

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Факультет №4 : «Радиоэлектроника ЛА»
Кафедра № 404 «Конструирование, технология и производство РЭС»

Утверждаю
Зав. кафедрой 404

_____ М.Н. Ушкар

Тексты лекций по дисциплине:
**«ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ и
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЭС
(ОКиТП РЭС)»**

Разработано:

Шишков А.Н.

Утверждено

на заседании кафедры _____

Протокол №__

«__» _____ 20г.

Москва – 2012г.

Лекция 1

1 О дисциплине «ОКиТП РЭС»

1.1 Объем курса

Семестров=1 Лекций=17 (34ч).

3 Лаб работы, 2 Практических занятий + Курсовой проект+Зачёт

1.2 Литература

Учебная и методическая литература

1. Конструирование радиоэлектронных средств. Под ред А.С.Назарова. -М.: Изд-во МАИ, 1996.
2. Инженерные методы обеспечения качества при проектировании ЭС. А.В. Фомин, О.Н. Умрихин, М.Ф. Митюшин. – М.: Изд-во МАИ, 2007. -276с.:ил
3. Конструирование радиоэлектронных средств. Учебник для радиотехнич. спец. вузов. А.П. Ненашев -М.: Высш.шк.,1990.-432 с.:ил.
4. Проектирование РЭС. Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию Авт.: В.Ф. Борисов, М.Ф. Митюшин, А.А. Мухин, А.Н. Шишков, Ю.В. Чайка - М.: Изд-во МАИ, 2008.
5. Основы конструирования и технологии РЭС. Учебное пособие к лабораторным работам/ Авт.: В.Ф. Борисов, Ю.В. Каширин, М.Ф. Митюшин, А.А. Мухин, М.Н. Ушкар, Ю.В. Чайка - М.: Изд-во МАИ, 2006.
6. Конструирование РЭС: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию/ Авт.-сост.: В.Ф.Борисов, А.А.Мухин, А.С.Назаров и др.- М.: Изд-во МАИ, 1991.
7. Основы конструирования и технологии РЭС: Пособие по курсовому проектированию/ Авт.-сост.: В.Ф.Борисов, А.А.Мухин, А.С.Назаров и др.- М.: Изд-во МАИ, 2000.
8. Методические указания оформлению курсовых и дипломных проектов для студентов радиотехнических специальностей. Авт.-сост.: В.Ф.Борисов, А.А. Мухин, Ю.Н. Кониенко и др.- М.: Изд-во МАИ, 1992г.
9. Чермошенский В.В. Конструирование и технология производства МЭА: Тексты лекций.- М.: Изд-во МАИ, 1988.

Другие виды литературы

1. Сборка и монтаж электронных устройств. А. Медведев. –М.: Техносфера, 2007г. -256с.

2. Технология производства печатных плат. А. Медведев. –М.: Техносфера, 2005г. -360 с.
3. Печатные платы. Конструкции и материалы. А. Медведев.–М.: Техносфера, 2005г. -304 с.
4. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры. / Под ред. П.И. Овсишера.- М.: Радио и связь, 1988.
5. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА./ Под ред. Э.Т.Романычевой.- М.: Радио и связь, 1989.
6. ОСТ4 ГО.010.009 Модули электронные 1 и 2 уровней РЭС. Конструирование.

1.3 Информационное обеспечение курса

Для выполнения программы курса на кафедре подготовлен DVD диск содержащий:

- видеофильм «Технология ЭС»;
- методички и уч. пособия сотрудников каф 404;
- тексты ГОСТ ЕСКД;
- классификатор ЕСКД;
- примеры документов ЕСКД;
- полезные ссылки в Интернете;
- примеры Data-Sheet файлов элементной базы;
- шаблоны документов ЕСКД;
- шрифты ЕСКД;
- учебники по РСAD, АСАD,
- Учебники по конструиров. и технол. РЭС других ВУЗов

Создан сайт по дисциплине: oktpres.narod.ru

1.4 Цель, структура и задачи курса ОКТП РЭС

Целью преподавания дисциплины ОКТП РЭС является изучение:

- типов и основных конструктивных и эксплуатационных характеристик, области применения элементной базы РЭС.
- принципов конструирования бортовых (самолетных, ракетных, космических) и наземных РЭС на современной элементной базе, включая вопросы применения прикладных программных комплексов для автоматизированного проектирования на ПК конструкций РЭС различных структурных уровней;
- методов расчета, обеспечения надежности и качества функционирования РЭС на разных стадиях проектирования;
- применение прогрессивных типовых конструктивных решений и базовых несущих конструкций при разработке конструкций РЭС высокой степени интеграции с учетом требований ЕСКД; разработку конструкции микросборок; прогноз материальных параметров конструкций РЭС на стадиях проектирования, проведение проектно-конструкторских оценок тепловых режимов и вибропрочности конструктивов РЭС; выбор пути защиты устройств и конструктивов РЭС от паразит-

ных электрических связей, наводок и воздействия дестабилизирующих факторов эксплуатации;

- проведение на основе вероятностно-статистических и физических методов расчетов надежности и качества функционирования проектируемых РЭС;
- планирование и осуществление лабораторной отработки качества функционирования РЭС на макетах и опытных образцах;
- умение пользоваться прикладными программами ПК при разработке конструкторской документации, для расчета качественных характеристик отдельных элементов и конструкции РЭС в целом.
- получение практических навыков и умения в результате изучения дисциплины:

Курс ОКТП РЭС состоит из десяти разделов (тем):

- 1 Введение. Основные понятия и определения.
- 2 Общие вопросы конструирования РЭС.
- 3 Основы конструирования и технология изготовления печатных плат.
4. Основы конструирования функциональных ячеек и блоков РЭС.
5. Основы защиты РЭС от механических воздействий.
6. Основы обеспечения нормальных тепловых режимов РЭС.
7. Паразитные связи и наводки в РЭС
8. Основы проектирования технологических процессов.
9. Контроль и испытания РЭС
10. Основы теории обеспечения надежности и качества функционирования РЭС.

1.5 История

Раньше были:

РА, - *радиоаппаратура*, аналоговая аппаратура. Это аппаратура связи, радио, теле, аудио аппаратура. В СССР производство РА управлялось МРП- министерством радио промышленности.

ЭА-*электронная аппаратура*- электронновычислительная аппаратура. В СССР производство и разработки ЭА управлялось МЭП= министерством электронной промышленности.

Затем почти вся аппаратура стала симбиозом РА и ЭА – получилась РЭА. В современной аппаратуре всё большую роль играют не аппаратура («железки»), а ПО, которое встроено в эти железки. Поэтому изменилось название с РЭА на РЭС- радио электронные СРЕДСТВА. Средства бывают ТЕХНИЧЕСКИЕ (ТС) и ПРОГРАММНЫЕ (ПС-программные средства или ПО-программное обеспечение).

1.6 Основные понятия и определения

ИЗДЕЛИЕ- (по ГОСТ 2.101) –любой *предмет производства* (или набор предметов), подлежащий *изготовлению на предприятии*.

Изделия основного производства предназначены для поставки (реализации).

Изделия вспомогательного производства используются как *составные части* изделий основного производства или используются (например инструмент) для создания изделий основного производства.

Виды изделий (определение и описание см. самостоятельно в ГОСТ 2.101):

- деталь;
- сборочная единица;
- комплекс
- комплект

ГОСТЫ на требования к конструкторской документации на изделия-
ЕСКД=ГОСТ 2.ххх

ГОСТЫ на требования к технологической документации на изделия-
ЕСТД=ГОСТ 3.ххх

ГОСТЫ на требования к программной документации на изделия-
ЕСПД=ГОСТ 29.ххх

Система-это комплекс технических средств управляемый оператором=человеком (ручной или полуавтоматический режим работы) или контролируемый или запускаемый оператором (в автоматическом режиме работы).

Система это не изделие.

ГОСТЫ на документацию по системам ГОСТ 34.xxx

Основной документ на деталь – **чертёж детали (см ГОСТ 2.109)**

Основной документ на остальные изделия – спецификация.

Другие документы, необходимые для изготовления сб. единицы, комплекса, комплекта перечислены в разделе «Документация» в спецификации.

Виды проектирования РЭС:

- Системотехническое проектирование
- Схемотехническое проектирование
- Конструкторское проектирование == КОНСТРУИРОВАНИЕ
- Технологическое проектирование.

Изделие- это движимое имущество, которое можно перевезти с одного места на другое. Изделие может перевозиться к месту установки в разобранном виде.

Объекты строительства (здания, сооружения) – не изделия. ГОСТы 21.xxx (== СПДС- система проектной документации для строительства) определяет правила оформления проектной строительной документации.

Если технические средства «привязаны к зданию», например соединены неразъёмно кабелями, или стационарно смонтированы в помещении или на фундаменте, то они образуют со строительными конструкциями недвижимый **объект строительства**, документация на который оформляется по СПДС. Пример: «Супер-ЭВМ»- изделие. После монтажа в здании станет- «Вычислительный комплекс Центрального Банка РФ по адресу». Пример 2 Кондиционер- изделие. После монтажа Кондиционер + материалы (трубки, кабели) станут «системой кондиционирования». Но при этом изделие остаётся изделием. Его можно демонтировать, перевезти на другое место установки и смонтировать.

РЭС. Под радиоэлектронной аппаратурой понимают изделие и его составные части в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.

Включение в состав РЭС различных электромеханических исполнительных устройств, систем питания, теплоотвода и контроля привело к понятию **РЭС**.

Конструкция РЭС есть пригодная для повторения в производстве совокупность деталей и материалов с различными физическими свойствами, находящихся в

определенной энергетической и пространственной связи, обеспечивающая выполнение заданных функций с необходимой точностью и надежностью под влиянием внешних и внутренних воздействий.

Конструкция РЭС отличается рядом особенностей, выделяющих ее в отдельный класс среди других конструкций:

1. Иерархической структурой, под которой подразумевается последовательное объединение более простых электронных узлов в более сложные.

2. Доминирующей ролью электрических и электромагнитных связей.

3. Наличием неоднородностей в электрических соединениях, приводящих к искажению и затуханию сигналов, а также паразитных связей, порождающих помехи (наводки).

4. Наличием тепловых связей, что требует принятия мер защиты термочувствительных элементов.

5. Слабой связью внутренней структуры конструкции с ее внешним оформлением.

Конструирование РЭС - процесс выбора структуры пространственных и энергетических связей внутри и вне РЭС, приводящий к установлению норм и правил его изготовления и эксплуатации. **Целью конструирования** (его результатом) является разработка комплекта проектных и рабочих конструкторских документов (КД) (ГОСТ 2.101-68 и 2.109-68), на основе которых осуществляется технологическая подготовка производства, разработка технологической документации (ТД), изготовление РЭС, его испытания и эксплуатация.

Конструирование – определение формы, материала, покрытий, способа соединений, состава (перечня составных частей). Конструирование и КД отвечает на вопрос «**ЧТО** должно быть сделано?» (как это выглядит?, как оно должно функционировать?, какие параметра должно иметь?).

Разработка технологии и ТД отвечает на вопрос «**КАК** сделать?» то, что начерчено и написано в КД,

Технология РЭС-совокупность методов и средств изготовления готового изделия, отвечающего требованиям конструкторской (КД) и нормативно-технической документации (ТУ, ОСТ, ГОСТ)

Производственный процесс-совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий РЭС. В состав производственного процесса входят все действия по изготовлению, сборке, контролю качества выпускаемых изделий, перемещению и хранению его деталей, полуфабрикатов и сборочных единиц на всех стадиях изготовления; организация снабжения, и обслуживания рабочих мест, участков, цехов, управление всеми звеньями производства, а также комплекс мероприятий и действий по технологической подготовке производства (изготовление, подготовка инструментов, стендов контроля, прогона, поддержание парка станков и технологического оборудования)

Технологический процесс- (ГОСТ 3.1109-82) это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Технологические процессы строят по отдельным методам их выполнения (процессы литья, механической, термической обработки, процессы нанесения покрытий, сборки, монтажа, контроля РЭС). Технологический процесс состоит из технологических операций

РЭС (РЭ Изделия) являются подмножеством изделий машиностроения а радиоэлектроника- подотрасль машиностроения. Поэтому стандарты (ЕСКД и ЕСТД) у них общие

2 Общие вопросы конструирования и технологии производства РЭС

2.1 Классификация РЭС

РЭС различают по классам и группам использования, конструктивному исполнению, функциональному назначению, продолжительности работы, принципу

действия, надежности, способу эксплуатации, типу технического обслуживания, элементной базе, типу производства.

Классификация РЭС по классам и группам использования и по конструктивному исполнению приведена на рисунке 2.1.

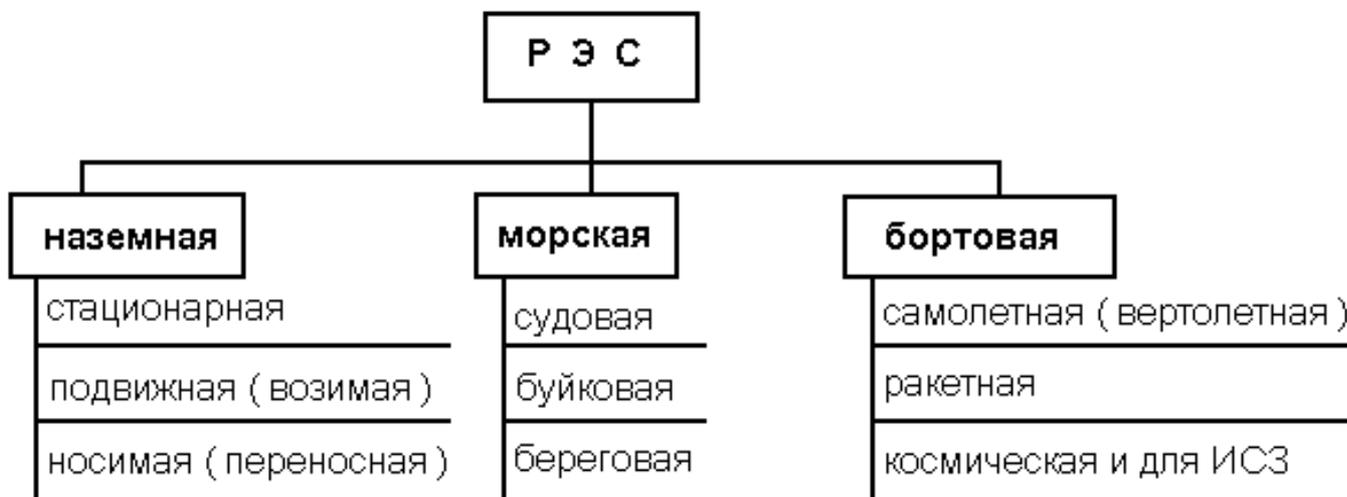


Рисунок 2.1

Классы подразделяют РЭС по трем зонам использования - наземная, морская, бортовая (воздушное и космическое пространство). Класс наземных РЭС состоит из трех основных групп - стационарная, подвижных объектов, носимая; при этом каждая из них включает подгруппы бытовой и профессиональной РЭС. Класс морской профессиональной РЭС содержит три группы - судовую береговую и буйковую. Класс бортовых профессиональных РЭС включает три группы - самолетную (вертолетную), ракетную и космическую.

По **функциональной сложности** различают следующие уровни разукрупнения:

- радиоэлектронное устройство,
- радиоэлектронный комплекс,
- радиоэлектронную систему.

При этом под **радиоэлектронным устройством** понимают законченную сборочную единицу, выполненную на несущей конструкции, реализующую функцию приема, передачи и преобразования информации. **Радиоэлектронный комплекс** представляет собой совокупность функционально связанных радиоэлектронных устройств, предназначенную для решения сложных технических задач. **Радиоэлек-**

тронная система представляет совокупность функционально взаимодействующих автономных радиоэлектронных комплексов и устройств, обладающую свойством перестраивания структуры в целях рационального выбора и использования входящих средств для выполнения технических задач.

По **функциональному назначению** можно выделить следующие виды РЭС, имеющие существенные конструктивные особенности:

- **бытовая РЭС**: радиовещательные приемники, тюнеры, телевизионные приемники; видеоманитроны, диктофоны, комбинированные устройства;

- **профессиональная РЭС**: системы радиосвязи; контрольно-измерительная аппаратура; медицинская аппаратура; студийная звуко- и видеозаписывающая и воспроизводящая аппаратура; специализированная вычислительная техника для приема, хранения, обработки и выдачи информации.

По **конструктивной сложности** в соответствии с ГОСТ 26632-85 различают четыре структурных уровня разукрупнения: **РЭС-3, РЭС-2, РЭС-1, РЭС-0**. Радиоэлектронный модуль третьего уровня (РЭМ-3) - функционально законченный радиоэлектронный шкаф, пульт, стойка, выполненные на основе базовой несущей конструкции и функциональной взаимозаменяемости; модуль второго уровня (РЭМ-2) - блок или рама; модуль первого уровня (РЭМ-1) - ячейка, плата. Модуль нулевого уровня (РЭМ-0) конструктивно совместим с модулем первого уровня и реализует преобразование информации или сигналов. Обычно это элементы (ЭРЭ, ИС, элементы функциональной электроники), не имеющие самостоятельного эксплуатационного применения (рисунок 2.2).

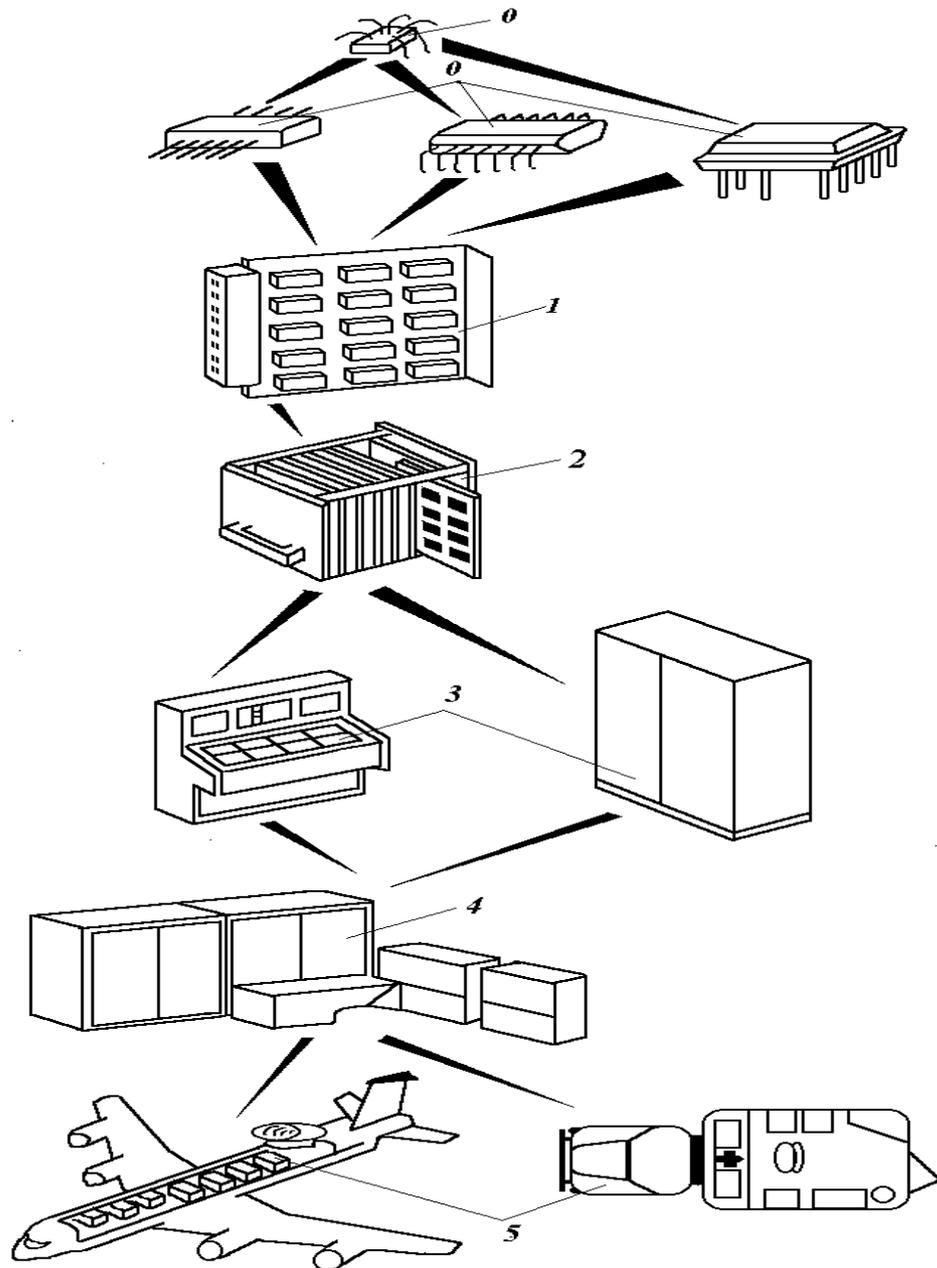


Рисунок 2.2

По **продолжительности работы** различают четыре категории: РЭС многократного, однократного, непрерывного и общего применения. Аппаратура **однократного** применения используется один раз за период эксплуатации (например, ракетная), многократного - несколько раз. Аппаратура **непрерывного** применения предназначена для непрерывной эксплуатации (например, радиотрансляционный узел), РЭС **общего** применения работают в смешанном режиме (бытовая РЭС).

По **надежности** различают РЭС восстанавливаемые и невосстанавливаемые, с резервированием и без резервирования.

По способу эксплуатации РЭС подразделяют на автоматические полуавтоматические и с ручным управлением. Автоматизация повышает качество и скорость обслуживания, снижает эксплуатационные расходы. Однако автоматизация не всегда оправдана, так как она существенно усложняет РЭС и увеличивает их стоимость.

По виду технического обслуживания (ТО) различают РЭС с ТО после периодического контроля, с ТО при непрерывном контроле и РЭС с регламентированным ТО, которое проводится независимо от состояния изделия к началу обслуживания. При этом под ТО понимают операцию или комплекс операций по поддержанию работоспособности при исправности изделия.

Классификация по функциональному назначению является доминирующей, так как предопределяет объект установки, а следовательно массу, форму, габариты, энергопотребление, стоимость, надежность, защиту от дестабилизирующих факторов.

2.2 Факторы внешней среды и их дестабилизирующее влияние на параметры РЭС

Факторы, воздействующие на работоспособность РЭС группируются по трем признакам: климатические, механические и радиационные (рисунок 2.3).

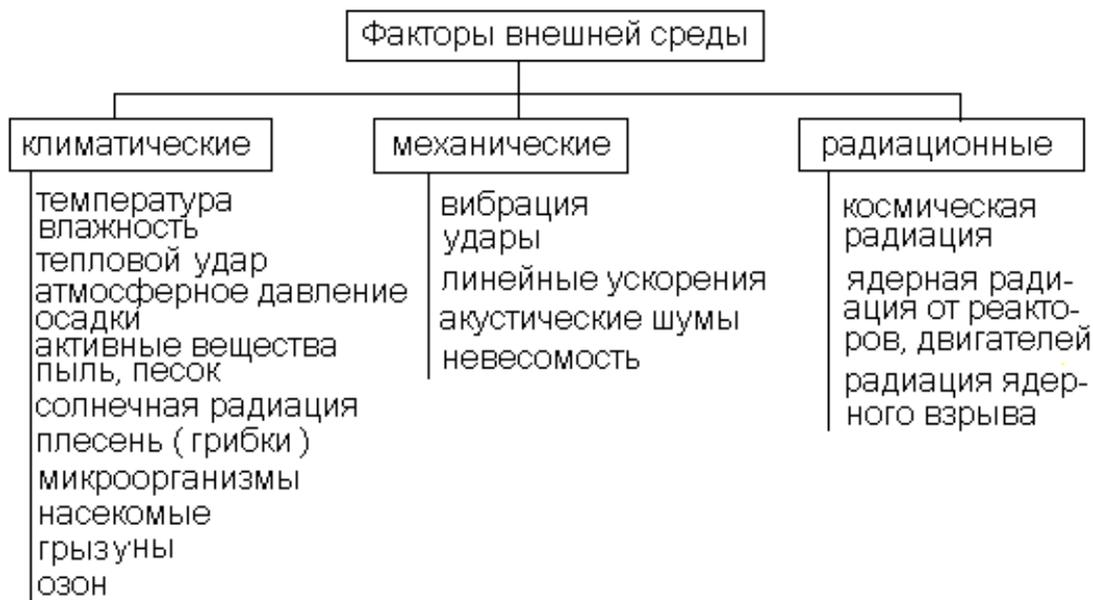


Рисунок 2.3- Факторы внешней среды

При конструировании РЭС должна быть обеспечена стойкость к воздействиям тех факторов внешней среды, которые характерны для условий эксплуатации, хранения и транспортирования объекта.

В зависимости от района предполагаемой эксплуатации РЭС в соответствии со стандартом (ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды) различают девять основных климатических исполнений изделий:

1. Исполнение У (Умеренная) - для районов с умеренным климатом, характеризующимся сравнительно устойчивой температурой, влажностью и давлением. Температура воздуха изменяется от -45°C до $+40^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности воздуха 70...80%. {Европа, Сибирь западная и южная, США, Северная Япония, Юг Африки, Америки }

2. Исполнение УХЛ (Холодная) - для районов с умеренным и холодным климатом при среднегодовом минимуме температуры ниже -45°C . { Средняя и Восточная Сибирь, Аляска, Антарктида, Арктика }

3. Исполнение ТВ (Тропическая влажная) - для районов с влажным тропическим климатом, при котором сочетание температуры, равной и выше $+20^{\circ}\text{C}$, и влажности, равной или выше 80%, наблюдается не менее 12 часов в сутки в течение двух и более месяцев в году. { Индия, Индокитай, Индонезия }

4. Исполнение ТС (Тропическая сухая) - для районов с сухим тропическим климатом со среднегодовой температурой, равной или выше $+40^{\circ}\text{C}$, которые не отнесены к районам с влажным тропическим климатом. { Турция, Иран, Афганистан, Мексика }

5. Исполнение М - для районов с умеренно холодным морским климатом, включающих моря, океаны и прибрежные территории, расположенные севернее 30° северной широты или южнее 30° южной широты.

6. Исполнение ТМ - для районов с тропическим морским климатом, включающих моря, океаны и прибрежные территории, расположенные между 30° северной широты и 30° южной широты.

7. Исполнение О - общеклиматическое исполнение для суши (кроме Антарктиды).

8. Исполнение ОМ - общеклиматическое морское исполнение для судов с неограниченным районом плавания.

9. Исполнение В - всеклиматическое исполнение для суши и моря (кроме Антарктиды).

Виды воздействия в зависимости климатической зоны использования РЭС представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Вид воздействия	Климат в зоне эксплуатации			
	Умеренный			
	1	2	3	4
Температура воздуха, °С				
верхнее значение	+40	+40	+40	+35
нижнее значение	-40	-40	-40	+1
Относительная влажность воздуха, % / при температуре, °С	100/25	100/25	98/25	80/25
Интегральная плотность потока солнечной радиации, Вт/м ²	1125	—	—	—
Максимальная температура нагрева черной поверхности, °С	+80	—	—	—
Интенсивность дождя, мм/мин ⁻¹	3	—	—	—
Динамичность воздействия пыли и песка	—	—	—	—
Выпадение инея	+	+	+	—
Наличие плесени, грибков	—	—	—	—
Наличие морской соли в воздухе, мг/(м ² *сут.)	2	2	—	—
Вид воздействия	Климат в зоне эксплуатации			
	Холодный			
	1	2	3	4
Температура воздуха, °С				
верхнее значение	+40	+40	+40	+35
нижнее значение	-60	-60	-60	+1
Относительная влажность воздуха, % / при температуре, °С	100/25	100/25	98/25	80/25
Интегральная плотность потока солнечной радиации, Вт/м ²	1125	—	—	—

Максимальная температура нагрева черной поверхности, °С	+80	—	—	—
Интенсивность дождя, мм/мин ⁻¹	3	—	—	—
Динамичность воздействия пыли и песка	—	—	—	—
Выпадение инея	+	+	+	—
Наличие плесени, грибков	—	—	—	—
Наличие морской соли в воздухе, мг/(м ² *сут.)	2	2	—	—
Вид воздействия	Климат в зоне эксплуатации			
	Тропический			
	1	2	3	4
Температура воздуха, °С				
верхнее значение	+45	+45	+45	+45
нижнее значение	-10	-10	-10	+1
Относительная влажность воздуха, % / при температуре, °С	100/35	100/35	98/35	98/35
Интегральная плотность потока солнечной радиации, Вт/м ²	1125	—	—	—
Максимальная температура нагрева черной поверхности, °С	+90	—	—	—
Интенсивность дождя, мм/мин ⁻¹	5	—	—	—
Динамичность воздействия пыли и песка	+	—	—	—
Выпадение инея	—	—	—	—
Наличие плесени, грибков	+	+	+	+
Наличие морской соли в воздухе, мг/(м ² сут.)	2	2	—	—

ГОСТ 15150-69 устанавливает категории размещения РЭС на объекте (табл.1.2) для эксплуатации:

1. на открытом воздухе
2. под навесом и на объектах, где колебания температуры или влажности существенно отличаются от условий открытого воздуха
3. в закрытых помещениях с естественной вентиляцией и без кондиционирования
4. в помещениях (объемах) с искусственным климатом В отапливаемых помещениях

5. в помещениях (объемах) с повышенной влажностью, (подвалах, шахтах и трюмах с наличием воды)

Климатические условия в верхних слоях атмосферы характеризуются пониженным атмосферным давлением, повышенным солнечным излучением, сухостью воздуха (влажность 2...3% и ниже), резким перепадом температур.

В качестве нормальных климатических условий принимают: температуру окружающего воздуха - (15...35)°С, относительную влажность воздуха - (45...75)%, атмосферное давление - 86...104 кПа (650...808 мм рт. ст.).

Некоторые климатические факторы могут проявлять себя независимо от остальных, а некоторые факторы - в совместном воздействии с другими факторами той или иной группы.

Существует определенная связь между конкретным видом внешнего воздействия на аппаратуру и ускоряемым с его помощью физико-химическим процессом в конструкции.

Повышенная температура приводит к пересыханию защитных покрытий с деформацией или растрескиванием; миграции примесей в полупроводниках; изменению электрических характеристик; деформации сопрягаемых деталей с различными температурными коэффициентами расширения.

Пониженная температура вызывает конденсацию влаги; изменение электрических характеристик; деформацию сопрягаемых деталей.

Тепловой удар (термоудар) вызывает механические напряжения в местах пайки и других подвижных соединениях; растрескивание металлических и неметаллических покрытий.

Повышенная влажность приводит к снижению сопротивления изоляции между гальванически не связанными цепями, к электролизу, коррозии.

Пониженное давление приводит к снижению пробивного напряжения, ухудшению теплоотдачи.

Воздействие плесени, микроорганизмов, насекомых, грызунов может приводить к разложению и уничтожению элементов конструкции из органических материалов.

Воздействие механических и ряда климатических факторов (пыль, песок, тепловые удары) может привести к возникновению механических напряжений, вызывающих механические нарушения в конструкции, следствием которых является потеря работоспособности РЭС.

Влияние невесомости сказывается в изменении, свойств смазывающих масел (изменение трения), а также значений начальных механических напряжений в местах крепления крупных блоков, обусловленных собственным весом блоков. При невесомости нарушается конвекция, следовательно, и условия охлаждения РЭС.

Радиационные факторы (космическая радиация и облучение ядерными частицами) приводят к возникновению процесса ионизации в материалах следствием чего являются обратимые, полуобратимые и необратимые изменения свойств материалов. К необратимым изменениям относятся нарушение структуры полупроводниковых переходов, остаточная ионизация и соответствующее снижение изоляционных свойств диэлектриков.

Поскольку дестабилизирующие факторы внешней среды могут привести к выходу из строя аппаратуры, процесс разработки и конструирования РЭС должен быть направлен на выбор таких ЭРЭ и материалов, схмотехнических и конструкторских решений, которые бы в совокупности обеспечили стойкость аппаратуры к внешним воздействующим факторам заданной интенсивности.

2.3 Требования к РЭС, определяемые объектом установки

2.3.1 Аппаратура радиоэлектронная бытовая.

Бытовую РЭС в зависимости от условий ее эксплуатации и категории размещения (КР) подразделяют на следующие группы:

- 1 - аппаратура, работающая в жилых помещениях, КР-4.2;
- 2 - автомобильные вещательные приемники, встроенные в кузов, КР-2;
- 3 - носимая (переносная) аппаратура, работающая на открытом воздухе, КР-1.1;

4 - аппаратура, работающая на открытом воздухе, в условиях движения, КР-1.1. ГОСТ 11478-88 устанавливает нормативные воздействия, которые должна выдерживать РЭС.

2.3.2 Наземная профессиональная РЭС.

Наземную профессиональную РЭС (стационарную, подвижную и носимую) в зависимости от условий эксплуатации и категории размещения подразделяют на следующие группы:

1 - РЭС стационарная, работающая в отапливаемых наземных и подземных сооружениях;

2 - РЭС стационарная, работающая на открытом воздухе или в не отапливаемых наземных и подземных сооружениях;

3 - РЭС возимая, установленная в автомобилях, мотоциклах, в сельскохозяйственной, дорожной и строительной технике и работающая на ходу;

4 - РЭС возимая, установленная во внутренних помещениях речных судов и работающая на ходу;

5 - РЭС возимая, установленная в подвижных железнодорожных объектах и работающая на ходу;

6 - РЭС носимая и портативная, предназначенная для длительной переноски людьми на открытом воздухе или в не отапливаемых надземных и подземных сооружениях, работающая и неработающая на ходу;

7 - РЭС портативная, предназначенная для длительной переноски людьми на открытом воздухе при облегченных внешних воздействиях или в отапливаемых наземных и подземных сооружениях, работающая на ходу. Нормативные воздействия на аппаратуру устанавливает ГОСТ16019-78.

К отдельным видам наземной профессиональной аппаратуры по климатическим и механическим воздействиям в НТД предъявляются частные требования: измерительная аппаратура - ГОСТ 22261-82; промышленные приборы и средства автоматизации - ГОСТ 12997-84; медицинские приборы и оборудование - ГОСТ

20790-82; средства вычислительной техники - ГОСТ 21552-84 и ГОСТ 20397-82; электрорадиоэлементы, электротехнические изделия - ГОСТ 16962-71, ГОСТ 25467-82, ГОСТ 15543070; РЭС в специальных условиях эксплуатации - ГОСТ 15151-69 и ГОСТ 17412-72.

2.3.3 Морские РЭС.

Морские судовые РЭС в зависимости от условий эксплуатации и категории размещения подразделяют на две группы:

1 - РЭС, расположенные во внутренних помещениях судна;

2 - РЭС, предназначенные для работы на открытых палубах судна. В соответствии с правилами по конвенционному оборудованию судов РЭС должны выдерживать воздействия: температуры (предельная -55° $+65^{\circ}$), обледенения, инея, росы, влажности, морского тумана, вибрационных и ударных воздействий. Кроме того, предъявляются требования по устойчивости судовых РЭС к качке и длительным наклонам (предельный угол - 45° , период качки 7-9 с) и к плесенеустойчивости. Конструкции РЭС второй группы исполнения должны обеспечивать водо- и брызгозащищенность (внутренние части аппаратуры должны быть предохранены от попадания воды на случай пребывания РЭС в брызгонасыщенной среде или струе воды).

2.3.4 Бортовые РЭС.

Самолетные и вертолетные РЭС в соответствии с нормами летной готовности должны выдерживать воздействия: вибрации и ударов, пониженного давления и разгерметизации, температуры (предельная -60° $+85^{\circ}$), обледенения, инея, росы, влажности, морского тумана. При этом группы исполнения устанавливаются по отдельным видам воздействий.

По вибрационным воздействиям выделяют три зоны и семь областей размещения РЭС:

1 - центральная зона:

- А - вдали от двигателей или винтов,
- Б - вблизи от двигателей или винтов,
- В - амортизированное оборудование;

2 - концевая зона:

- Г - в хвостовом оперении,
- Д - на концах крыльев, в подвесных контейнерах;

3 - зона двигателей:

- Е - непосредственно на двигателях,
- Ж - в зоне установки двигателей.

По ударным воздействиям выделяют три группы исполнения:

- 1 - для центральной зоны размещения РЭС для всех типов самолетов,
- 2 - концевая зона размещения дозвуковых самолетов,
- 3 - концевая зона размещения сверхзвуковых самолетов.

По тепловым воздействиям РЭС классифицируют на три группы:

- 1 - оборудование, расположенное в отсеках с регулируемой температурой,
- 2 - оборудование в отсеках с нерегулируемой температурой,
- 3 - оборудование в двигательных отсеках.

По воздействию влажности и морского тумана выделяют две группы исполнения:

- 1 - оборудование, защищенное от прямого воздействия наружного воздуха,
- 2 - оборудование, имеющее контакт с наружным воздухом.

По пониженному давлению и разгерметизации выделяют четыре группы исполнения:

- 1 - оборудование для низколетящих самолетов, $H < 6000\text{м}$;
- 2 - оборудование для самолетов местных линий, $H < 10000\text{м}$;
- 3 - оборудование для магистральных самолетов, $H < 15000\text{м}$;
- 4 - оборудование для сверхзвуковых самолетов, $H < 26000\text{м}$.

Кроме того оговариваются требования по воздействиям песка и пыли, плесневых грибков и солнечной радиации (для РЭС, подверженных прямому воздействию солнечных лучей). Обобщенные параметры внешних воздействий приведены в [5, стр.88-89].

2.4 Общие требования, предъявляемые к конструкциям РЭС

Вновь разрабатываемые РЭС должны отвечать следующим группам требований (рисунок 2.4):

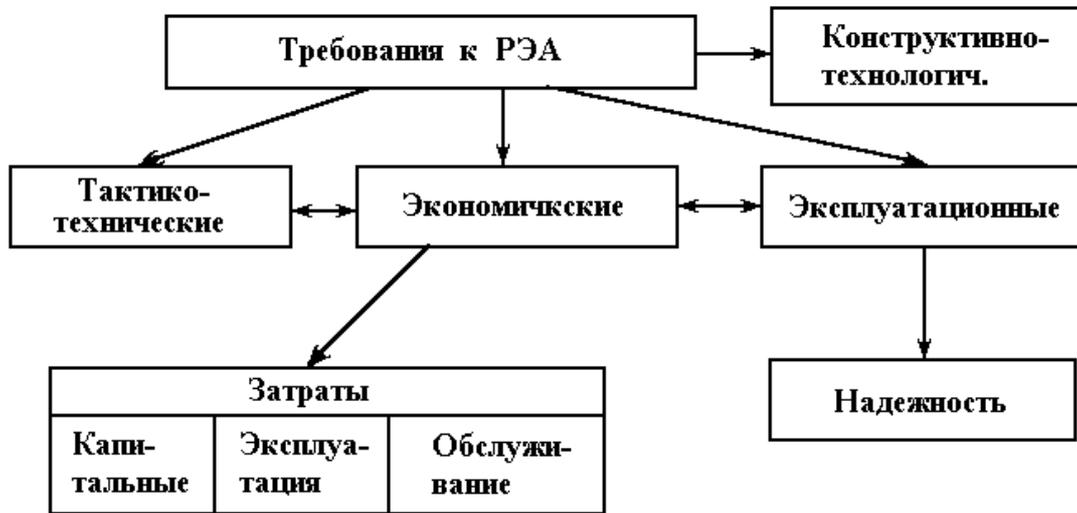


Рисунок 2.4

Тактико-технические требования содержатся в ТЗ на разработку РЭС и включают в себя:

- функциональное назначение (прием, передача, обработка сигналов, индикация, ВИП и др.),
- значения параметров, определяющих конструктивное решение (мощность излучаемая, потребляемая, частота, полоса пропускания и др.),
- объект установки,
- климатическое исполнение,
- категория размещения на объекте,
- массогабаритные характеристики,
- закрепление на объекте (жесткое, быстросъемное, на амортизаторах и др.),
- коммуникационные сети на объекте (сети питания, антенных кабелей, шин заземления и др.),
- электромагнитная защита на объекте (наличие одновременно работающих РЭС на том же объекте и их влияние, экранирование, устранение наводок).

Конструктивно-технологические требования включают:

- принципы построения конструкции изделия,

- технологичность,
- минимальную номенклатуру комплектующих изделий,
- предусмотрение мер защиты от климатических и механических факторов,
- ремонтпригодность.

Эксплуатационные требования:

- простота управления и обслуживания,
- наличие сигнализации опасных режимов работы (выход из строя, открывание дверей шкафов, обрыв заземления и др.),
- наличие аппаратуры контроля и наладки (стенды, имитаторы и т.д.),
- обеспечение нормальной работы оператора с учетом эргономики.

Требования к **надежности** включают в себя обеспечение вероятности безотказной работы, наработки на отказ, среднего времени восстановления работоспособности, долговечности, сохраняемости. Для бытовой РЭС основным является показатель безотказности - средняя наработка на отказ T . Значения T должны выбираться из ряда: 3400, 3900, 4500, 5500, 6800, 7800, 9150, 11000, 13750, 18000, 27500 часов в соответствии с ГОСТ 21317-87 и ГОСТ 23262-88. Для профессиональных РЭС средняя наработка на отказ устанавливается в зависимости от условий эксплуатации, категории размещения, сложности аппаратуры, типа элементной базы (ГОСТ 14663-83). Конкретные требования к надежности по различным типам РЭС приведены для приборов электроизмерительных в ГОСТ 22261-82, аппаратуры связи в ГОСТ 14663-83, приборов и средств автоматизации в ГОСТ 12997-84 и ГОСТ 27.003-90, средств вычислительной техники в ГОСТ 21552-84, медицинских приборов в ГОСТ 27.003-90, морской в ГОСТ 25792-85.

К **экономическим** требованиям относят: минимально возможные затраты времени, труда и материальных средств на разработку, изготовление и эксплуатацию РЭС, минимальную стоимость изделия после освоения его в производстве.

Все перечисленные группы взаимосвязаны и оптимальное их удовлетворение представляет сложную инженерную задачу.

2.5 Системный подход к конструированию РЭС

Конструкция РЭС является сложной сборочной единицей, отвечающей трем главным условиям системности:

1. Наличие иерархического порядка в структуре.
2. Возможности композиции и декомпозиции. (Композиция - составление, связывание).
3. Образование при композиции новых качеств, не равных сумме свойств исходных частей. Иерархия построения РЭС относится к ветвящемуся типу, где структурные уровни располагаются по рангам сложности.

Система любого структурного уровня характеризуется набором параметров. Эти параметры определяются системой верхнего ранга и в свою очередь служат исходными данными для системы расположенной рангом ниже.

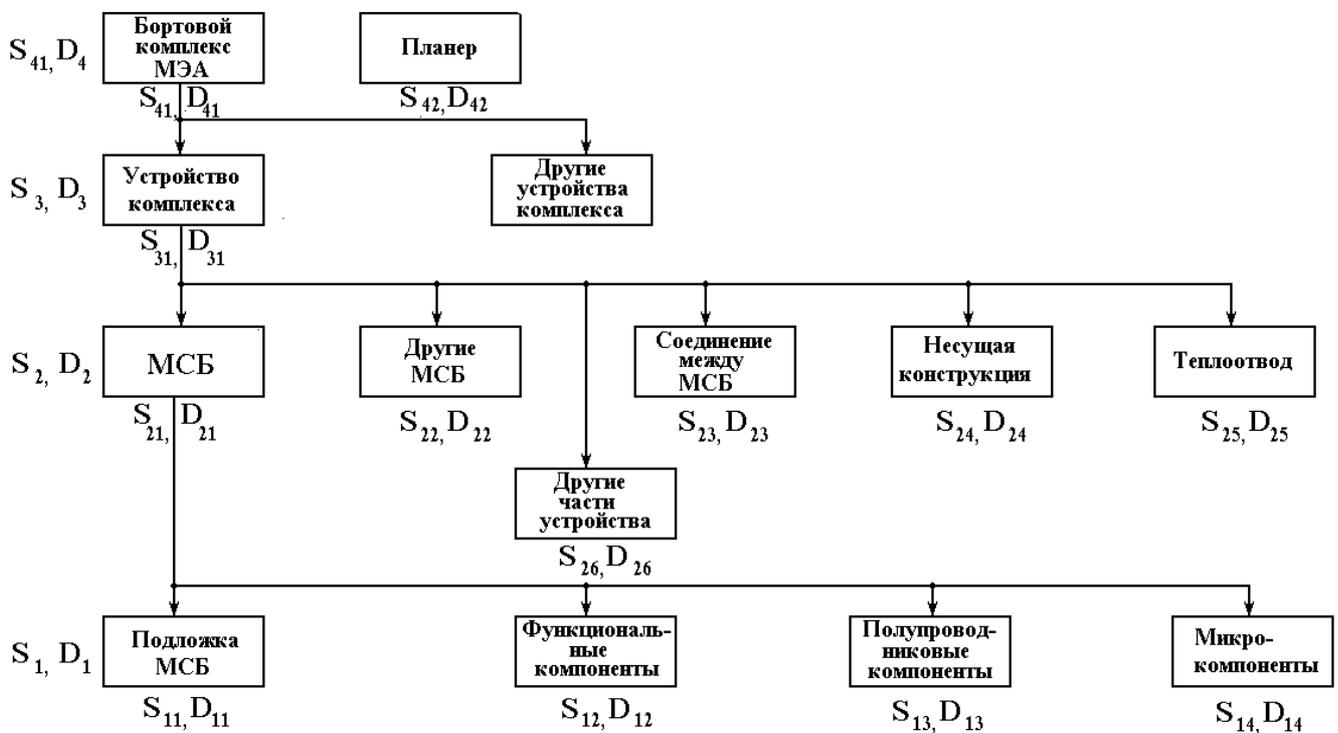


Рисунок 2.5

На рисунке S обозначает ранг системы (S - состоит из совокупности изделий S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}). D - совокупность функциональных и материальных параметров (масса, стоимость, ВБР и др.).

Второе и третье условия системности означают, что в результате процесса конструирования (композиции) должно быть найдено и отражено в КД новое структурное образование - конструкция РЭС (или его части), составленное из входящих в него готовых (покупных) и вновь спроектированных частей, причем это структурное образование должно обладать новыми качествами, не равными сумме свойств входящих в него частей (рисунок 2.6).

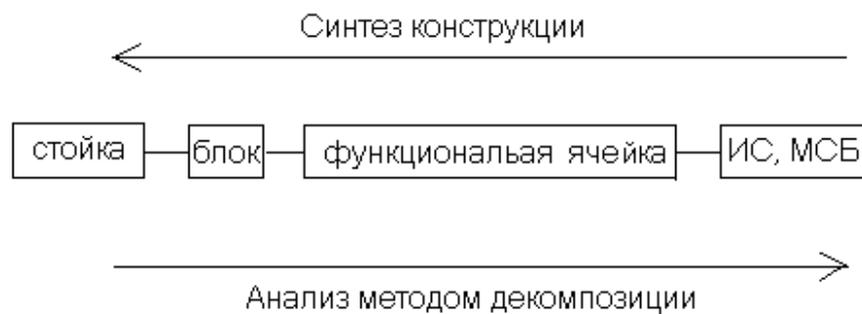


Рисунок 2.6

Например, одно и то же количество ИС можно по разному расположить на печатной плате, следовательно изменятся массогабаритные характеристики блока.

2.6 Классификация параметров РЭС.

Для оценки свойств конструкции ее характеризуют количественными и качественными показателями. Показатели качества изделия принято делить по следующим признакам (рис.1.6, р.м.):

- по отношению к системе и подсистеме: внешние и внутренние,
- по физическому содержанию: функциональные и материальные,
- по числу отраженных свойств в конструкции: абсолютные, относительные и комплексные.

Внешние параметры определяют тактико-технические возможности изделия (что может изделие, какие функции оно выполняет).

Внутренние параметры характеризуют средства, с помощью которых обеспечиваются внешние параметры (как обеспечено выполнение функций изделием). Например, РЛС характеризуется внешними параметрами (дальностью действия, точностью определения координат, массой, надежностью) и внутренними параметрами (мощностью передатчика, чувствительностью, параметрами антенны). Приемные устройства характеризуются внешними параметрами (чувствительностью, избирательностью, диапазоном частот, способом перестройки, выходной мощностью) и внутренними параметрами (коэффициентом передачи тракта, характеристиками частотно-избирательных устройств). Сравнение параметров показывает, что внутренние параметры системы верхнего ранга (РЛС) являются внешними для системы более низкого ранга (приемника РЛС).

К **функциональным** относятся все электрические параметры: чувствительность, избирательность, выходная мощность, дальность и т.п.

К **материальным** параметрам относится масса, габариты, стоимость и производные от этих параметров.

Между функциональными и материальными параметрами существует тесная взаимосвязь. Реализация любого РЭС требует определенных материальных затрат и, как правило, чем выше материальные параметры изделия, тем оно сложнее.

Абсолютные параметры:

- масса m , |кг|;
- площадь S , |см²|;
- объем V , |дм³|;
- стоимость C , |руб|;
- надежность γ , |1/час|;
- мощность потребления P , |Вт| - иногда.

Относительные параметры формируются нормированием абсолютных параметров. К ним относятся:

- плотность конструкции $m = m/V$, |кг/дм³|; $m < 1$ - "плавающая" аппаратура, характерно для РЭС на корпусированной элементной базе; $m > 1$ - "тонущая" аппаратура, характерно для РЭС на бескорпусных МСБ. - удельная стоимость конструкции $C = C/V$, |руб/дм³|;

- удельная мощность $P = P/V$, |Вт/дм³|.

Для оценки качества конструкции применяются относительные параметры, в которых отражена структура конструкции:

- **плотность упаковки:**

$\gamma_v = N/V$, для объемных конструкций, где N - количество элементов в конструкции, а V - ее объем;

$\gamma_s = N/S$, для плоскостных конструкций, где S - площадь конструкции. Недостатком этого показателя является невозможность сравнительной оценки качества компоновки конструкции при использовании элементной базы разных поколений. Например, при одинаковом объеме и количестве корпусов транзисторов и ИС γ_v и γ_s для этих конструкций будут одинаковы, что не отражает реальных соотношений (в одной ИС содержится много транзисторов).

Этого недостатка лишен относительный параметр, называемый **коэффициентом дезинтеграции:**

- по массе $q_m = m_{эрэ}/m_{бл}$;

- по объему $q_v = V_{эрэ}/V_{бл}$;

- по площади $q_s = S_{эрэ}/S_{бл}$.

Эти показатели используются для прогнозирования массогабаритных показателей современных конструкций на ранних стадиях проектирования.

2.7 Взаимосвязь между функциональными и материальными параметрами РЭС.

В процессе своей деятельности конструктор опирается на исходные данные, в числе которых находятся и функциональные и материальные параметры. Ввиду тесной их взаимосвязи важно определить можно ли при заданных требованиях функци-

ональных параметров выполнить требования к материальным параметрам конструкции.

В общем случае взаимосвязь между функциональными и материальными параметрами устанавливается с помощью некоторой функции, связывающей эти параметры.

Если для конструкции установлены значения материальных параметров \mathbf{M} , $\{ \mathbf{M}_1, \mathbf{M}_2, \dots, \mathbf{M}_n \}$ и совокупность функциональных параметров $\{ \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k \}$, то справедливы следующие соотношения:

$$\mathbf{M}_1 = f_{11} \alpha_1 + f_{12} \alpha_2 + \dots + f_{1k} \alpha_k ;$$

$$\mathbf{M}_2 = f_{21} \alpha_1 + f_{22} \alpha_2 + \dots + f_{2k} \alpha_k ;$$

.....

$$\mathbf{M}_n = f_{n1} \alpha_1 + f_{n2} \alpha_2 + \dots + f_{nk} \alpha_k ;$$

где f_{ij} - функции, связывающие функциональные и материальные параметры.

Приведенное соотношение не является строгим, поскольку для целого ряда конструкций различного функционального назначения трудно определить вклад каждого функционального параметра в материальный параметр. Сложность установления взаимосвязи материальных и функциональных параметров состоит в сложности, а иногда и невозможности определения f_{ij} . На практике используют точечные оценки этих функций, которые называют удельными коэффициентами.

2.8 Методы определения удельных коэффициентов.

Для определения удельных коэффициентов используют два подхода:

1. Преобразование аналитических соотношений, связывающих материальные и функциональные параметры, полученных для некоторых конструкций, например, конструкций характеризуемых ярко выраженным функциональным параметром (ВИП, $P_{\text{вых}}$).

2. Обработка данных о функциональных и материальных параметрах для разработанных и изготовленных конструкций определенного функционального назначения. На выборке конструкций находят среднее значение функциональных параметров и соответствующее значение материальных параметров.

$$K_0 = M^- / F^-$$

Наиболее предпочтителен первый подход, поскольку аналитические соотношения, связывающие материальные и функциональные параметры, справедливы для определенного диапазона значений функциональных параметров. Это дает возможность производить прогнозирование параметров будущих конструкций. Удельные коэффициенты, полученные в результате обработки статистических данных о созданных конструкциях, отражают результаты развития уровня техники. Чем меньше этот показатель, тем совершеннее изделие. Однако прогноз и в этом случае не исключен. Если построить зависимость удельного коэффициента от параметров элементной базы и провести экстраполяцию зависимости, то можно проводить прогнозирование.

Пример.

1. Определить удельный коэффициент передающего устройства РЛС на ЭВП. Масса мощных магнетронных передатчиков РЛС ($10 < P < 100$ кВт) и излучаемая мощность связаны следующим соотношением:

$$m_n = 2,5 + 0,4 P \text{ [кг]}$$

$$K_{0 \text{ мин}} = m_n / P = 2,5/P + 0,4 \text{ [кг/Вт]}.$$

2. Приемно-усилительные тракты и цифровые устройства. Особенностью этих классов аппаратуры является то, что они характеризуются большой совокупностью функциональных параметров. Одновременно не удается установить вклад каждого из функциональных параметров в материальные параметры. В этом случае для определения удельных коэффициентов за показатель функциональной сложности конструкции принимают количество элементов, входящих в нее.

Для определения удельных коэффициентов используются также параметры конструкции, такие как плотность упаковки элементов в объеме и на плоскости. В

качестве удельных коэффициентов, связывающих функциональные и материальные параметры приемноусилительных и цифровых устройств используются обратные величины γ_v и γ_s :

$$K_{0v} = 1 / \gamma_v \text{ [см}^3 \text{ /эл]}; \quad K_{0s} = 1 / \gamma_s \text{ [см}^2 \text{ /эл]}.$$

Для приемно-усилительных устройств, построенных с использованием бескорпусных МСБ характерны стабильные значения m и V , соответствующие одному приемному каналу:

$$K_{0m} = m / N_{\text{каналов}} \text{ [кг/канал]}; \quad K_{0v} = V / N_{\text{каналов}} \text{ [дм}^3 \text{ /канал]}.$$

4. Вторичные источники питания характеризуются преимущественно одним функциональным параметром - выходной мощностью $P_{\text{вых}}$, которая определяет массогабаритные характеристики конструкции. Удельные коэффициенты рассчитываются также, как для радиопередающих устройств, то есть

$$K_{0m} = m_{\text{вип}} / P_{\text{вых}}; \quad K_{0v} = V_{\text{вип}} / P_{\text{вых}}; \quad K_{0c} = C / P_{\text{вых}}.$$

Удельный коэффициент может быть определен для всех без исключения материальных параметров: массы, объема, надежности, стоимости и т.п.

Таким образом, зная величины удельных коэффициентов можно прогнозировать материальные параметры конструкции при заданных требованиях к функциональным параметрам.

Для аппаратуры различного класса на корпусированных ИС характерны следующие значения m и K_{0v} (таблица 2.2).

Таблица 2.2

Тип РЭС	M , г/см ³	K_{0v} см ³ /эл
Передатчик	0,6 - 0,8	0,3 - 0,4
Устройство питания	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7
Устройство индикации	0,5 - 0,7	0,2 - 0,4
Вычислительное устройство	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5

2.9 Проектная оценка массогабаритных показателей конструкции.

Исходными данными являются состав элементной базы и значения функциональных показателей, обоснованных на стадии разработки ТЗ. Для решения задачи используются два подхода:

1. Применение для расчета относительных показателей качества, в частности коэффициента дезинтеграции.

2. Использование удельных коэффициентов, связывающих материальные и функциональные параметры.

1а. Если известны сведения о массе используемых элементов:

а). определим массу элементов: $\mathbf{m}_{эл} = \Sigma \mathbf{m}_{эл i}$

б). определим массу конструкции: $\mathbf{m}_к = \mathbf{q}_m \mathbf{m}_{эл}$

в). определим объем конструкции: $\mathbf{V}_к = \mathbf{m}_к / \mathbf{m}_0$.

1б. Если известны сведения об объеме элементов $\mathbf{V}_{эл i}$, то :

$$\mathbf{V}_{эл} = \Sigma \mathbf{V}_{эл i}$$

$$\mathbf{V}_к = \mathbf{q}_v \mathbf{V}_{эл}$$

$$\mathbf{m}_к = \mathbf{m}_0 \mathbf{V}_к$$

2а. Если можно выделить главный функциональный показатель \mathbf{F} :

$$\mathbf{m}_к = \mathbf{K}_{0m} \mathbf{F}_i ;$$

$$\mathbf{V}_к = \mathbf{m}_к / \mathbf{m}_0$$

$$\text{или} \quad \mathbf{V}_к = \mathbf{K}_{0v} \mathbf{F}_i ;$$

2б. Если нельзя выделить главный функциональный показатель \mathbf{F} :

$$\mathbf{V}_к = \gamma_v \mathbf{N}_{эл}$$

$$\mathbf{m}_к = \mathbf{m}_0 \mathbf{V}_к$$

2.10 Методы комплексной оценки качества РЭС.

При сравнении качества конструкции по отдельным параметрам как правило не удается получить объективной оценки качества конструкции. Кроме того формальное использование параметров при сравнении может создать неверное представление о качестве конструкции. Например, разница только в стоимости не позволяет судить о качестве изделий без анализа их функциональных характеристик.

На практике сравнение качества вариантов конструкции изделия проводят на основе комплексных (интегральных) показателей, которые формируются из отдельных (дифференциальных) параметров.

Для комплексной оценки качества РЭС используют два метода:

1. Суммирование нормированных дифференциальных показателей качества с учетом их весовых коэффициентов.
2. Использование аналитических соотношений, связывающих группы дифференциальных показателей.

2.10.1 Комплексный показатель качества, как сумма взвешенных нормированных дифференциальных показателей.

Выбор номенклатуры дифференциальных показателей качества производится применительно к конкретной разработке и должен быть основан на выполнении двух условий: число показателей должно быть малым для того, чтобы снизить трудоемкость расчетов; число показателей должно быть достаточным для всесторонней оценки качества изделия. Номенклатура основных групп показателей качества в соответствии с ГОСТ 2.116-84 включает: показатели назначения, надежности, технологичности и унификации, безопасности и эргономики, технической эстетики, патентно-правовые показатели.

Подобранные дифференциальные показатели качества сравниваемых вариантов конструкции формируют в виде таблицы (табл.2.3).

Таблица 2.3

Номер варианта конструкции	α_{mj}	α_{vj}	α_{pj}	$\alpha_{\lambda j}$...
----------------------------	---------------	---------------	---------------	----------------------	-----

1-ый вариант	α_{m1}	α_{v1}	α_{p1}	$\alpha_{\lambda 1}$	
2-й вариант	α_{m2}	α_{v2}	α_{p2}	$\alpha_{\lambda 2}$	
3-ий вариант	α_{m3}	α_{v3}	α_{p3}	$\alpha_{\lambda 3}$	

Оптимальный вариант конструкции определяется по минимальной величине комплексного показателя качества:

$$Q_j = \sum \varphi_i \alpha_{ij}^*$$

где j - номер варианта конструкции, φ_i - весовые коэффициенты, определяющие значимость параметров конструкции, α_{ij}^* - нормированные значения параметров конструкции.

Наиболее часто используется вид нормирования, дающий диапазон значений нормированных величин $[1,0]$:

для показателей, с увеличением которых качество повышается

$$\alpha_i^* = (\alpha_{i\max} - \alpha_i) / \alpha_{i\max}$$

для показателей, с уменьшением которых качество повышается

$$\alpha_i^* = (\alpha_i - \alpha_{i\min}) / \alpha_i$$

где $\alpha_{i\max}$ и $\alpha_{i\min}$ - максимальное и минимальное значение параметра α_i для сравниваемых вариантов конструкции. В качестве $\alpha_{i\max}$ можно принимать предельное значение показателя, на получение которого можно рассчитывать при данном уровне развития техники.

При большом числе сравниваемых вариантов конструкции нормирование удобно проводить по выражению:

$$\alpha_i^* = (\alpha_i - \alpha_{i\min}) / (\alpha_{i\max} - \alpha_{i\min})$$

Если показатели качества изменяются в пределах нескольких десятков, это затрудняет их сопоставление. В таких случаях нормирование показателей целесообразно производить по формуле:

$$\alpha_i^* = (\lg \alpha_i - \lg \alpha_{i\min}) / (\lg \alpha_{i\max} - \lg \alpha_{i\min})$$

Такое изменение масштаба при нормировании показателей позволяет привести их к сопоставимому виду.

Для выбора весовых коэффициентов может использоваться один из следующих методов:

1. директивный,
2. статистический,
3. стоимостной,
4. аналитический,
5. эвристический.

К первой группе относятся все случаи, когда весовые коэффициенты назначаются заказчиком, вышестоящей организацией и т.п.

Статистические методы нахождения весовых коэффициентов могут быть применены при достаточно большом опыте проектирования систем аналогичного назначения. За весовой коэффициент принимается степень приближения значения i -го показателя к эталону. Это значение вычисляется как среднее арифметическое при обработке большого количества вариантов готовых изделий.

При использовании **стоимостного** метода считается, что коэффициент веса . . . является монотонно возрастающей функцией от аргумента C , выражающего денежные или трудовые затраты для получения i -го свойства, то есть

$$\varphi_i = C_i / \sum C_i$$

Однако трудности дифференцирования затрат на каждый показатель, особенно на ранних стадиях проектирования, усложняет использование такого подхода.

К **аналитическим** относятся методы, для которых не требуется никакой дополнительной информации к тому, что содержится в самих значениях показателей и допустимых областей их применения.

Если принять, что влияние показателя на качество обратно пропорционально величине его колебаний, то коэффициенты значимости могут быть найдены при условии: $\sum \varphi_i = 1$ из соотношения :

$$\varphi_i = [1 / (1 - \alpha_{i\min} / \alpha_{i\max})] / \sum [1 / (1 - \alpha_{i\min} / \alpha_{i\max})]$$

В настоящее время наибольшее распространение нашли эвристические методы. Они связаны с учетом мнений групп специалистов (экспертов), то есть это способы принятия решений, использующие обобщенный человеческий опыт.

2.10.2 Комплексный показатель качества в виде аналитических соотношений.

1. Сложность конструкции:

$$C_{\text{сл}} = \beta_1 N_1 + \beta_2 N_2 ,$$

где N_1 , N_2 - число элементов и межсоединений, β_1 , β_2 - весовые коэффициенты, имеющие определенный физический смысл. $C_{\text{сл}}$ имеет размерность как и у β_1 и β_2 :

$$\beta_1 \text{ [кг/эл] , } \beta_2 \text{ [кг/соед] , } C_{\text{сл}} \text{ [кг]}$$

2. Тепловой поток, рассеиваемый конструкцией:

$$P = \alpha_{\Sigma} S (t_1 - t_2) \text{ [Вт]}$$

α_{Σ} - суммарный коэффициент теплопередачи между поверхностью конструкции и средой,

S - площадь поверхности конструкции,

t_1 и t_2 - температуры поверхности конструкции и окружающей среды,

P – тепловой поток рассеиваемый конструкцией - функция параметров конструкции и окружающей среды.

3. Собственная частота конструкции:

$$f_0 = 1/2\pi (K/m)^{1/2} \text{ [Гц]},$$

где K - жесткость конструкции, является функцией E и I ,

m - масса конструкции.

2.11 Стадии разработки РЭС.

Конструирование РЭС представляет собой многостадийный процесс выбора и отражения в КД структуры, размеров, формы изделия в целом и отдельных его частей, функциональных связей между частями, материалов и методов изготовления, включая конструкторское сопровождение в производстве.

Работа конструктора состоит из двух частей. Первая часть - творческая. Она заключается в поисках принципа действия конструкции, обеспечивающего требования ТЗ. Вторая часть заключается в реализации этого принципа в конкретную форму в виде комплекта КД.

В процессе разработки изделия решение конструкторских вопросов проводится, как правило, от общего к частному или от целого к его частям. Процесс разработки нового изделия состоит из двух этапов: НИР и ОКР.

На этапе НИР проводится предварительная аналитическая и расчетная проработка изделия. Результатом НИР является научно-технический отчет, содержащий выводы о новых принципах построения изделия, научно обоснованный подход к реализации этих принципов, анализ проведенных исследований. Результатом НИР может быть и отрицательный результат, показывающий невозможность реализации поставленной задачи на современном уровне развития науки и техники.

На этапе ОКР осуществляется инженерное воплощение теоретических результатов, полученных на этапе НИР в схему и конструкцию изделия.

НИР включает в себя стадии разработки ТЗ и технического предложения. ОКР включает стадии эскизного и технического проектирования, стадию разработки рабочей документации (рис.1. 10.см.р.м.).

2.11.1 Стадия разработки ТЗ и ЧТЗ.

Техническое задание - основной документ, по которому разрабатывается конструкция. ТЗ составляется всеми заинтересованными сторонами, участвующими в разработке на основе заявки на разработку, которую составляет заказчик совместно с потребителем аппаратуры.

Заявка на разработку содержит: назначение изделия; предполагаемый изготовитель; ориентировочная потребность в изделии; стоимость и сроки разработки; технико-экономическое обоснование; основные требования, предъявляемые к изделию и условия эксплуатации.

В процессе составления ТЗ исходные данные, приведенные в заявке уточняются в результате согласования ТЗ с разработчиком и соавтором. Порядок ТЗ регламентирует ГОСТ 15001-73.

ТЗ оформляют в соответствии с общими требованиями ЕСКД к текстовым документам КД (ГОСТ 2.105-79) на листах формата А4, как правило, без рамки, основной надписи и дополнительных граф к ней. Номера листов проставляют в верхней части листа над текстом.

ТЗ состоит из ряда разделов, главным из которых является раздел "Технические требования". ТТ состоят из десяти подразделов:

1. Состав изделия и требования к конструируемому устройству:
 - а). Наименование, число и назначение основных частей изделия;
 - б). Конструкторские требования (габаритные, установочные и присоединительные размеры);
 - в). Масса изделия;
 - г). Требования по охране окружающей среды;
 - д). Требования к взаимозаменяемости конструкции;
 - е). Требования к устойчивости к агрессивным средам;
 - ж). Требования к электромагнитной совместимости (помехоустойчивости и уровням наводимых помех);
 - з). Требования к ЗИП по виду и составу.

2. Показатели назначения. Сюда входят требования к функциональным параметрам данной конструкции.

3. Требования к надежности.

4. Требования к технологичности.

5. Требования к уровню унификации и стандартизации.

6-8. Требования: безопасности, эстетики и эргономики, патентной чистоты. Здесь указывается перечень стран, на которые патентная чистота должна быть распространена.

9. Условия эксплуатации:

а). Условия эксплуатации, в которых должна быть обеспечена работоспособность;

б). Допустимые разовые кратковременные воздействия климата.

в). Механические воздействия на изделие;

г). Виды обслуживания изделия (постоянные, периодическое, состав и квалификация обслуживающего персонала).

10. Требования к упаковке, транспортировке и хранению. Кроме ТТ в ТЗ оговариваются стадии и сроки прохождения стадий. Отдельные стадии разработки могут быть исключены из ТЗ, если изделие не является сложным или производится модернизация.

Частные ТЗ составляются на отдельные части изделия и имеют ту же структуру.

2.11.2 Стадия "Техническое предложение" (ПТ).

На этой стадии проводятся следующие виды работ:

1. Выявляются варианты возможных решений, учитывая тенденции и перспективы развития отечественной и зарубежной науки в данной области.

2. Проверяются варианты по патентно-правовым требованиям, оформляются заявки на изобретения.

3. Проверяются варианты по требованиям техники безопасности.

4. Проводится оценка возможных вариантов по всем показателям качества и выбирается лучший.

На стадии ПТ возможно изготовления и исследования макетов отдельных узлов.

2.11.3 Стадия "Эскизное проектирование" (ЭП).

На стадии эскизного проектирования (рис.1.10) выбранный вариант подвергается детальной проработке с целью выявления возможности наиболее полного удовлетворения всех поставленных требований.

Здесь:

1. Разрабатываются электрические схемы с разбивкой на блоки и узлы.
2. Изготавливаются отдельные макеты для отработки электрических принципиальных схем.
3. Выбираются необходимые несущие конструкции.
4. Проводится макетирование тепловых режимов. ЭП согласуется, защищается на техсовете и утверждается после чего он служит основанием для следующей стадии разработки изделия.

2.11.4 Стадия "Техническое проектирование" (ТП).

На этой стадии устанавливаются окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и включает в себя данные, необходимые и достаточные для разработки рабочей КД.

Здесь проводится:

1. Детальная и окончательная отработка схемных и конструкторских решений, включая создание чертежей на все важные узлы, блоки и приборы.
2. Заканчивается проработка всех вопросов защиты от внешних воздействий, доступа при ремонте и контроле, привязке к объекту установки (носителю), уточнено расположение органов управления и т.п.

3. Выполняются необходимые макеты, подвергаемые испытаниям.

4. Предъявляется документация: пояснительная записка, сборочные чертежи всех разработанных блоков, полный комплект электрических схем, техническое описание блоков и РЭС в целом, инструкция по эксплуатации и другие, а также программа и методика испытаний.

В отчете по результатам ТП приводятся уточненные расчеты схем, обосновывается выбор конструкторских решений с расчетами (механической прочности, тепловых режимов, всех составляющих надежности, эффективности экранирования и т.п.). ТП служит наиболее полным основанием для рабочего проектирования.

2.11.5 Стадия "Разработка рабочей документации".

Различают три стадии рабочего проектирования: стадия опытного образца, стадия установочной серии и стадия серийного производства.

Рабочее проектирование включает в себя разработку и коррекцию комплекта КД, изготовление опытного образца, установочной серии, испытание и доработку изделия. Опытный образец изготавливает предприятие - разработчик, а установочную серию - серийный завод.

2.12 Элементная база РЭС и история ее качественного развития.

В состав элементов конструкции входят: 1. Электрорадиоэлементы (ЭРЭ). 2. Установочные элементы. 3. Элементы несущих конструкций. 4. Элементы монтажа и др. Первые две группы представляют собой схмотехнические

элементы, а третья и четвертая группы - конструктивные элементы.

ЭРЭ применяются в основном в виде готовых, поставляемых предприятиями электронной промышленности радиодеталей и радиокомпонентов. Они составляют основу схмотехнической базы РЭС. В состав ЭРЭ входят микросхемы, микросборки, микроэлектронные узлы в корпусах и без них, устройства функциональной элек-

троники, дискретные транзисторы, диоды, ЭВП, резисторы, постоянные и переменные конденсаторы, трансформаторы, переключатели, соединители, индикаторы.

Микросхема, интегральная схема (ИС) - микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигналов и имеющее высокую плотность упаковки электрически соединенных элементов, компонентов и кристаллов. ИС с точки зрения требований к испытаниям, приемке, поставке и эксплуатации рассматривается как единое целое.

Элемент ИС - это часть ИС, реализующая функцию какого-либо простого ЭРЭ (транзистора, диода, резистора, конденсатора). Элемент нельзя отделить от кристалла ИС (или ее подложки) как самостоятельное изделие, следовательно, его нельзя испытать, установить и эксплуатировать. Пример: резистор, диод в ИС (рис.1.13.).

Компонент ИС - это часть ИС, также реализующая функцию какого-либо ЭРЭ, однако компонент перед сборкой ИС был самостоятельным изделием в специальной упаковке (комплектующее изделие). Компонент в принципе может быть отделен от изготовленной ИС для замены при ремонте (например бескорпусной диод, транзистор, керамический конденсатор в гибридной пленочной МСБ) рис.1.14.

ИС разрабатываются и выпускаются предприятиями - изготовителями электронной промышленности в виде серий. Каждая серия отличается степенью комплектности и содержит несколько ИС, которые в свою очередь, подразделяются на типоминималы. К серии ИС относят совокупность ИС, которые могут выполнять различные функции, но имеют единое конструктивно - технологическое исполнение и предназначены для совместного применения. Как правило, состав перспективных серий с течением времени расширяется. Под типоминималом ИС понимается ИС, имеющая конкретное функциональное назначение и свое условное обозначение.

Микросборка (по ГОСТ 17021-75) - микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию и состоящее из элементов, компонентов и ИС (корпусированных и бескорпусных), а также других ЭРЭ, находящихся в различных сочетаниях. Это изделие разрабатывается и изготавливается конструкторами РЭС с целью ее миниатюризации. МСБ может иметь или не иметь собственный корпус. МСБ не сопровождается ТУ. Ее работоспособность в условиях эксплуатации обеспечивается защитой от внешних воздействий в составе разрабатываемого РЭС.

Устройства функциональной электроники (УФЭ) основаны на использовании физических принципов и явлений, реализация которых позволяет получить компоненты со сложным функциональным назначением в отличие от технологической интеграции, предусматривающей конструирование ИС на основе функционально простых элементов типа транзисторов, диодов, резисторов и т.д.

Отличительной чертой УФЭ является не схемотехнические принципы их построения. Функции схемотехники выполняют непосредственно те или иные физические процессы, характерной особенностью которых является наличие и использование для обработки или хранения информации динамических неоднородностей в однородном объеме твердого тела. Примерами таких неоднородностей могут быть цилиндрические магнитные домены, пакеты зарядов в приборах с зарядовой связью, волны деформации кристаллической решетки в приборах на поверхностных акустических волнах и т.д. Динамические неоднородности создаются физическими методами. Их появление, перемещение и исчезновение в объеме твердого тела не связано с процессом изготовления устройства.

Установочные элементы - держатели предохранителей, колпачки, клавиши и т.п.

Конструктивные элементы обеспечивают механическую прочность, защиту от внешних воздействий, дестабилизирующих работу РЭС (влага, иней, роса, и др.) и механическое управление РЭС. Основу конструктивной базы составляют отдельные несущие конструкции и монтажные детали.

Несущие конструкции предназначены для механического закрепления, защиты от внешних воздействий и обеспечения доступности схемотехнических элементов при сборке и эксплуатации РЭС. К конструктивной базе относятся также: механические устройства управления в виде кнопочных и рычажных устройств и ручек, с помощью которых обеспечивается плавное и скачкообразное вращательное или поступательное движение рабочих органов регуляторов (резисторов, конденсаторов и т.п.); Механизмы для механического перемещения подвижных рабочих элементов РЭС, таких как отсчетные устройства, облучатели и зеркала антенн, пленочные и другого типа носители информации; электромагнитные элементы; электродвигатели, сельсины, электромагнитные муфты приводов.

Деление элементов РЭС на схемотехнические и конструктивные условно. Например, основание МСБ (подложка) является не только конструктивным несущим элементом, но и местом создания пленочных элементов (рис.1.14).

Совершенствование конструирования РЭС связано с историей качественного развития электронной техники и элементной базы РЭС, определяемой техническим уровнем промышленного производства. Истоками современной РЭС надо считать технику телефонной и телеграфной связи (беспроволочный телеграф) - 1900 г. Появление первых триодов промышленного типа обусловило начало массового распространения РЭС. В 1928-1932 годах был налажен выпуск приемников (половина из них детекторного типа). В первых образцах РЭС ЭРЭ (резисторы, конденсаторы постоянные и переменные, радиолампы) имели значительные габариты и размещались свободно в деревянных футлярах на эбонитовых изоляционных панелях.

Дальнейшим этапом совершенствования радиоаппаратуры послужил выпуск в начале 30-х годов электронных ламп с улучшенными параметрами: стеклянных и металлических. Выпуск в 1928-1930 годах приемных и передающих электронно-лучевых трубок положил начало широкого развития радиолокационной и телевизионной аппаратуры.

Плотность компоновки была существенно увеличена с выпуском в конце 40-х годов ламп "пальчиковой" серии, а также ламп типа "желудь" и "дробь" и совершенствованием параметров и снижением габаритных размеров ЭРЭ.

Применение РЭС на подвижных объектах поставило задачу создания аппаратуры, защищенной от вредного воздействия климатических и механических факторов внешней среды. Увеличивающаяся сложность аппаратуры, большие мощности потребления электроэнергии не позволяли существенно улучшить массогабаритные характеристики конструкции РЭС.

Миниатюризация как новое направление в компоновке РЭС утвердилось вс освоением в массовом производстве полупроводниковых приборов и печатного монтажа (1950-1960). Основой компоновки становится печатная плата с длиной сторон менее 200 мм. Сложность ячеек с дискретными ЭРЭ невелика (например, один - два триггера, несколько усилителей, что соответствует ИС малой степени интеграции), отсюда их высокая повторяемость в блоке. Например, 10-15 типов ячеек со-

ставляли 50-80% электронного оборудования ЭВМ. Такие ячейки выполнялись на двухсторонних печатных платах с горизонтальным и вертикальным расположением ЭРЭ.

Более высокие показатели компоновки удалось достичь с помощью модулей колончатой конструкции. В них ЭРЭ размещались между двумя параллельными платами. Конструкции модулей заливались эпоксидным компаундом и помещались в металлический кожух.

Промежуточным этапом в развитии конструкций РЭС было применение этажерочных и плоских микромодулей. Они позволили увеличить плотность компоновки, однако ремонтпригодность снизилась.

Вторым этапом миниатюризации РЭС было использование корпусированных ИС первой и второй степени интеграции. Они размещались на двухсторонних или многослойных печатных платах. Применение корпусированных ИС позволило значительно повысить надежность, степень унификации, взаимозаменяемость, технологичность, уменьшить габариты, массу устройства.

Применение индивидуальных корпусов ИС приводит к потере полезного объема узла. Такой метод компоновки наиболее эффективен для наземной аппаратуры. Высшие показатели компоновки в настоящее время дает использование функциональных узлов на бескорпусных МСБ с последующей герметизацией всего узла.

2.13 Роль стандартизации при разработке конструкций РЭС.

Стандартизация - есть метод обеспечения единства качества параметров массовой промышленной продукции, снижения ее разнообразия и трудоемкости изготовления путем установления обязательных норм на параметры изделий или производственные процессы.

Стандарт - нормативно-технический документ по стандартизации, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации и утвержденный компетентными органами. Например, ИСО - международная организация по стандартизации.

В настоящее время в России применяются следующие категории стандартов:

ГОСТ - государственный стандарт.

ОСТ - отраслевой стандарт.

РСТ – республиканский стандарт.

СТП - стандарт предприятия.

ГОСТы являются обязательными документами для предприятий, организаций и учреждений России. ГОСТы разрабатываются на продукцию массового и крупносерийного производства, прошедшую государственную аттестацию, а также на нормы, правила, обозначения, проектную, конструкторскую, технологическую и прочую нормативно-техническую документацию межотраслевого и межреспубликанского значения.

ОСТы - для данной отрасли, а также для всех потребителей продукции, выпускаемой по ОСТам. ОСТы разрабатывают на нормы, правила, термины, обозначения, техпроцессы, оснастку и инструменты, сырье, материалы, топливо, узлы, механизмы и конечную продукцию мелкосерийного, ограниченного или отраслевого применения.

СТП действует только в пределах данного предприятия или объединения. СТП разрабатывают на объекты стандартизации, применяемые только на данном предприятии.

Все действующие в стране стандарты можно разделить на две группы:

1. Направленные на повышение качества продукции.
2. Устанавливающие оптимальное разнообразие видов, марок и типоразмеров различной продукции.

Экономия в процессе проектирования обуславливается широким использованием методов стандартизации: ограничений, преемственности, повторяемости, агрегатирования, типизации, унификации.

Ограничение - отбор из существующей совокупности номенклатуры элементной базы РЭС разрешенных для применения в данной отрасли, на данном предприятии или в каком-либо изделии. Это упрощает снабжение.

Преемственность - применение в новом изделии ранее разработанных и освоенных производством деталей и узлов. Это сокращает сроки разработки КД и стоимость подготовки производства.

Повторяемость - характеризуется числом одинаковых деталей и узлов в изделии. Это приводит к упрощению конструкции и снижению стоимости ее изготовления.

Агрегатирование - создание объектов на основе размерной и функциональной взаимозаменяемости их составных частей. Это позволяет соединять объекты с различными упорядоченными способами, что придает таким соединениям различные функции. Например, в корпусе различный набор блоков (осциллограф, генератор и т.д.).

Типизация - рациональное сокращение многообразия конструкций за счет создания типовых широко применяемых деталей и узлов.

Унификация - высшая форма типизации. Это сокращение многообразия типовых деталей и узлов или изделий путем объединения их в группы по определенным признакам и функциям.

Методы типизации и унификации получили распространение в радиоэлектронике при создании приборов на основе базовых конструкций. Унификация осуществляется на основе параметрических и размерных рядов.

Параметрический ряд охватывает элементы с градацией параметров. Параметры могут быть представлены в виде мощности, емкости, сопротивления, индукции, коэффициента усиления и т.д.

Размерные ряды - охватывают геометрически подобные изделия. Особенно широко размерные ряды используются при унификации элементов и узлов несущих конструкций РЭС.

Уровень стандартизации и унификации разрабатываемой аппаратуры определяется количественными показателями - коэффициентами стандартизации, унификации и повторяемости. Коэффициент стандартизации изделия K_c рассчитывается по формуле:

$$K_c = (E + D) / (E + D),$$

где E_c и D_c - количество стандартных, сборочных единиц и деталей (без учета стандартного крепежа);

E и D - общее количество сборочных единиц и деталей в изделии.

Коэффициент унификации K_y определяется также по приведенному выражению, где вместо E_c и D_c подставляются количество унифицированных и сборочных единиц E_y и D_y .

Коэффициент повторяемости K_n определяется по формуле:

$$K_n = 1 - N / N_0,$$

где N - количество наименований типоразмеров сборочных единиц изделия и его деталей, не вошедших в состав сборочных единиц;

N_0 - общее количество сборочных единиц и деталей (без учета стандартного крепежа) в изделии.

При разработке новых РЭС необходимо стремиться к тому, чтобы показатели K_c , K_y , и K_n имели более высокие значения, чем у аналогов.

2.14 Конструктивная база РЭС. Базовый метод конструирования РЭС.

Конструирование современных РЭС основано на *базовом методе*. В основу базового метода конструирования положен принцип деления аппаратуры на конструктивно и функционально законченные части. в связи с этим в пределах базового метода выделяют его разновидности: функционально - узловой, функционально-модульный и функционально-блочный. Деление базового метода на разновидности связано с ограничениями схемной и конструкторской унификации структурных уровней (модулей, функциональных узлов и блоков).

Базовый метод характеризуется следующими достоинствами: - на этапе разработки позволяет вести работу над многими узлами и блоками, что сокращает сроки проведения разработок; резко упрощает конструирование;

- на этапе производства сокращает сроки освоения серийного производства аппаратуры, снижает стоимость аппаратуры;

- при эксплуатации повышает эксплуатационную надежность РЭС, облегчает обслуживание, улучшает ремонтпригодность.

Выбор метода конструирования производится по результатам сравнительного анализа перечисленных методов с позиций назначения, надежности, технологичности, ремонтпригодности и стоимости РЭС.

Функционально-узловой метод заключается в том, что разрабатываемая конструкция расчленяется на функционально законченные узлы, которые могут быть отдельно сконструированы, изготовлены, настроены и испытаны до объединения их в общей конструкции. Это позволяет: свести к минимуму число внешних соединений; ввести параллельное проектирование составных частей изделия и за счет этого значительно выиграть во времени разработки; организовать параллельное производство функциональных узлов; собирать РЭС из относительно небольшого числа крупных сборочных единиц.

Функционально-модульное конструирование является логическим продолжением функционально-узлового метода. Использование модулей позволяет вслед-

ствие единообразия и унификации конструкций дополнительно выиграть в плотности монтажа, подготовке производства, эксплуатации и техническом обслуживании. При модульном конструировании, базирующемся на централизованном производстве модулей, вся тяжесть разработки функционального узла перекладывается на специализированные предприятия, а проектирование систем сводится к проектированию на уровне структурной и компоновочной схем. Такой метод позволяет за счет расширения фронта работ и специализации разработчиков существенно выиграть во времени и качестве разработки.

Функционально-блочный метод конструирования применяют при относительно несложной РЭС, где выигрыш от упрощения (удешевления) конструкции и увеличение надежности за счет уменьшения числа электрических соединений является решающим. Предельным случаем функционально-блочного метода является моноблочная конструкция прибора.

Так для бытовой и ракетно-космической аппаратуры наиболее характерен функционально-блочный метод, реализуемый на основе в виде моноблока на основе оригинальной конструкции. Для стационарной, подвижной и переносной аппаратуры специального назначения (ЭВМ, радиолокация и т.п.) основным является функционально-узловой метод.

Основой базового метода конструирования является **многоуровневый принцип построения**, то есть деление конструкции на части, которые находятся в **иерархической** подчиненности. Конструкторская иерархия реализуется с помощью уровней разукрупнения РЭС, габаритные размеры которых стандартизованы. Конструкции нижестоящего уровня совместимы с конструкциями вышестоящих уровней. По конструктивной сложности различают следующие уровни разукрупнения РЭС: шкаф (РЭМ-3), блок (РЭМ-2), ячейка (РЭМ-1). Радио компоненты и элементы, из которых создают различные конструктивные уровни представляют собой нулевой уровень в иерархической структуре (РЭМ-0). Если устройства являются не только конструктивно, но и функционально законченными, то они называются модулями (от лат. *modulus* - составная часть, кратная целому).

Совокупность уровней разукрупнения РЭС определенного назначения образует конструкционную систему. Известны конструкционные системы РЭС измери-

тельных приборов, электронной вычислительной аппаратуры, телевизионной, связной, авиационной и др.

БНК самолетных РЭС и габаритные размеры блоков приведены на рис.. На рисунке показаны возможные способы установки блоков самолетных РЭС на монтажных рамах.

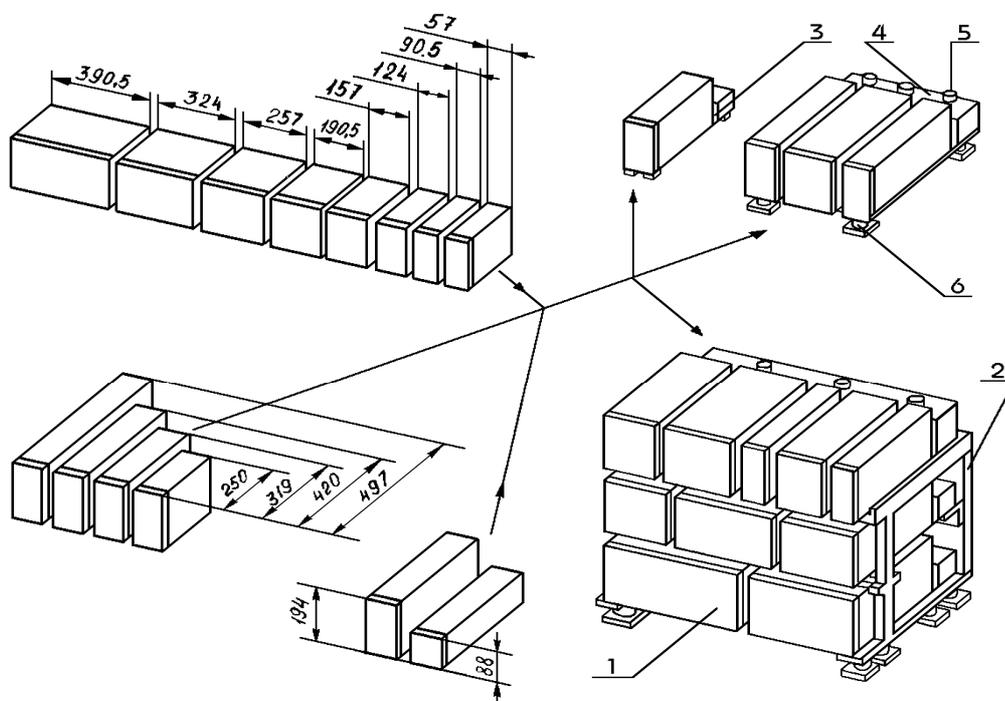


Рис.

БНК измерительных приборов приведены на рис.

Оптимальным является применение ограниченной номенклатуры БНК в аппаратуре любого вида. Такие БНК называются унифицированными (УБНК). Основные размеры, условное обозначение, варианты конструкций БНК функциональных ячеек (БНК1) регламентированы ОСТ 4 Г0.410.224-84. Основой БНК1 является печатная плата с размерами 170x75; 170x110; 170x150; 170x200; 170x240 и 170x280 мм, основными из которых является 170x200 мм. Всегда вдоль стороны с размером 170 мм устанавливается электрический соединитель СНП34 и панель, предназначенная для крепления ячейки в составе БНК блока (БНК2).

Минимальный шаг установки унифицированных ячеек в блоке 15 мм.

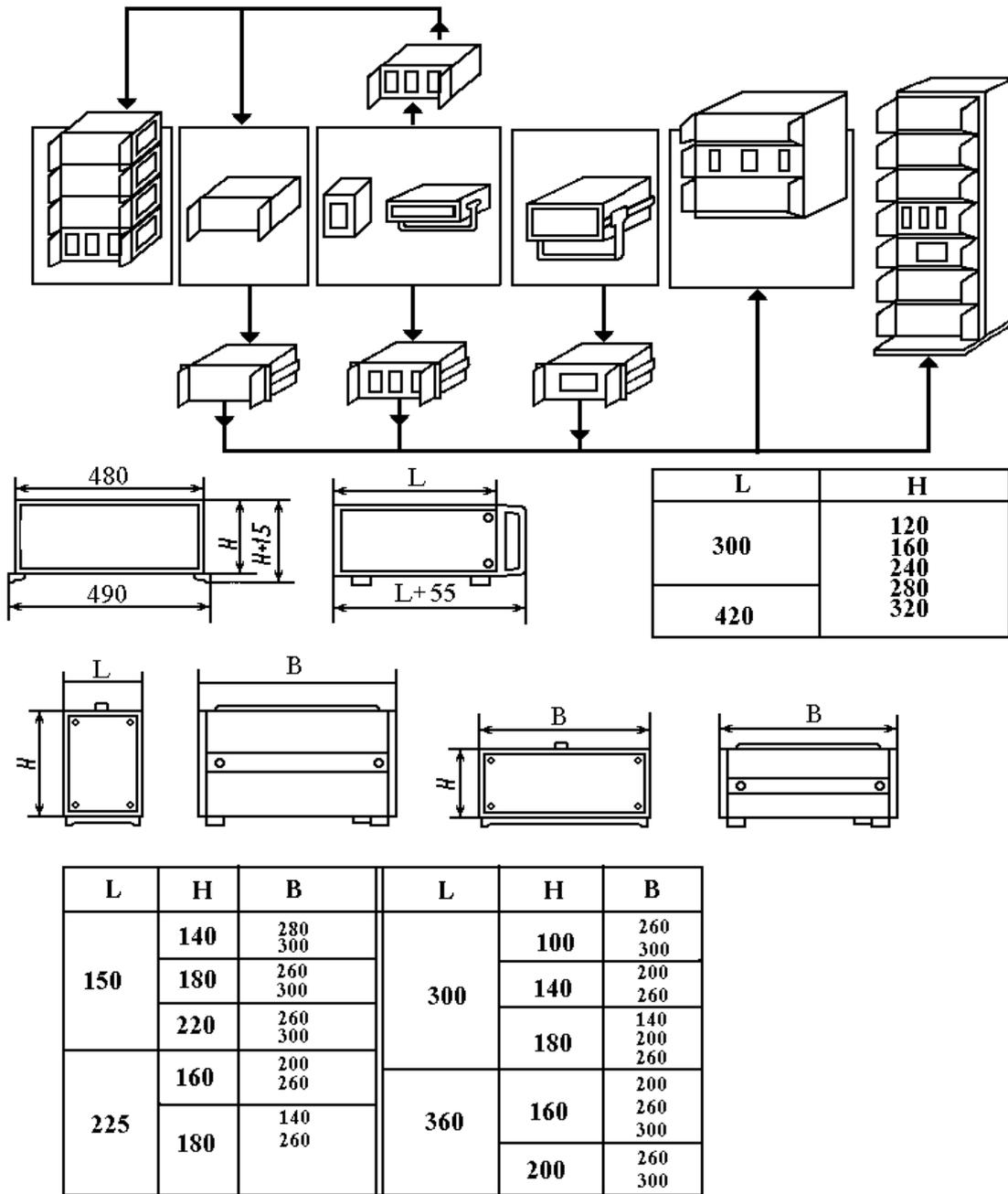


Рисунок 2.7

2.15 Основы проектирования технологических процессов изготовления РЭС.

Конструкторы и технологи взаимодействуют с ранних этапов до внедрения изделия в производство и эксплуатацию. На первых этапах решаются вопросы конструктивной и технологической преемственности изделий, выявляются оригинальные детали и узлы, необходимость в разработке новых технологических процессов (ТП). На более поздних этапах решаются вопросы компоновки с учетом требований удобства сборки, ремонта и контроля. Одновременно согласовываются параметры, подлежащие контролю и допустимые отклонения на эти параметры. В ряде случаев в соответствии с технологическими требованиями конструкция может корректироваться: компоновка, значения параметров, допуски, материалы. В некоторых случаях может потребоваться доработка технологических процессов - повышение их стабильности или разрешающей способности. В ряде случаев может потребоваться разработка или освоение новых для данного предприятия технологических процессов (например, замена печатной платы на основание с металлической основой, полиамидной пленкой или керамикой).

Правильно разработанный технологический процесс должен обеспечить выполнение всех требований, указанных в чертеже и технических условиях, высокую производительность и высокие экономические показатели.

Исходными данными для проектирования ТП являются чертеж детали и общие виды изделий, монтажные схемы, ТУ на наиболее ответственные детали, сборочные единицы и изделия, размер производственного задания, данные об оборудовании, инструментах, типовых технологических процессах (ТПП).

2.15.1 Структура технологических процессов.

Основу ТП изготовления деталей и сборочных единиц РЭС составляют действия по изменению размеров и формы заготовки, а также действия направленного

формирования радиотехнических, химических, механических и других свойств исходных материалов заготовки.

Структура ТП формируется из операций. Операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, одним или группой рабочих, а также в условиях безлюдной технологии над одним или несколькими объектами труда. Операция связана с выполнением законченного объема работ и является основным элементом для производственного планирования и учета (штамповка крышки корпуса, герметизация корпуса). Технологическая операция состоит из переходов.

Переход - основная часть операции, включающая обработку определенной части объема детали или площади участков ее поверхности одним и тем же инструментом или одновременно одной группой инструментов при неизменном режиме обработки. Замена вида инструментов или технологической среды означает начало выполнения очередного перехода.

Совокупность всех операций, необходимых для получения готового, соответствующего ТУ (ЧТУ) изделия, составляет структуру ТП его изготовления. Она фиксируется в соответствующих технических документах и, прежде всего в маршрутной карте.

Структурные схемы ТП изготовления РЭС детально (по операциям) или, чаще, укрупнено (по группам операций) отображают последовательность преобразования исходных материалов, комплектующих изделий и сборочных единиц в готовое изделие. Графически они изображаются последовательно и (или) параллельно соединенными прямоугольниками, в которые вписываются названия операций (групп операций). Иногда используют и другие геометрические фигуры (треугольник, окружность и т.д.) для обозначения функциональных особенностей операций (контрольная, подготовительная и т.д.).

Для компактного представления сложных ТП операции группируют по назначению таким образом, чтобы каждый элемент схемы характеризовал совокупность работ и действий исполнителей по получению определенного законченного результата. Критерием для группировки служит использование для данных операций единого технологического оборудования, оснастки, инструмента, типовых процедур

физико-химической обработки, сборки, монтажа, контроля, отраженных в ГОСТ, ОСТ, СТП. Рекомендуется в каждом элементе структурной схемы указывать обозначение и номер позиции НТД, на основе которого выполняется операция или группа операций (рис.1. .).

Структуру ТП сборочно-монтажных работ принято отражать в виде технологических схем сборки. Технологическая схема сборки представляет собой условное изображение ТП сборки, составленной по сборочному чертежу и спецификации на сборочную единицу. На технологической схеме каждый комплектующий элемент сборочного узла условно обозначается прямоугольником, состоящим из трех различных по длине частей (рис.1. .0).

Для построения схемы сборки прежде всего определяют базовую деталь. Затем от этого прямоугольника проводят вправо горизонтальную линию, указывающую направление хода сборки. Изделия поступающие на сборку (детали, компоненты и т.д.) указывают ниже основной и примыкающих линий хода ТП. Сверху кратко отмечают содержание (назначение) подготовительных, вспомогательных и основных операций, включая технический контроль. Эти надписи рекомендуется сопровождать указанием НТД, по которым выполняются операции (рис.1. .).

2.15.2 Виды технологических процессов.

Виды технологических процессов различают по следующим признакам:

- по методу разработки и применения (единичные, типовые и групповые);
- по степени детализации содержания технологических документов (маршрутные, операционные и маршрутно-операционные);
- по методу обработки материалов (процессы штамповки, электрохимической обработки и т.п.). Единичный ТП - относится к изготовлению изделия одного наименования, типоразмера и использования (независимо от типа производства).

Типовой ТП характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками (например, группа МСБ). Типовой ТП разрабатывает-

ся на образец содержащий все операции и переходы, необходимые для изготовления изделия максимальной сложности. На базе ТТП составляют единичные ТП изготовления конкретных изделий. ТТП позволяет установить единое содержание и последовательность большинства операций и переходов для изготовления группы радиоизделий с общими конструктивно-технологическими признаками.

Использование ТТП позволяет: уменьшить объем ТД, сократить и упростить технологическую подготовку производства, обеспечивать качество изделия вне зависимости от конкретного изготовителя. ТТП регламентируется ГОСТ, ОСТ и СТП в зависимости от широты его использования в промышленности. В радиопромышленности применяется большое число ТТП при изготовлении тонко- и толстопленочных МСБ, подготовке к монтажу и установке навесных элементов, изготовлению печатных плат, сборке блоков и т.п.

Групповой ТП предназначен для изготовления группы изделий, сходных по конструктивно-технологическим признакам, по выполняемым над ними отдельным операциям. При этом, в отличие от ТТП, не обязательна одна и та же последовательность операций для различных изделий из группы. Групповой ТП характерен для изготовления деталей конструктивной базы РЭС и позволяет уменьшить трудоемкость и стоимость изготовления путем создания и эксплуатации специализированных рабочих мест и сокращения времени на переналадку. В групповом ТП детали последовательно обрабатываются партиями.

Тип производства характеризуется специализацией рабочих мест или загруженностью одной и той же работой. Различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется универсальностью рабочих мест, за которыми нет закрепления операций. При единичном производстве изделия производят в небольших количествах. Изготовление изделий может повториться через неопределенное время или не повторяется совсем.

Серийное производство характеризуется широкой специализацией рабочих мест и изготовлением различных изделий партиями, регулярно повторяющимися через определенные промежутки времени. Массовое производство характеризуется узкой специализацией рабочих мест, за каждым из которых закреплено выполнение

только одной операции. При массовом производстве изготовление одних и тех же изделий ведется непрерывно в большом количестве и в течение длительного промежутка времени.

Тип производства определяется с помощью коэффициента закрепления операций

$$K = K / K ,$$

где K - количество различных операций ТП, выполняемых за один месяц;

K - количество рабочих мест для выполнения этих операций. При массовом производстве $K = 1$;

крупносерийном $1 < K < 10$; среднесерийном $10 < K < 20$; мелкосерийном $20 < K < 40$.

При единичном производстве K не регламентируется. Вне зависимости от типа производства задачами технолога

- являются: - разработка и внедрение новых ТП;
- сопровождение ТП в производстве изделий;
- профилактика производственного брака.

2.15.3 Виды и содержание технологических документов.

Состав и правила выполнения технологической документации определяются ГОСТ 3.1001-81 единой системой технологической документации (ЕСТД). ЕСТД регламентирует во всех организациях и на всех предприятиях единые правила выполнения, оформления, комплектации и обращения технологической документации в зависимости от типа и характера производства.

К технологическим относятся графические и текстовые документы, которые определяют технологический процесс изготовления или ремонта изделия и содержат необходимые данные для организации производства.

Состав документов зависит от стадии разработки ТП, типа и характера производства. В условиях серийного и массового производства используются следующие документы (ГОСТ 3.1102-81): - карта эскизов (КЭ);

- технологическая инструкция (ТИ);
- маршрутная карта (МК);
- операционная карта (ОК);
- карта технологического процесса (КТП);
- карта типового (группового) технологического процесса (КТТП) и др.

Маршрутная карта содержит описание всех операций ТП, включая контроль в порядке их выполнения (рис.1.27.).

Операционная карта составляется отдельно на каждую операцию и служит дополнением к МК. Форма ОК приведена на рис.1.28.

Карты эскизов и схем дополняют ОК (являются их приложением). Они содержат эскизы, схемы, таблицы поясняющие выполнение переходов или операций в целом.

Технологические инструкции содержат описание сложных приемов работы: методик сборки, регулировки, контроля, правил работы с оборудованием, приборами и т.п.

Карты ТП и ТТП содержат данные, необходимые для разработки рабочих ТП изготовления на данном радиозаводе.

Комплектность технологических документов в зависимости от стадий разработки изделия представлена на рис.1.29. На рисунке обозначены: "+" - обязательный документ, "о" - необязательный документ, "-" - документ отсутствует, "О" - опытное производство, "А" - установочная партия, "Б" - массовое производство.

2.15.4 Технологичность конструкций РЭС .

Технологичность конструкций - одна из важнейших характеристик изделий. Под технологичностью конструкции понимают совокупность свойств конструкции изделия , определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве , эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества , объема выпуска и условий выполнения работ .

Классификация показателей технологичности конструкции приведена на рисунке 2.30.

Производственная технологичность конструкции изделия проявляется в сокращении затрат средств и времени на конструкторско-технологическую подготовку персонала и процессы изготовления, включая контроль и испытания.

Эксплуатационная технологичность конструкции изделия заключается в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделия.

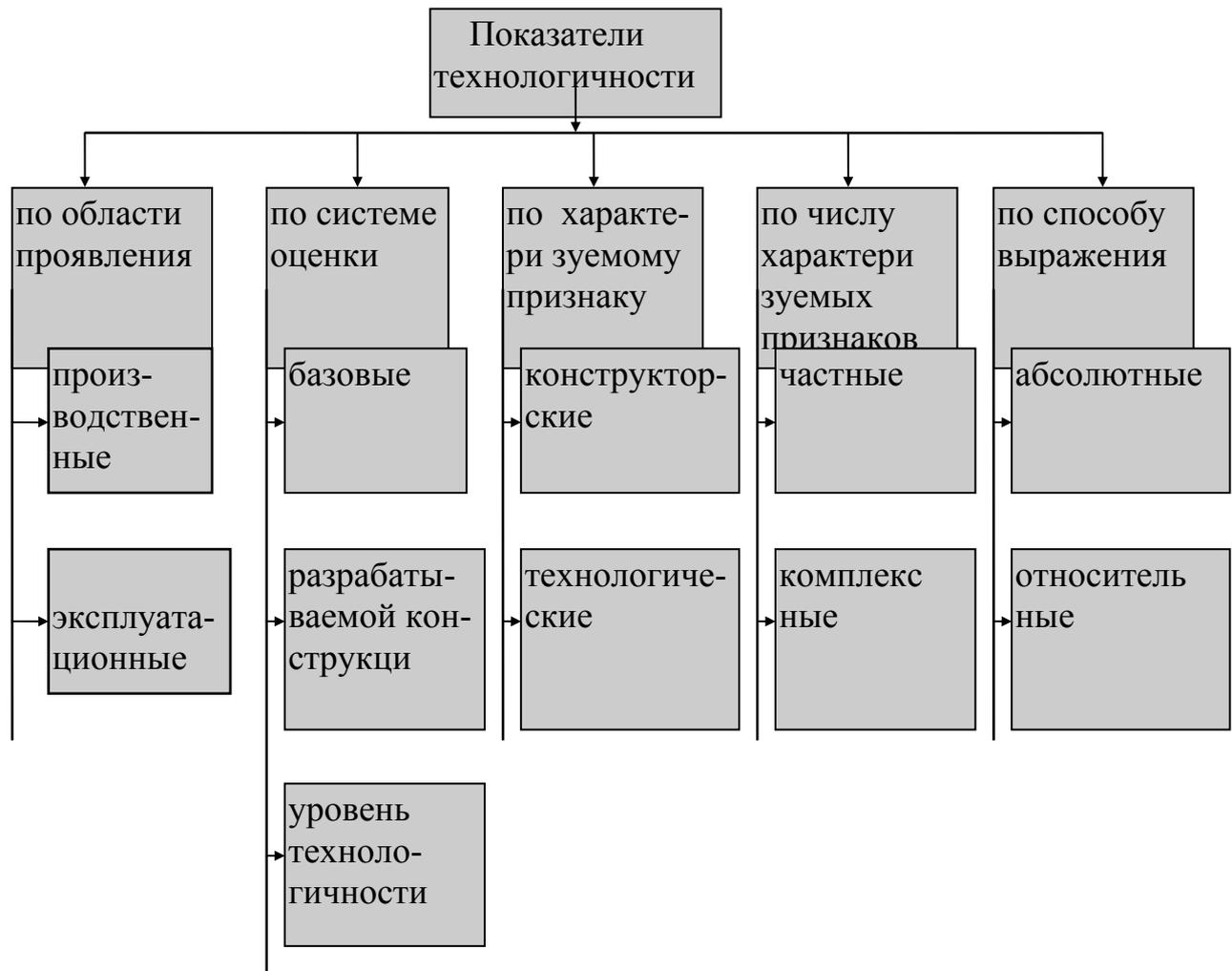


Рисунок 2.30.

Базовые (нормативные) показатели представляют собой исходные значения , относительно которых дается сравнительная оценка технологичности данной конструкции .

Показатели технологичности разрабатываемой продукции (ПТК) оценивают один или несколько признаков (свойств) конструкции , достигнутых при ее разработке .

Уровень технологичности конструкции определяет соотношение конкретного ПТК с базовым . Допустимый для отрасли (предприятия) уровень технологичности конструкции устанавливается в ОСТ и СТП .

Базовые показатели технологичности для электронных схем блоков, определяемые на стадии разработки рабочей документации и их коэффициенты значимости ψ_i приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5.

Показатель технологичности	ψ_i	Обозначение
Коэффициент использования микросхем и МСБ	1,0	$K_{и.мс} = N_{мс} / N_{эрэ}$
Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	1,0	$K_{а.м} = N_{а.м} / N_{м}$
Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	0,75	$K_{м.п.эрэ} = N_{м.п.эрэ} / N_{эрэ}$
Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки	0,5	$K_{м.к.н.} = N_{м.к.н.} / N_{к.н}$
Коэффициент повторяемости ЭРЭ	0,31	$K_{пов.эрэ} = 1 - N_{т.эрэ} / N_{эрэ}$
Коэффициент применяемости ЭРЭ	0,187	$K_{п.эрэ} = 1 - N_{т.ор.эрэ} / N_{т.эрэ}$
Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	0,11	$K_{ф} = D_{пр} / D$

В ней приняты обозначения :

$N_{мс}$ — общее количество микросхем и МСБ в изделии , шт.

$N_{эрэ}$ — общее количество ЭРЭ в изделии , шт.

$N_{а.м.}$ — количество монтажных соединений , которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом , шт.

$N_{м}$ — общее количество монтажных соединений , шт.

$N_{м.п.эрэ}$ — количество ЭРЭ , подготовка которых к монтажу может осуществляться механизированным или автоматизированным способом , шт.

$N_{м.к.н.}$ — количество операций контроля и настройки , которые можно осуществлять механизированным или автоматизированным способом , шт.

$N_{к.н}$ — общее количество операций контроля и настройки , шт ;

$N_{т.эрэ}$ — общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии , шт ;

$N_{т.ор.эрэ}$ — количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в изделии , шт ;

$D_{пр}$ — количество деталей , полученных прогрессивными методами формообразования (штамповкой , прессованием , литьем под давлением и т.п.) , шт ;

D — общее количество деталей (без нормализованного крепежа) в изделии , шт .

Основным показателем, используемым для оценки технологичности конструкции, является комплексный показатель технологичности конструкции изделия:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \psi_i}{\sum_{i=1}^n \psi_i}$$

$$K/K_n \geq 1$$

для условий серийного производства $K_n=0,5...0,8$
 для опытного производства $K_n=0,4...0,7$.

где K_i — значение показателя, определяемого по таблице состава базовых показателей; ψ_i — весовой коэффициент показателя; i — порядковый номер показателя.

Уровень технологичности конструкции изделия при известном нормативном показателе оценивается отношением полученного комплексного показателя качества к нормативному показателю:

$$K/K_n \geq 1$$

Нормативное значение показателя K_n технологичности конструкции блоков РЭС для условий серийного производства составляет $0,5...0,8$, а для опытного производства — $0,4...0,7$.

2.16 Понятие о документообороте предприятия и особенности организации работы с входящими, исходящими и внутренними документами

Изучение организации работы со служебными документами предприятия целесообразно начать с рассмотрения сущности документооборота. Напомним в этой связи уважаемым читателям, что под **документооборотом предприятия** следует понимать упорядоченное движение документов (документированной информации) с момента их получения (создания) и до момента завершения исполнения указанных документов (их отправки, сдачи на хранение).

Принято выделять в документообороте предприятия три самостоятельных и одновременно тесно связанных между собой документационных потока. Указанные потоки формируются в процессе целенаправленного и организованного перемещения (оборота) между структурными подразделениями (должностными лицами) предприятия, а также других предприятий (организаций, учреждений) (последнее верно только в отношении исходящих документов), входящих, внутренних и исходящих документов.

С учетом назначения и среды обращения документов можно также весьма условно разделить документооборот на внутренний и внешний. Первый образуют внутрен-

ние документы, а также входящие документы, поступившие на предприятие и не подлежащие возврату в адрес отправителя. Второй состоит из исходящих документов, в их число входят также те немногие входящие и внутренние документы, которые по каким-либо причинам подлежат возврату (отправке за пределы предприятия), к примеру документы, переданные предприятию во временное пользование.

Документооборот предприятия и его основные компоненты представлены на рисунке 2.31.

Отметим также, что организация эффективного документооборота является одной из важнейших задач деятельности службы документационного обеспечения управления (далее - ДОУ) предприятия, функционирующей на правах самостоятельного структурного подразделения. В рамках решения указанной задачи служба ДОУ с учетом специфики деятельности предприятия и на основе имеющихся в его распоряжении организационных и материальных возможностей осуществляет управление документационными потоками, а также их оптимизацию.



Рисунок 2.31. Документооборот предприятия и его основные компоненты

Последняя, в свою очередь, достигается правильной организацией работы структурных подразделений (должностных лиц) предприятия с входящими, внутренними и исходящими документами. Соответственно, более тщательного рассмотрения заслуживают в этой связи содержание и специфика каждого из перечисленных документационных потоков.

Работа с входящими документами, поступающими на предприятие из-за его пределов, предполагает:

- а) доставку и прием документов;
- б) первичную обработку документов;
- в) предварительное рассмотрение документов;
- г) рассмотрение документов руководством предприятия;
- д) передачу на исполнение должностным лицам (структурным подразделениям);
- е) осуществление контроля за исполнением документов;
- ж) прием исполненного документа, его помещение в дело;
- з) последующее хранение и работу с документами (до передачи их в архив или на уничтожение).

Рассмотрим особенности работы с входящими документами в соответствии с перечисленными этапами.

Доставка документов на предприятие, как правило, осуществляется курье-

рами в почтовом отделении по месту расположения предприятия (за исключением документов, поступающих непосредственно на предприятие по техническим каналам связи). **Прием** входящей деловой корреспонденции от курьера производится уполномоченным сотрудником службы ДООУ.

Последующая первичная обработка входящей деловой корреспонденции включает:

- проверку целостности упаковки и вложений принятой корреспонденции;
- проверку правильности ее адресования;
- вскрытие конвертов (упаковки посылок, бандеролей) ²;
- распределение корреспонденции на регистрируемую и нерегистрируемую;
- простановку штампов с отметкой «Входящий № >>» на документах, подлежащих регистрации (учет документов);
- заполнение регистрационных карточек (журналов, книг и т. п.) (регистрация документов).

После этого зарегистрированная деловая корреспонденция передается на предварительное рассмотрение.

По результатам предварительного рассмотрения в службе ДООУ уполномоченным сотрудником принимается решение о направлении документов непосредственно ответственным исполнителям (должностным лицам и структурным подразделениям, указанным в адресных данных), или руководителю предприятия для оформления соответствующей резолюции.

Отметим, что на рассмотрение руководства предприятия обычно передаются все документы, полученные от вышестоящих органов управления и (или) содержащие информацию по принципиальным вопросам деятельности предприятия, а потому требующие решения руководителя.

По результатам предварительного рассмотрения часть документов установленным порядком передается соответствующим должностным лицам (структурным подразделениям) предприятия. Другая их часть направляется, как правило через секретариат, на рассмотрение руководителю предприятия для принятия и оформления (в виде резолюции) решения о порядке и сроках исполнения указанных документов.

Обработка и передача документов ответственным исполнителям должна осуществляться в день их поступления в службу ДООУ или в первый рабочий день (при поступлении документов в нерабочее время). При необходимости безотлагательного (оперативного) исполнения поступившего документа допускается ознакомление ответственного исполнителя с его содержанием до рассмотрения документа руководством предприятия.

После регистрации содержания резолюций и постановки документов, подлежащих исполнению, на контроль последние также передаются должностным лицам (структурным подразделениям) предприятия.

Отметим, что документы, которые адресованы для исполнения нескольким должностным лицам (структурным подразделениям), передаются им поочередно или одновременно в копиях. При этом подлинник документа передается ответственному исполнителю, названному в резолюции первым.

Следующим этапом является **прием исполненных документов и помещение их в**

дела. Исполненные документы принимаются от должностных лиц (структурных подразделений) предприятия для помещения в дело в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

Исполненный документ должен быть снабжен соответствующей отметкой за подписью ответственного исполнителя. Помещение документа в дело осуществляется вручную или с использованием средств механизации труда. В последнем случае документ помещается (подшивается на 4 прокола) в обложку дела с применением прошивочной машины. **Последующее хранение и работа с документом** до передачи последнего в архив или на уничтожение производится исходя из практической потребности в документе и с учетом его исторической (научной и иной) ценности.

Работа с исходящими документами, отправляемыми за пределы предприятия, предполагает:

- а) проверку правильности оформления и прием документов от ответственных исполнителей;
- б) регистрацию документов;
- в) подготовку документов к отправке;
- г) передачу подготовленных к отправке документов в экспедиционную группу;
- д) помещение контрольных экземпляров документов в дела;
- е) последующее хранение и работу с контрольными экземплярами документов (до передачи их в архив или на уничтожение).

Рассмотрим особенности работы с исходящими документами в соответствии с перечисленными этапами.

Подготовка к отправке и отправка исходящих документов осуществляются в соответствии с Почтовыми правилами Министерства связи РФ. Документы, поступающие в службу ДОУ для отправки, должны обрабатываться и отправляться в тот же день, но не позднее следующего рабочего дня.

Указанная работа начинается с **проверки правильности оформления и приема документов от ответственных исполнителей** уполномоченными сотрудниками службы ДОУ. Документы, предназначенные для отправки, принимаются от ответственных исполнителей полностью оформленными (служба ДОУ не несет ответственности за содержание документа).

Это означает, что исходящий документ должен:

- а) иметь все необходимые реквизиты, включая адресные данные;
- б) быть подписан (утвержден) соответствующим должностным лицом;
- в) иметь сопроводительный лист (письмо) при наличии приложений или в том случае, если документ исполнен (записан) на машинном носителе;
- г) вне зависимости от количества адресов рассылки иметь контрольный экземпляр (в том числе на сопроводительный лист) для помещения последнего в дело;
- д) иметь опись (расчет) рассылки при направлении документа в четыре и более адресов;
- е) в необходимых случаях иметь отметку о категории почтового отправления (за исключением простых отправлений).

Исходящие документы, оформленные с соблюдением перечисленных правил, передаются на **регистрацию**. Регистрация производится путем простановки штампа «Исходящий № » и внесения справочных данных о документе в соответствующий журнал (книгу). Регистрации подлежат также все приложения к документу и сопроводительный лист (письмо). Зарегистрированные документы проходят процедуру сортировки документов по адресам назначения и видам почтовых отправлений, после чего передаются для подготовки к отправке.

Недооформленные или неправильно оформленные документы подлежат возврату ответственному исполнителю для устранения недостатков, препятствующих отправке.

Подготовка документов к отправке включает:

- ◆ проставление на конвертах (наклейках на упаковке) адресных данных;
- ◆ фальцовку (сложение путем перегиба) документов;
- ◆ вложение документов в конверты (упаковки);
- ◆ заклеивание и маркировку (снабжение знаками почтовой оплаты) конвертов.

Для передачи подготовленных к отправке документов в экспедицию уполномоченными сотрудниками службы ДОУ предварительно составляются описи (реестры) на подлежащую отправке обычную и заказную деловую корреспонденцию. Принятая по описи деловая корреспонденция упаковывается сотрудниками экспедиции в транспортировочную тару (ящики, коробка, портфели и пр.), после чего доставляется в почтовое отделение установленным порядком (пешком или на автомашине). После отправки деловой корреспонденции сотрудники отдела делопроизводства помещают **контрольные экземпляры исходящих документов в дела** в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

Последующее хранение и работа с контрольными экземплярами исходящих документов до передачи их в архив или на уничтожение производятся исходя из практической потребности в документах и с учетом их исторической (научной и иной) ценности.

Работа с внутренними документами, разрабатываемыми должностными лицами (структурными подразделениями) предприятия в целях обеспечения управленческих решений и действий внутреннего характера, предполагает:

- а) подготовку предварительного (чернового) варианта текста документа;
- б) редактирование и корректирование предварительного варианта текста документа;
- в) согласование уточненного варианта текста документа;
- г) оформление окончательного варианта текста документа;
- д) утверждение (подписание) документа;
- е) регистрацию документа;
- ж) тиражирование документа;
- з) передачу рабочих экземпляров документа соответствующим должностным лицам (структурным подразделениям) для применения в практической деятельности;
- и) помещение контрольного экземпляра документа в дело;
- к) последующее хранение и работу с документом (до передачи его в архив или на уничтожение).

Рассмотрим особенности работы с внутренними документами в соответствии с перечисленными этапами.

Подготовка предварительного (чернового) варианта текста документа производится сотрудником, ответственным за его исполнение:

- а) по распоряжению (указанию) должностного лица предприятия, которому подчинен данный сотрудник;
- б) в инициативном порядке;
- в) во исполнение ранее полученного документа.

При подготовке чернового варианта текста документа ответственный исполнитель определяет общий порядок исполнения и, исходя из этого, распределяет обязанности между остальными исполнителями, участвующими в работе над проектом документа. Для подготовки предварительного варианта текста используются:

- а) типовые (унифицированные) тексты, разработанные на предприятии для подготовки данного вида документов;
- б) материалы деловой переписки по вопросу, составляющему предмет (тему) документа;
- в) положения законодательства РФ, регламентирующие вопросы деятельности предприятия (структурного подразделения, должностного лица), составляющей предмет (тему) документа, в правовом отношении;
- г) требования руководящих документов, регламентирующие вопросы деятельности предприятия (структурного подразделения, должностного лица), составляющей предмет (тему) документа, в организационном отношении.

Подготовку предварительного варианта текста документа целесообразно осуществлять на персональном компьютере (ПК), оснащенный дисководом для чтения дискет 3,5 (А) и устройством вывода (принтером). Файл с подготовленным вариантом текста документа копируется на дискету, после чего распечатывается на принтере.

Редактирование и корректирование предварительного варианта текста документа производятся с целью:

- а) уточнения (дополнения) его структуры и содержания;
- б) выявления и исключения из текста орфографических, синтаксических, смысловых, фактологических и иных ошибок, искажающих содержание документа и затрудняющих его восприятие и изучение в процессе ознакомления с ним адресата.

Уточнение (дополнение) структуры и содержания предварительного варианта текста документа производятся в процессе чтения бумажного оригинала и внесения в него соответствующих пометок (замечаний). По результатам редактирования в предварительный вариант текста документа вносится редакционная правка, посредством которой:

- а) уточняется взаимное расположение отдельных фрагментов (абзацев, предложений) текста;
- б) уточняется последовательность слов в отдельных предложениях;
- в) из текста изымаются повторы и длинноты;
- г) в текст включаются дополнительные фрагменты, делающие его содержание более ясным, точным и актуальным;
- д) обеспечивается терминологическое соответствие текста документа общепринятым нормам и правилам;
- е) достигается стилистическое единообразие текста документа.

После этого отредактированный текст корректируется (контролируется, верифицируется) на предмет выявления и устранения всевозможных ошибок. Целесооб-

разно производить комбинированную корректировку текста, используя для этого как собственные интеллектуальные ресурсы, так и соответствующие возможности стандартного текстового редактора. Завершают процедуру редактирования и корректирования повторное копирование «очищенного» текста на дискету и его контрольная распечатка. К слову, и этот вариант текста следует внимательно прочитать до того, как отправить проект документа на согласование. **Согласование уточненного варианта текста документа** производится, если:

- а) изложение тех или иных положений документа требует письменного выражения мнения на этот счет компетентного должностного лица (специалиста);
- б) в содержании документа имеются поручения должностным лицам (структурным подразделениям).

Согласование производится:

- а) путем оформления согласующей визы на обороте последнего листа проекта документа;
- б) путем оформления грифа согласования на лицевой стороне последнего листа проекта документа (ниже подписи).

После выполнения процедуры согласования проекта документа последний передается ответственным исполнителем **на оформление**, как правило, в группу технической подготовки документов. Оформление проекта документа имеет целью:

- а) внести новые уточнения (дополнения) в текст проекта по итогам согласования;
- б) привести внешний вид проекта в соответствие с требованиями руководящих документов к оформлению управленческой документации (деловой корреспонденции).

Оформление проекта документа производится в соответствии с требованиями раздела V Типовой инструкции по делопроизводству и с учетом требований, предъявляемых указанной инструкцией к конкретным видам документов¹,

При приеме оформленного проекта документа ответственный исполнитель обязан проверить правильность его оформления и при необходимости потребовать устранения имеющихся в оформлении проекта недостатков.

Проект документа, оформленный надлежащим образом, передается в секретариат руководителя предприятия для представления **на подпись (утверждение)**. В отдельных случаях допускается представление проекта документа руководителю предприятия лично ответственным исполнителем.

Подписанный (утвержденный) документ передается ответственным исполнителем **на регистрацию** в отдел делопроизводства.

Зарегистрированный установленным порядком документ при необходимости передается ответственным исполнителем **на тиражирование**. При этом ответственный исполнитель обязан указать на первой странице документа (карандашом) количество экземпляров.

После этого производится **передача рабочих экземпляров документа** соответствующим должностным лицам (структурным подразделениям) для применения в практической деятельности. Одновременно **контрольный экземпляр документа** помещается в дело в соответствии с утвержденной номенклатурой дел.

Последующее хранение и работа с документом (до передачи его в архив или на уничтожение) производятся исходя из практической потребности в документе и с учетом его исторической (научной и иной) ценности.