочий разброс,

- проводимость полупроводников резко возрастает, а именно диоды и транзисторы изменяют расчетные данные для своих параметров, особенно β, h_{11} и $J_{ко}$ – для транзисторов и $R_{обр}$ – для диодов, что может привести к потери работоспособности схем на этих элементах,

- ряд материалов (например, термопластичных пластиков и компаундов) подвергается недопустимым размягчениям, и начинают течь и т.д. и т.п.

Влияние повышенной влажности проявляются в следующем:

1)увеличивается диэлектрическая проницаемость изоляционных материалов;

2) снижается их удельное поверхностное сопротивление;

3) уменьшается электрическая проницаемость воздушных зазоров;

4) происходят побочные физико-химические процессы в диэлектриках и металлах.

Эти причины вызывают нежелательные изменения емкости конденсаторов, уменьшение сопротивления изоляции, искрение, пробой, разбухание и отслаивание диэлектриков, коррозию металлов, появление плесени внутри аппаратуры.

При малой величине влажности наблюдается высыхание диэлектриков и их растрескивание.

Наиболее стойкими к действию влаги из диэлектриков являются фторопласт, полистирол, полиэтилен; менее стойки – термопластики, керамика и сильно подверженными являются бумага, ткани, гетинакс, текстолит и др. Из металлов менее всего подвержены коррозии свинец, алюминий, несколько

больше – медь, никель и очень сильно железо. Проникновение коррозии вглубь металла характеризуются следующими цифрами (в мкм/год): Pb – 4, Al – 8, Cu –12, Ni – 32, Fe –200. Эти данные справедливы для химически чистых металлов. В реальных конструкциях используются технические металлы, скорость коррозии у которых еще выше за счет включения различных примесей. Скорость коррозии металлов зависит от величины относительной влажности, а также от температуры и состава газа окружающей среды. Пленки сплавов, образующихся на металлах, являются хорошими защитными средствами от коррозии, в особенности, пленки окислов алюминия и титана (Al_2O_3, Tio_2). При конструировании РЭА следует также учитывать т.н. «контактную коррозию»-коррозию, возникающую за счет разности электрохимических потенциалов металлов

Влияние пониженного давления на работоспособность РЭА проявляется через следующие явления:

1). Уменьшается электрическая прочность воздушных промежутков.

2). Ухудшаются условия теплообмена конвекцией, что вызывает дополнительные перегревы изделий.

3). В герметичных блоках возникают дополнительные механические напряжения в стенках, крышках и деталях крепления за счет перепада давлений.

Уменьшение теплоотдачи, в свою очередь, приводит к уменьшению электрической прочности из-за повышения температуры узлов и температуры окружающего их объема (среды). Коэффициент снижения напряжения поверхностного перекрытия в интервале температур +20÷+150°С при всех значениях атмосферного давления от 760 мм рт.ст. до 3мм рт.ст. близок к температурному коэффициенту изменения плотности воздуха и может быть оценен следующей формулой:

$$K_t = \frac{T + t_n}{T + t_{ном}}, \qquad (2)$$

где Т – температура платы, поверхности узла и т.п.,

$t_п$, $t_{ном}$ – температура окружающего воздуха в нормальных и номинальных заданных условиях.

Таким образом, оба указанных фактора при пониженном атмосферном давлении могут значительно уменьшить диапазон рабочих напряжений в радиоэлектронных устройствах.

Защита ЭС от факторов внешней среды

Наиболее полным видом защиты от всех перечисленных факторов является корпусирование ЭС или отдельных ее частей с *общей герметизацией*. Общая герметизация может быть вакуумной («паяный шов», сварка) или неполной (с помощью уплотнительных прокладок). Однако во многих случаях, в особенности, для наземной ЭС возможности общей герметизации ограничены из-за наличия подвижных органов управления, систем продувки воздухом и т.п. В этих случаях возможны различные способы защиты ЭС от того или иного фактора в отдельности.

Способы *влагозащиты* подразделяют:

I. Применение неорганических материалов (стекол, керамики, слюды, кварца), нержавеющих сталей, оксидированных материалов и сплавов и антикоррозионных покрытий (никелирование, цинкование, кадмирование и т.п.). необходимо помнить, что цинкование, никелирование, кадмирование, фосфатирование и покрытие хромом применимы для защиты от коррозии стальных и медных конструкций, защита алюминиевых и магниевых сплавов проводится с помощью никелирования, серебрения, оксидирования и анодирования. При этом чистота покрываемых поверхностей должна соответствовать ∇4-∇7.; (Rz=40÷6.3).

II. Гидрофобизация поверхностей диэлектриков: печатные платы покрывают 2-3 слоями лаков УР-231, Э4100, СБ-1с; изделия из стекла и керамики хорошо

гидрофобизируются покровной жидкостью ГКЖ-94; для высокотемпературных узлов применяют кремнийорганические лаки К-57, К-47 (рабочая температура до +250 ÷ 300°С); изделия из металлов для тропического исполнения покрывают эмалями ЭП-51, ПФ-163 и др.

III. Пропитка и заливка изоляционными материалами;

пропитка отличается от заливки тем, что изоляционный материал не только заполняет свободные зазоры между изделием и стенками корпуса (или заливочной формы), но и проникает по всем каналам, включая капиллярные, внутрь материалов конструкции: материал, применяемый для этих целей должен обладать малым произведением ε.tgδ, высокой теплопроводностью и теплостойкостью, электрической прочностью, малым влагопоглащением, слабой химической активностью, высокой проникающей способностью, хорошей адгезией к металлам, малой усадкой. Часто пропитка и заливка применяется для улучшения электрических и механических свойств изделий, например, пропитка конденсаторов повышает их электрическую прочность, заливка микромодулей увеличивает жесткость и прочность конструкций. Различают жидкие, твердые, пропитки и эластомеры. К жидким относятся конденсаторные и трансформаторные масла (октол, совол и др.). Для пропитки бумажных конденсаторов применим *жидкий полиизобутилен* (t=+125°С, $tg\delta=10^{-3}$, $\rho_{\upsilon}=10^{14}$ом см). При выборе материала заливки следует учитывать, что в ряде случаев он может вызывать химические реакции или действовать как растворитель, например, герметик УТ-32, применяемый для герметизации фланцевых, болтовых, заклепочных и др. соединений непригоден для изделий с серебряным покрытием, лак ФЛ-98 растворяет эмали и т.п. К твердым пропиткам и заливкам относятся компаунды *КГМС* (для заливки трансформаторов), МБК (для защиты различных деталей и узлов, включая трансформаторы, катушки, полупроводниковые бескорпусные приборы – марки МБК п/п), компаунды эпоксидные *ЭК-16б* (микромодули), *ЭПК-1*

(многослойные обмотки) *ЭЗК* (заливка линий задержки, импульсных трансформаторов, триодов, диодов, деталей из полистирола). Перечисленные выше марки компаундов, в основном, применимы для низкочастотных изделий. Для пропитки-заливки *высокочастотных схем* применяют пенополиуретаны марок *ПУ-3, ПЭ-5, ПУ-101* (удельный вес 0,04÷0,5 г/см^3 вместо 1,3 ÷ 1,7 г/см^3 для эпоксидных, ε=1,05 ÷ 1,25; tgδ=10^{-3}÷10^{-4}; $t°_{полимеризации}$=100 ÷ 170°С). В тех случаях, когда заливке подвергаются изделия с тонкими гибкими выводами, чувствительными к усадке элементами (полупроводники, ферриты и т.п.) применяют эластомеры марок *СКТ-Н, К-18, Д-2* (заливка микросхем, штепсельных разъемов, микромодулей). Для заливки высокочастотных катушек применяют полистирол с кварцевым наполнителем;

IV. Прессовка пластмассами. Для термопластичных пластмасс (полистирол, полиэтилен, фторопласт) толщина слоя материала берется порядка 2÷3 мм, а для термореактивных (пресспорошки К-18, К-211-2, К21-22, К-114-35, АГ-4 и др.) 5÷10 мм. Однако, этот способ малоэффективен из-за частой разнице в ТКЛР прессматериала и материала изделия, т.е. наличие каналов влагопоглощения в местах выводов (металл - пресспорошок) сохраняется.

К способам *комбинированной защиты* от повышенной влажности и температуры относятся известные методы тропикализации:

- полная герметизация,
- кондиционирование воздуха в помещениях,
- принудительный подогрев аппаратуры на определенное время,
- заливка, пропитка, обволакивание,

Рассмотрим только второй и третий способы, так как остальные уже были изложены выше.

Кондиционирование воздуха в тропических условиях работы наземной РЭА преследует цель регулирования

температуры и влажности. Для этих целей используют холодильные установки и подогревательные аппаратуры. Если воздух значительно насыщен влагой, то забирая его в установку уоздуходувкой, можно охладить его до «точки росы» «температура перехода влажных паров в жидкость», отобрать излишнюю влагу, а затем подогревая его (еще более просушивая) вновь вернуть в рабочее помещение. Этот способ достаточно дорог, однако для нормальной эксплуатации и высокой надежности работы наземных групп радиообслуживания он необходим в условиях тропиков.

Подогрев аппаратуры на короткие интервалы времени является сравнительно дешевым и эффективным способом обеспечения работоспособности РЭА в условиях тропиков [см н/о]. В литературе приводятся например: партия радиопередатчиков лампового типа ежедневно включались утром на 30 минут без подачи высокого напряжения; мощность рассеиваемая цепями начала, составляла 300 вт, относительная влажность при этом составляла в начальный момент 97% (вне корпуса) 96% (внутри), а через полчаса соответственно – 92% и 68%; при этом все передатчики сохранили свою работоспособность в условиях тропиков в течение 2,5 лет (22000 часов), в то время, как другие блоки передатчиков без подогрева пришли в полную негодность (коррозия, плесень, пробой и т.п.). Заметим также, что для блоков, герметизированных с помощью уплотнительных прокладок, в условиях тропиков весьма эффективным является применение силикогеля, который способен поглотить воды до 40% от собственного веса и тем самым увеличить на несколько порядков время, в течение которого внутри блока сохраняется вполне сухой воздух. Так, например, 1 литр сухого воздуха при 30°С насыщается при поглощении 30мг воды, но 10 г активированного силикогеля позволяют впитывать 3г воды без увеличения относительной влажности внутри блока выше 70%.

К способам защиты от биологической среды относятся:

- применение тонких металлических сеток от насекомых,

- применение фунгицидов (противоплеснивых ядов) в покровных лаках и эмалях и др. антисептических веществ.

Рекомедуемые способы защиты от действия ядерной реакции сводятся к следующим правилам:

- максимально возможное использование в конструкции РЭА керамики, стекла, стеклоткани, металлов и сплавов,

- применение локальных свинцовых экранов и металлических стенок,

- применение специальных поглащателей из совокупности органических материалов типа «болото».

Контрольные вопросы для проверки усвоения изученного материала

1). Как влияет температура на ЭС?
2). Влияние влажности на ЭС.
3). Требования к ЭС летательных аппаратов.
4). Каким образом влияет пыль и песок на ЭС?
5). Разновидности фонового излучения.
6). Вредные факторы биологической среды.
7). Где при конструировании ЭС учитываются электрохимические потенциалы металлов?
8). Какими показателями оцениваются эффективность ЭС?
9). Какие основные положения системного подхода?
10). Что такое компоновка ЭС? От каких факторов она зависит?
11). Дайте определение «эргономике».
12). Приведите пример человеко-машинных систем.
13). Сенсорный вход человека-оператора.
14). Характеристики зрительной системы человека-оператора.
15). Моторный выход человека-оператора.
16). Форма рабочего места человека оператора.
17). Какие Вы знаете средства отображения информации.
18). Устройства управления, применяемые в пультах.
19). Антропометрические параметры человека-оператора
20). Психофизиологические параметры человека оператора.

21). Роль человека-оператора в человеко-машинных системах.

3. КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Характер и вид конструкторских работ очень разнообразны, т. к. зависит от характера деятельности предприятия (НИИ или заводской КБ), степени унификации конструкторских решений (высокая или низкая), соотношения лаборант/конструктор (чем больше лаборантов, тем труднее вести разработку конструкции), уровень их знания по данной разработки, технической оснащенности КБ, его структуры, требуемой сложности и оригинальности конструкторской разработки, и от существующих в КБ традиций.

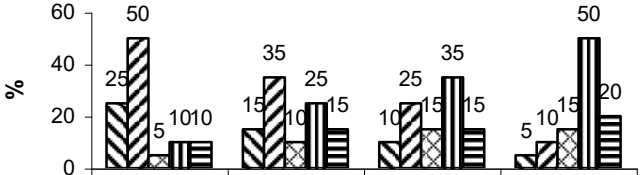
Общим в конструкторских работах является их разделение на творческую, технологическую, организационную, производственную и корректировочную деятельность.

Творческая – изучение технического задания (ТЗ), сбор исходных данных, оценочные расчеты, компоновочные эскизы, разработка и согласование чертежа общего вида изделия с заказчиком.

Техническая – выпуск комплекта конструкторской документации (КД) с разработкой узловых и сборочных чертежей и их деталировкой, выполнение габаритных и монтажных чертежей и текстовых документов.

Организационная – руководство исполнителями, проверка, корректировка и согласование КД, передача КД в центральный технический архив (ЦТА).

Производственная – сопровождение изделия в производстве, отработка конструкции и технологического процесса.



	НИИ, оригинальны	НИИ, использован	КБ, собственные	КБ, ведение призводства
1	25	15	10	5
2	50	35	25	10
3	5	10	15	15
4	10	25	35	50
5	10	15	15	20

Рис. 1. Примерные соотношения по трудоемкости работы конструктора

На рис. 1 приведено примерное соотношение по трудоемкости работы конструктора. На рисунке приняты следующие обозначения: НИИ – научно-исследовательский институт, ТК – типовые конструкции, КБ – конструкторское бюро.

Для успешного решения задачи конструирования РЭС специалист (от конструктора делающего задание на деталировку узла до руководителя конструкторских служб) должен работать по определенной и цельной системе. Это обеспечивается соблюдением норм должностных инструкций и «Положений» о существе работы каждого подразделения. За выполнение одной функции должен полностью отвечать один работник. При этом не следует выполнять работу, которую может и должен выполнить подчиненный. При планировании надо четко продумывать место данной работы в общем плане, обеспечивая в первую очередь, выполнение работ для смежников с приоритетом тех работ, значение выполнения которых может быть причиной задержки всей работы. Частые реформы не упрощают, а затрудняют выполнение работы из-за разрыва старых и введения новых связей, различных

пересогласований и потери ответственности у специалистов целых подразделений.

Каждое подразделение и каждый конструктор должен иметь *текущий и перспективный план с четкой формулировкой конечного результата работы*. Решение одного иерархического уровня не должно переноситься на другой, ибо это вызывает безответственность в работе. Решение, не удовлетворяющее смежников, должно быть немедленно доведено до руководства с кратким и четким обоснованием причин.

Правильная организация работы, подбор и расстановка кадров создает нормальную творческую и рабочую обстановку, дает удовлетворение от работы, обеспечивает сведение к минимуму стрессовых ситуаций и способствует, как минимум, повышения качества и производительности труда на 25-30%.

Наиболее характерные причины нарушения нормального течения творческого процесса является: ненормальные взаимоотношения, неупорядоченность деловых отношений между руководителями и подчиненными, незнание должностных инструкций и положений, чрезмерное число и продолжительность совещаний с привлечением тех сотрудников, чье присутствие вовсе не обязательно, отвлечение специалистов на неквалифицированные работы, отклонение от норм трудовой дисциплины, недостаточная подготовленность к данной конкретной работе.

Стадии разработки ЭС

Существуют следующие стадии разработки:

Таблица 2

Этап	Документы
НИР	1. Техническое задание (ТЗ) 2. Техническое предложение «П» - (ГОСТ 2.118-73)

ОКР	3. Эскизный проект – «Э» ГОСТ 2.119-73 4. Технический проект «Т» – ГОСТ 2.120-73 5. Разработка рабочей документации (опытного образца, «$О_1$, $О_2$»,установленных серий, «А», установившегося серийного или массового производства) «Б»

Примечание: 1) в кавычках представлены литеры документов; 2) НИР, ОКР - этапы работ, а именно НИР – научно-исследовательская работа, ОКР – опытно-конструкторская работа.

Техническое задание (ТЗ).

1). Полное наименование темы

2). Основание к исполнению темы

3). Исполнители

4). Предполагаемый завод-иготовитель

5). Цель и назначение работы (указываются краткие характеристики изделия, техникоэкономическое обоснование целесообразности разработки, область применения). Пример разработки ТЗ изложен в ГОСТ 25123-82.

6). Состав аппаратуры

7). Тактико-техничесчкие требования

7.1). Основные тактические характеристики и параметры (например, для ЭВМ: быстродействие, разрядность, объём памяти и т. д.

для радиоприёмника: отношение сигнал/шум, чувствительность, полоса частот $F_{пр}$, выходная мощность Р и т. д.)

7.2). Условия эксплуатации

7.3). Конструктивные и технологические особенности

7.4). Требования к стандартизации, унификации, микроминиатюризации.

7.5). Долговечность и критерии надежности.

7.6). Габариты и масса

8). Порядок окончания работ (количество предъявляемых к госиспытаниям образцов, перечень техдокументации, предъявляемой по окончании работ, порядок испытания и приёмки образцов).

Техническое предложение

Техническое предложение – совокупность конструкторских документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможной реализации изделия, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также патентных материалов.

Техническое предложение (аванпроект) проводится, как правило, при выполнении НИР на сложные изделия при участии смежных организаций.

Основные задачи при разработке технического предложения:

1). Тактико-технико-экономическое обоснование целесообразности разработки.

2). Выяснение принципиальных путей и возможностей решения задачи, поставленной перед опытно-конструкторской работой (ОКР).

3). Составлении перечня теоретических экспериментальных работ, подлежащие исполнению.

4). Составление перечня смежных организаций – участников ОКР.

5). Уточнение общего объема работ, затрат и сроков выполнения

Техническое предложение после согласования и утверждения является основанием для разработки эскизного проекта.

Эскизный проект

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные

конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципы работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия.

На стадии эскизного проекта выполняются следующие работы:

1). Уточнение тактико-технико-экономического обоснования.

2). Выбор оптимальных вариантов и принципов построения схемы изделия

3). Обеспечение высокого уровня стандартизации и унификации.

4). Обеспечение высокой эксплуатационной надежности, сохраняемости, готовности, ремонтопригодности, технологичности.

5). Разработка структурной схемы, функциональной схемы.

6). Разработка или предварительная проработка принципиальных схем функциональных частей изделия.

7). Решение вопросов размещения, энергопитания, вентиляции, охлаждения, защищенности от внешних воздействий.

8). Проведение макетирования наиболее сложных узлов.

9). Уточнение технического задания по результатам эскизного проекта.

10). Определение номенклатуры и объема нестандартной контрольно-измерительной, регулировочной и испытательной аппаратуры и приспособлений.

11). Определение надежности изделия

Эскизный проект после утверждения является основанием для разработки 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.

Цель технического проекта – теоретическая и экспериментальная проверка схемных, конструктивных и технологических решений, а также разработка технологических решений, а также разработка техдокуменлтации в объеме обеспечивающем последующем разработку конструкторской документации для опытного образца.

На стадии технического проекта выполняются следующие работы:

1). Разрабатывается упрощенная техническая документация

2). Изготовляются экспериментальные образцы.

3). Проводятся испытания экспериментальных образцов по специальной программе

4). Проводиться уточненный расчет и оценка надежности

5). Проводится оценка ремонтопригодности

6). Рассчитывается технологичность и ремонтопригодность.

7). Оценивается степень соответствия современному уровню микроэлектроники и комплексной микроминиатюризации.

8). Оценивается степень унификации и стандартизации.

9). Оценивается эффективность средств контроля.

10). Проводится экономическое обоснование и рассчитывается ориентировочная себестоимость.

Технический проект после защиты и утверждения является основным для разработки рабочей конструкторской документации опытного образца.

Разработка рабочей конструкторской документации

Рабочая конструкторская документация опытного образца разрабатывается в объеме, установленном ЕСКД.

Опытный образец изготавливается с целью:

1). Окончательного определения технических и эксплуатационных характеристик изделия в процессе испытания.

2). Проверки эксплуатационной надежности

3). Проверки и отработки техдокументации.

Испытания опытных образцов бывают:

1) предварительные (заводские), документам присваивается литера «$О_1$», «$О_2$»,

2) государственные.

Для проведения испытаний создаются специальные комиссии из представителей различных технических служб. По результатам испытаний составляется акт.

После утверждения акта и корректировки документации по результатам госиспытаний изготовляется установочная серия изделий.

Выбор метода конструирования ЭС

Конструирование может быть реализовано различными методами. Существующие методы конструирования ЭС подразделяются на три взаимосвязанные группы (рис. 2):

1) по видам связей между элементами;

2) по способу выявления и организации структуры связей между элементами;

3) по степени автоматизации выявления структуры связей между элементами.

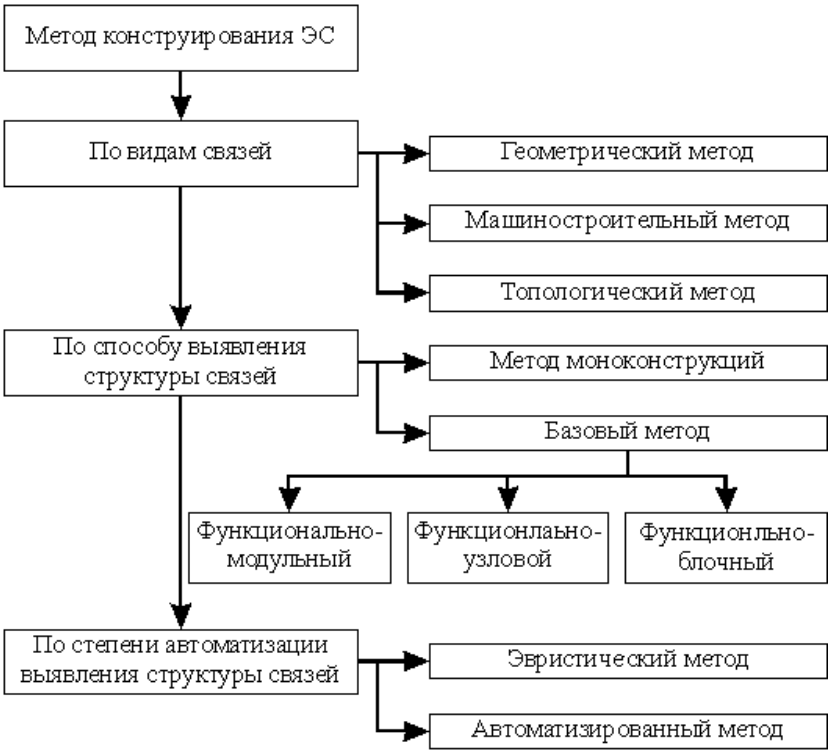


Рис. 2. Методы конструирования ЭС

Выбор указанных методов конструирования ЭС зависит от назначения аппаратуры и её функций, преобладающего вида связей, уровня унификации, автоматизации и т. д.

Так, например, при конструировании устройств с применением интегралных микросхем (ИС) применяют топологический метод (преобладают физические связи), функционально-модульный (в качестве функциональных модулей используются ИС), автоматизированный (размещение ИС на ПП, трассировка соединений выполняется с помощью ЭВМ). В свою очередь ИС конструируются методами топологии на базе автоматизации.

Дадим краткую характеристику сложившихся методов конструирования ЭС.

Геометрический метод. В основу метода положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных точек, число и размещение которых зависит от заданных степеней свободы и геометрических свойств твердого тела.

Метод целесообразно применят для конструкций, которых должно соблюдаться *точное взаимное положение деталей* или обеспечиваться *их точное перемещение* при величинах деформации, значительно меньших погрешностей изготовления деталей.

Одной из основных черт геометрического метода является то, что при нем *характер взаимосвязи двух деталей почти не зависит от погрешностей их изготовления*. Свойства, которыми обладают конструкции, созданные по этому методу, весьма важны *в массовом производстве*, построенном на взаимозаменяемых деталях.

Машиностроительный метод. В основу этого метода положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных поверхностей, число и размещение которых выбирается *исходя их минимизации массы и допустимой прочности конструкции*.

Метод целесообразно применять для конструкций с относительно *большими величинами деформаций*. Он нашел применение при проектировании несущих конструкций ЭС всех уровней, кинематических звеньев ФУ, а также всех видов неподвижных соединений (болты, винты, заклепки, скобы и т. д.). Возможность обеспечения *механический прочности при минимальной массе, простота конструкции и высокая экономичность* делают этот метод для отдельных видов конструкций ЭС, в том числе и несущих, эффективнее геометрического**.**

Топологический метод. В основу его положена структура физических связей между электрорадиоэлементами (ЭРЭ), т. е. представление конструктивного вида принципиальной схемы и

ее геометрической (топологической) связности, независимо от ее функционального содержания.

Он используется, если нельзя применить геометрический и машиностроительный методы.

Топологический метод, в принципе, может применяться для выявления структуры любых связей, однако конкретное его *содержание проявляется там, где связность элементов может быть сопоставлена с графом*. Под графом в общем случае понимается графическое выражение структуры связей между элементами принципиальной схемы и элементами конструкции.

Конструкторская документация

Государственные стандарты, входящие в ЕСКД, устанавливают взаимосвязанные единые правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации на изделия, разрабатываемые и выпускаемые предприятиями всех отраслей промышленности.

Конструкторская документация (КД) – документы, в отдельности или в совокупности определяющие состав и устройство изделия и содержащие необходимые данные для его разработки и изготовления, контроля, приёмки, эксплуатации, ремонта, утилизации.

КД подразделяются на:

- единичные;
- групповые – на изделия, обладающие общими конструктивными признаками и имеющие некоторые отличия друг от друга (ГОСТ 2.113-75).

По форме КД подразделяются на:

- графические;
- текстовые.

Графические КД – документация, в которой с помощью установленных стандартных символов и правил поясняется устройство, принцип действия, состав и связи между отдельными частями.

Графические конструкторские документы:

1). Чертеж детали (ГОСТ 2.109-76) – изображение детали и данные, необходимые для ее изготовления, контроля и ипытаний.

2). Сборочный чертеж (СБ) (ГОСТ 2.109-76) – изображение изделия и данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

3). Чертеж общего вида (ВО) (ГОСТ 2.106-68) – изображение конструкции изделия, дающее представление о взаимодействии его основных частей и принципе работы. Выполняется на этапе эскизного проектирования.

4). Теоретический чертеж (ТЧ) (ГОСТ 2.106-68) – геометрическая форма изделия и координаты его основных частей.

5). Габаритный чертеж (ГЧ) (ГОСТ 2.106-68) – контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

6). Монтажный чертеж (МЧ) (ГОСТ 2.106-68) – контурное (упрощенное) изображение изделия, содержащее данные для его установки (монтажа)

7). Схема – условные изображения или обозначения составных частей изделия и связей между ними (ГОСТ 2.701-68 … ГОСТ 2.704-68)

8). Спецификация – состав сборочной единицы комплекса или комплекта. (ГОСТ 2.108-68)

Текстовые (ГОСТ 2.106-68) КД – документы, содержащие описание устройства, принципа действия и эксплуатационных показателей изделия к которым относят:

9). Ведомость спецификаций (ВС) – перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием из количества и входимости.

10). Ведомость ссылочных документов (ВД) – перечень ссылочных документов, на которые имеются ссылки в КД.

11). Ведомость покупных изделий (ВП) – перечень покупных изделий, примененных в составе разрабатываемого изделия.

12). Ведомость согласования применения покупных изделий (ВИ) – подтверждение согласования с соответствующими организация применения определенных покупных изделий в разрабатываемом изделии.

13). Ведомость держателей подлинников (ДП) (ГОСТ 2.112-70) – перечня предприятий, на которых хранятся подлинники документов, разработанных для данного изделия.

14). Ведомость технического предложения (ПТ) (ГОСТ 2.118-73) (эскизного (ЭП), технического (ТП) проекта - ГОСТ 2.120-73) – перечень документов, вошедших в техническое предложение (ЭП, ТП).

15). Пояснительная записка (ПЗ) – описание устройства и принципа действия разработанного изделия, а также обоснование принятых при его разработке технико-экономических решений.

16). Технические условия (ТУ) (ГОСТ 2.114-70) – потребительские (эксплуатационные) показатели изделия и методы контроля его качества.

17). Программа и методика испытаний (ПМ) – технические данные, подлежащие проверке при испытании изделия, а также порядок и методы их контроля .

18). Таблицы (ТБ) – номенклатура таблиц, содержащих данные.

19). Документы прочие (Д) – все документы, которых нет в стандартах ЕСКД.

20). Расчет – расчет параметров и величин, например, расчет размерных (РР) цепи, электрических режимов и т. д.

21). Эксплуатационные документы – предназначены для использования при эксплуатации, обслуживании, ремонте и в процессе эксплуатации. (ГОСТ 2.601-82)

22). Ремонтные документы – служащие для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях. (ГОСТ 2.602-82).

23). Инструкция (И) – указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле и т.п.).

24). Патентный формуляр (ПФ) – содержит сведения о патентной чистоте объекта, а также о созданных и использованных при его разработке отечественных изобретениях.

25). Карта технического уровня и качества изделий (КУ) (ГОСТ 2.116-71) – содержит данные, определяющего технический уровень качества изделий и соответствие его технических и экономических показателей достижениям науки и техники, а также потребностям народного хозяйства.

По способу выполнения и характеру использования КД подразделяются на:

Оригиналы – документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

Подлинники – документы, выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение копий.

Дубликаты – документы идентичные подлинникам и выполненные на материале, позволяющем многократное воспроизведение копий.

Копии – документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником, предназначенные для непосредственной разработки.

В соответствии с ГОСТ 2.501-75 все подлинники, дубликаты и копии КД подлежат учёту и хранению в отделе (бюро) технической документации (ОТД или БТД). Вносить изменения в КД и аннулировать её имеет право только предприятие – держатель подлинников.

При автоматизированном проектировании изделий КД могут быть выполнены в визуальной форме, т.е. читаемые человеком, и в машинной (закодированной) форме, воспринимаемой только техническими средствами. Для документирования в системах автоматизированного проектирования используют различные различные носители информации: бумагу, перфокарты, перфоленты, магнитные ленты, магнитные и лазерные диски.

Контрольные вопросы.

1). Какие виды конструкторских работ относятся к творческой? технической? организационной? производственной? корректировочной деятельности?

2). Что включает в себя поиковая стадия творческой работы конструктора?

3). Каким целям служит стадия вариационного анализа? Приведите прмер.

4). Какие Вы знаете способы интенсификации творческой работы конструктора?

5). Расскажите суть «мозгового штурма»

6). Охарактеризуйте геометрический метод конструирования ЭС.

7). Область применения топологического метода констрирования ЭС.

8). Приведите конкретные примеры машиностроительного метода конструирования ЭС.

9). Назовите разновидности базового метода конструирования ЭС.

10). В каких случаячх лучше применять метод монокострукций?

11). Преимущества базового метода на этапе разработки, на этапе производства, на этапе экплуатации.

12). Эвристический метод конструирования ЭС.

13). Этапы автоматического конструирования ЭС.

14). Техническое задание как стадия разработки ЭС.

15). Всегда ли существует этап технического предложения? какие виды работ выполняются на этом этапе?

16). Какие вопросы охватывает стадия эскизного проекта?

17). Какова цель технического проекта?

18). Зачем изготавливается опытный образец?

19). Стадии разработки рабочей документации бывают опытного образца, установочной серии, установившегося серийного производства, С какой целью?

20). Какие Вы знаете графические КД? текстовые КД?

21). Для чего служит ведомость покупных изделий?

4. УНИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭС

Государственная система стандартизации (ГСС)

Оригинальная конструкция ЭС требует больших затрат времени и средств. Ускорение темпов технического прогресса, сокращение сроков морального износа конструкции потребовало сокращение времени конструирования и внедрения изделий при одновременном улучшении их качества. Одним из путей решения этой задачи является стандартизация.

Согласно определению международной организации по стандартизации (ИСО) “стандартизация – это процесс установления деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии, с соблюдением условий и требований безопасности. Она основывается на результатах науки, техники, практического опыта. Она определяет основу не только настоящего, но и будущего развития и она должна быть неразрывна с прогрессом.” Это определение отражает всё многообразие стандартизации, характеризует стандартизацию как деятельность, направленную на упорядочение, а не только на соблюдение каких – либо правил и условностей.

Необходимость стандартизации понимали ещё в древности, когда необходимо было строить дома из кирпичей одинаковых размеров. На развитие стандартизации большое влияние оказало серийное изготовление вооружения, потребовавшее обеспечить взаимозаменяемость отдельных частей.

Единая система конструкторской документации (ЕСКД)

Примером крупной межотраслевой системы стандартизации является Единая система технологической

подготовки производства (ЕСТПП), включающая в себя Единую систему конструкторской документации (ЕСКД), Единую систему технологической документации (ЕСТД) и др.

ЕСКД – система государственных стандартов, которые устанавливают правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения технической документации, разрабатываемой и принимаемой предприятиями Советского Союза.

Применение ЕСКД при разработке того или иного вида продукции (в том числе РЭА и МЭА) обеспечивает:

- улучшение качества проектируемого изделия;
- возможность взаимообмена техническими документами между различными предприятиями РФ без переоформления;
- стабилизацию компетентности, исключающую дублирование и разработку не требуемых производству документов;
- возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;
- механизацию и автоматизацию обработки технических документов и содержащейся в ней информации;
- упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно – конструкторских разработок промышленных изделий;
- улучшение условий технической подготовки производства;
- улучшение условий эксплуатации промышленных изделий;
- возможность обмена техническими документами между государствами – членами СНГ.

В настоящее время ЕСКД насчитывает в своем составе уже более 140 стандартов, которые разделены на 10 классификационных групп (табл. 3).

Таблица 3

Шифр группы	Содержание стандартов	Номер стандарта
0	Общие положения.	2.001…2.099
1	Основные положения.	2.101…2.199
2	Классификация и обозначение в конструкторских документах.	2.201…2.299
3	Общие правила выполнения чертежей.	2.301…2.399
4	Правила выполнения чертежей машиностроения и приборостроения.	2.401…2.499
5	Правила обращения конструкторских документов (учёт, хранение дублирование, изменение).	2.501…2.599
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации.	2.601…2.699
7	Правила выполнения схем и основные графические обозначения, исполнения в схемах.	2.701…2.799
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения.	2.801…2.899
9	Прочие стандарты (разные правила оформления КД).	2.901…2.999

Стандарты ЕСКД регламентируют не только правила выпуска конструкторской документации, но также правила её изменения, хранения, обращения, состав, содержание и оформление эксплуатации и ремонта КД.

Таким образом, круг вопросов охватываемых стандартами ЕСКД, чрезвычайно широк и направлен на обеспечение сжатых сроков разработки и внедрения при высоком качестве вновь проектируемых изделий.

- Стандарты не являются чем – то неизменным, они непрерывно пересматриваются.

Контрольные вопросы

1). Дайте определение “стандартизации”.

2). Цели и задачи стандартизации.

3). Дайте характеристику Государственной системе стандартизации.

4). Какова цель комплексной стандартизации?

5). Назначение ЕСКД.

6). Какие группы стандартов ЕСКД вы знаете?

7). Назовите разновидности стандартизации.

8). Что такое типизация?

9). Что значит типовой технологический процесс изготовления изделия?

10). Дайте определение понятию агрегатирование.

11). Какие области в конструировании охватывает ограничение?

12). Каким образом унификация связана с технологичностью ЭС?

13). Какие вы знаете разновидности образования типоразмеров модулей, корпусов приборов, стоек, шкафов?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башкиров А. В. Проектирование электронных средств : учеб. пособие / А. В. Башкиров, А. А. Соболев. – Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. – 185 с.

2. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов / В.Б. Пестряков и др; под ред. В.Б. Пестрякова. – М. : Радио и связь, 1992. – 432 с.

3. Грачев А. А. Конструирование электронной аппаратуры на основе поверхностного монтажа компонентов / А. А. Грачев, А. А. Мельник, Л. И. Панов. – М. : НТ пресс, 2006. – 384 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Структура и классификация электронных средств…….6
2. Факторы, определяющие построение
электронных средств……...15
3. Конструкторское проектирование……..24
4. Унификация конструкций ЭС…….....39
Библиографический список……45

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Основы конструирования электронных средств» для студентов направления 211000.62 «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») для всех форм обучения

Составители: Астахов Николай Владимирович,
Башкиров Алексей Викторович

В авторской редакции

Компьютерный набор А.В. Башкиров

Подписано к изданию 18.11.2014.
Уч.- изд. л. 2,8.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14