

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
и ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО РАЗРАБОТКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ
КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА
ДЛЯ СТУДЕНТОВ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

МОСКВА
1987

МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО РАЗРАБОТКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ
КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА
ДЛЯ СТУДЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНО-
СТЕЙ

Под редакцией Б.Ф. Высоцкого

Утверждено
на заседании редсовета
17 апреля 1986 г.

МОСКВА 1987

621.396.6 (075) М
545.

УДК 621.396.6.001.2 (071.1)

Авторы-составители: В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, А.С. Назаров, Г.В. Сбитнев, А.В. Фомин

Методические указания по разработке и оформлению конструкторской части дипломного проекта для студентов радиотехнических специальностей / Авт.-сост.: Борисов В.Ф., Мухин А.А., Назаров А.С., Сбитнев Г.В., Фомин А.В.; Под ред. Б.Ф. Высоцкого. - М.: МАИ, 1987. - 58 с, ил.

В методических указаниях даны рекомендации по оформлению графической части и пояснительной записки дипломных проектов в соответствии с требованиями ГОСТ. Приведены рекомендации по разработке конструкций микроэлектронных устройств, обеспечению теплового режима юс работы, выбору элементной базы и материалов.

Даны техническая и справочная литература по проекту и перечень ГОСТ, используемых при оформлении проектов. Указания предназначены для студентов радиотехнических специальностей.

Рецензенты: Е.Н. Егоров, А.А. Захаров

© Московский авиационный институт, 1987 г.

ВВЕДЕНИЕ

В решениях XXУП съезда КПСС "Об основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986...1990 гг. и на период до 2000 г." определены задачи по ускорению научно-технического прогресса социалистического общества на этом этапе. Они ориентированы на интенсивное развитие научных исследований, укрепление связи науки с производством и эффективное внедрение ее результатов в народное хозяйство.

Одним из ускорителей научно-технического прогресса на современном этапе является микроэлектроника, на базе которой разрабатываются приборы и устройства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Развитие РЭА сопровождается непрерывным расширением функциональной значимости аппаратуры, круга выполняемых ею задач и повышением информативности, что ведет к росту сложности РЭА. В этих условиях важнейшей народно-хозяйственной задачей является всемерное улучшение качества и надежности РЭА, повышение эффективности ее проектирования и производства.

Успешное решение указанных задач возможно лишь при автоматизации проектирования и производства РЭА на базе использования электронных вычислительных машин (ЭВМ), а их решение по силам только широкообразованным; высококвалифицированным, творчески думающим инженерам.

Отсюда высокие требования, предъявляемые к качеству подготовки студентов в высшем учебном заведении, итоги которой подводит дипломное проектирование.

Предлагаемые методические указания призваны помочь студентам радиотехнических специальностей при выполнении и оформлении ими графической части и пояснительной записки дипломного проекта в соответствии с требованиями стандартов. В пособии даны рекомендации по разработке конструкций микроэлектронных устройств, обеспечению теплового режима их работы, выбору элементной базы и материалов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ЦЕЛИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дипломное проектирование является завершающим этапом подготовки специалистов в высшем учебном заведении и имеет целью:

- систематизировать, закрепить и расширить теоретические знания дипломника в области радиоэлектроники по своей специальности;
- углубить изучение одного из направлений радиоэлектроники в соответствии с темой дипломного проекта;
- развить навыки самостоятельного исследования и решения задач;
- закрепить знания по автоматизации проектирования РЭА, уметь пользоваться современными средствами систем автоматизированного проектирования (САПР) и применять их при выполнении конкретных разработок;
- закрепить теоретические знания дипломника по вопросам экономики, организации и планирования радиотехнического производства, охраны труда и техники безопасности, научиться применять их при решении конкретных задач.

В процессе выполнения дипломного проекта дипломник должен показать, что он:

- овладел теоретическими знаниями по радиоэлектронике в рамках своей специальности и приобрел необходимые навыки по выбору и практической реализации инженерных решений;
- обладает экономическими знаниями, необходимыми для оценки экономической эффективности принимаемых инженерных решений;
- обладает достаточной профессиональной эрудицией и способен правильно оценить народно- хозяйственное значение поставленной перед ним задачи.

1.2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

Дипломный проект состоит из графической документации, отражающей основные результаты дипломного проектирования и пояснительной записки.

Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел проекта, содержать методы исследования и инженерные расчеты, связанные с разработкой проектируемого объекта; описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы, описания алгоритмов и программ автоматизированного проектирования; технико-экономическое сравнение вариантов и др.

Независимо от профиля дипломного проекта пояснительная записка должна начинаться с титульного листа установленного образца, далее помещаются аннотация, техническое задание на дипломное проектирование, содержание, основной текст, перечень литературы, использованной при выполнении проектами приложения. Все листы пояснительной записки, кроме титульного, должны иметь сквозную нумерацию. Объем записки не должен превышать 120 страниц. Титульный лист оформляется на бланке, выполненном типографским способом.

В графической части дипломного проекта приводятся чертежи разрабатываемого объекта:

- электрические схемы (структурные, функциональные, принципиальные, монтажные);
- чертежи конструкции спроектированного объекта (общего вида, габаритные, сборочные, топологические, топологические послойные, чертежи деталей и др.);
- схемы алгоритмов и программ;
- технологические чертежи;
- демонстрационные графические материалы (диаграммы, графики теоретических и экспериментальных исследований, эпюры напряжений и др.).

Графический материал содержит не менее 10 листов форматом А1, из них три листа - чертежи конструкции спроектированного объекта.

Документация в дипломных проектах, как правило, разрабатывается на стадиях эскизного и (или) технического проектов с включением отдельных чертежей и схем, выполненных на стадии рабочего проекта (рабочая документация).

Оформление дипломного проекта должно выполняться по единым правилам выполнения и оформления графической и текстовой документации, которые для радиотехнических изделий в основном регламентируются двумя комплексными системами стандартов:

- единой системой конструкторской документации ЕСКД;
- единой системой программной документации ЕСПД.

Перечень стандартов этих систем, используемых при оформлении дипломных проектов, приведен в табл. 1.

Таблица I

Наименование документа	Стандарт
Пояснительная записка	ГОСТ 2.105-79 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. ГОСТ 2.106-68 ЕСКД. Текстовые документы. ГОСТ 19.106-78 ЕСКД. Требования к программным документам, выполненным печатным способом. ГОСТ 19.404-79 ЕСПД. Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению
Спецификация	ГОСТ 2.108-68 ЕСКД. Спецификация. ГОСТ 19.202-78 ЕСПД. Спецификация. Требования к содержанию и оформлению
Чертежи	ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам. ГОСТ 2.119-73. Эскизный проект. ГОСТ 2.120-73 ЕСКД Технический проект. ГОСТ 2.417-78 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат
Схемы	ГОСТ 2.701-76 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. ГОСТ 2.708-81 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники. ГОСТ 2.711-82 ЕСКД. Схема деления изделия на составные части
Программы и программные документы	ГОСТ 19.003-80 ЕСПД. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические. ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов. ГОСТ 19.105-78 ЕСПД. Общие требования к программным документам. ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. ГОСТ 19.402-78. Описание программы

2. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО СИНТЕЗА РЭА И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Функциональные и материальные показатели конструкции определяются составом элементной базы, конструкционных материалов и методом конструирования. Технические решения, принимаемые в процессе проектирования по перечисленным вопросам, должны отражать как

внутренние свойства конструкции (в частности, тепловую нагрузку), так и свойства, определяемые внешними связями с объектом установки и окружающей средой. Поэтому ниже излагаются методические указания по решению таких задач, как выбор элементной базы, метода конструирования и конструкционных материалов, расчет компоновки проектируемого изделия, выбор системы охлаждения.

2.1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Элементная база, положенная в основу схемотехнического построения изделия, должна быть оптимальна с точки зрения требований к функциональным и материальным показателям конструкции. Чтобы это требование выполнялось, сравнивают несколько типов интегральных микросхем, транзисторов, диодов и др., годных к применению в изделии, по комплексному (интегральному) показателю качества.

Комплексный показатель качества может быть найден из выражения

$$Q = \sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot \alpha_i^* \quad (1)$$

где φ_i - весовые коэффициенты, определяющие значимость дифференциальных показателей (ДП) качества; α_i^* - нормированные значения ДП качества элемента; n - число ДП, по которым производится сравнение элементов.

Для получения оценки качества элемента в виде (1) необходимо:

обосновать ДП качества элементов;
привести их влияние на качество конструкции к одной тенденции;
произвести нормирование ДП;
обосновать весовые коэффициенты.

Выбирают дифференциальные показатели качества элемента из ТУ в интересах обеспечения требований ТЗ к соответствующим показателям качества конструкции. В список ДП качества могут включаться как функциональные, так и материальные показатели элемента.

Заменяют обратными величинами показатели, влияние которых на качество элемента противоположно большинству ДП.

Нормирование ДП, как правило, производится относительно максимального значения каждого из выбранных показателей для сравниваемых элементов. Иногда требования к ДП качества элементов оговариваются в техническом задании (ТЗ). В этом случае нормирование целесообразно производить относительно этих значений

весовые коэффициенты φ_i находят методом экспертных оценок. Выбор коэффициентов обычно производят из условия

$$\sum_{i=1}^n \varphi_i = K \quad (2)$$

где $K = 1, 10, 100$ т.д. - целое число, определяющее бальность системы выбора φ_i .

Критерий интегральной оценки качества элемента является универсальным. Тем не менее, часто при определении состава элементной базы используются стоимостные показатели. Так, например, при выборе цифровых ИС обращаются к критерию стоимости выполнения элементарной логической операции:

$$C_o = \frac{\tau_z \lambda_{ис} N_{ис}}{m n} \cdot C \quad ,$$

где τ_z - задержка переключения ИС; $\lambda_{ис}$ - интенсивность отказов; $N_{ис}$ - число ИС в изделии; C - эксплуатационная стоимость ИС; m, n - соответственно коэффициенты объединения по входу и разветвления по выходу.

Лучшему типу ИС соответствует меньшая величина C_o .

Значения составляющих эксплуатационной стоимости ИС приведены в [12].

2.2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РЭА

Разработка конструкции РЭА состоит в решении следующих задач: выбор метода конструирования и компоновочной схемы изделия; выбор конструкционных материалов; расчет компоновки конструкции и оформление конструкторской документации.

Метод конструирования выбирается по результатам сравнительного анализа существующих методов с позиций надежности, технологичности, ремонтнопригодности и стоимости аппаратуры. Характеристика сложившихся в настоящее время методов конструирования РЭА и МЭА приведена в работе [1]. Особенности методов конструирования микросистемных вычислительных устройств отражены в учебном пособии [2].

При выборе конструкционных материалов следует учитывать комплекс взаимосвязанных физико-механических, химических, технологических и других требований. Для создания конструкции необходимо обосновать материалы несущих конструкций (металлы и их сплавы), материалы для изготовления диэлектрических оснований, материалы покрытий для защиты элементов конструкции от внешних воздействий. Многообразие материалов, близких по показателям качества, большое

число показателей, сложные конкурентные ситуации, возникающие при сравнении материалов, затрудняют однозначный выбор лучшего материала. Поэтому для объективной оценки качества того или иного материала по совокупности характеристик рекомендуется использовать комплексную оценку качества (см. разд. 2.1). Сведения о материалах, применяемых в конструкциях РЭА, можно найти в [3].

Расчет компоновки заключается в определении формы, размеров конструкции и её узлов и основных показателей качества конструкции.

Исходными данными для решения задачи являются результаты схемотехнической проработки изделия (состав элементной базы, разбиение схемы на функционально и конструктивно законченные части) и требования ТЗ к конструкции. Последние могут быть заданы в следующих вариантах: габаритные размеры и масса конструкции; установочный объем $V_{уст}$, выделенный на объекте для размещения аппаратуры; массогабаритные показатели не заданы и в процессе проектирования должны быть минимизированы. Первые два варианта представляют частный случай последнего, поэтому порядок решения задачи целесообразно рассмотреть для третьего варианта формулировки требований ТЗ к конструкции.

Предполагается, что конструкция разрабатывается на интегральных микросхемах широкого применения по функционально-узловому методу. В результате разбиения схемы определено число функциональных ячеек $N_{я}$ и число микросхем, размещаемых на каждой функциональной ячейке $n_{ис}$. Порядок решения задачи: находят объем конструкции $V_k = q_v * V_{эл}$, где q_v - коэффициент дезинтеграции объема; $V_{эл}$ - суммарный установочный объем всех элементов конструкции (ИС, транзисторов, диодов, резисторов и т.д.). Значения q_v приведены в [4, 10];

по величине V_k из базовых несущих конструкций (БНК) выбирают типоразмер близкого по объему корпуса (ГОСТ 17045-71) или по конструктивным соображениям задают размеры корпуса L_x, L_y, L_z ;

выбирают схему размещения ФЯ в корпусе и, согласно ГОСТ 10317-72, типоразмеры печатных плат $L_{пх}, L_{пy}$, конструктивно совместимых с корпусом;

рассчитывают число ИС, которые можно разместить на одной стороне платы выбранного типоразмера:

$$n_{ис}^* = n_x * n_y,$$

где

$$n_x = E \left\lfloor \frac{L_{nx} - x_1 - x_2 - l_x}{t_x} \right\rfloor + 1,$$

$$n_y = E \left\lfloor \frac{L_{ny} - y_1 - y_2 - l_y}{t_y} \right\rfloor + 1, \quad - \text{число ИС},$$

размещаемых на плате вдоль осей x и y ; t_x, t_y - шаги установки ИС по осям x и y ; x_1, x_2, y_1, y_2 - ширина краевых полей на плате по осям x и y ; l_x, l_y - размеры корпуса ИС в координатах x и y ; E - оператор выбора целочисленного решения; размеры краевых полей x_1, x_2 в зависимости от толщины платы и способа установки ИС лежат в пределах 5...10 мм; y_1, y_2 определяются типом электрического соединителя, конструкциями элементов контроля и крепления ФЯ; другие данные для расчета $n_{ис}^*$ можно найти в [9]; проверяют выполнение условия $n_{ис}^* \geq n_{ис}$; если неравенство выполняется, детально прорабатывают конструкцию ФЯ, в противном случае - пересматривают размеры платы и корпуса;

находят объем пакета функциональных ячеек

$$V_{фя} = L_{пх} L_{пу} (h_{я} + \Delta h_{я}) N_{я},$$

где $h_{я}$ - высота ФЯ; $\Delta h_{я} = 6...8$ мм - расстояние между соседними ФЯ; проверяют выполнение неравенства $V_k \geq V_{фя} + V_1 + V_2 + V_3$, где V_1, V_2 - объемы, необходимые для размещения органов регулировки и элементов внешних электрических соединений; V_3 - объем воздушных зазоров между пакетом ФЯ и стенками корпуса; при выполнении неравенства производят детальную проработку конструкции.

Если в ТЗ заданы габаритные размеры конструкции, то расчет компоновки начинают с выбора типоразмера печатных плат; при заданном установочном объеме находят $V_k = 0,8 V_{уст}$.

После детальной проработки конструкции необходимо проверить выполнение требования ТЗ к массе M_k и рассчитать относительные показатели качества конструкции: плотность упаковки элементов $\gamma = N_{эл} / V_k$, где $N_{эл}$ - общее число элементов конструкции с учетом степени интеграции ИС; плотность конструкции $m_0 = M_k / V_k$; коэффициенты дезинтеграции массы $q_m = M_k / M_{эл}$, где $M_{эл}$ - суммарная масса элементов; объема $q_v = V_k / V_{эл}$.

2.3. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Массогабаритные характеристики проектируемой аппаратуры в значительной степени зависят от способа охлаждения конструкции, обеспечивающего нормальный тепловой режим. Поэтому выбор системы охлаждения - одна из важнейших задач проектирования, которая в соответствии с логикой проектирования представляет собой неотъемлемую часть процесса разработки конструкции.

При выборе системы охлаждения используются данные о мощности $P_{\text{пот}}$ потребляемой от источников питания, площади поверхности корпуса S_k , допустимой рабочей температуре наименее теплостойкого элемента конструкции $t_{c \text{ min}}$ и максимальной температуре окружающей среды $t_{c \text{ max}}$, при которой конструкция должна работать.

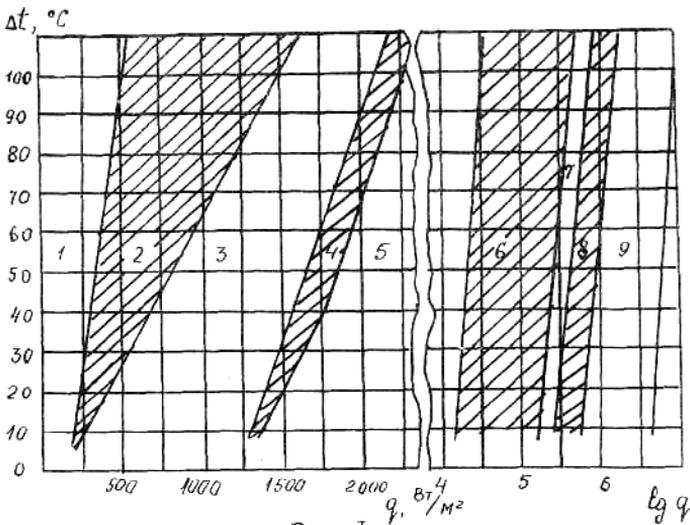


Рис. 1

Но этим данным находят поверхностную плотность теплового потока $q = P_{\text{пот}} (1 - \eta) / S_k$ (или $\lg q$) где η - коэффициент полезного действия проектируемого изделия, допустимый перегрев в конструкции $\Delta t = t_{c \text{ max}} - t_{c \text{ min}}$ и с помощью диаграммы, приведенной на рис. 1, по координатам точки q ($\lg q$) и Δt выбирают вид охлаждения, на рис. 1 обозначено: 1 - естественное воздушное охлаждение (ЕВО); 2 - ЕВО и принудительное воздушное (ПВО); 3

-ПВО; 4 - воздушно-жидкостное охлаждение; 5 - жидкостное охлаждение; 6 - жидкостно-испарительное; 7,8 - жидкостно-испарительное с прокачкой; 9 - охлаждение испарением жидкости с прокачкой.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

В конструкторской части дипломного проекта прорабатывают конструкцию проектируемого изделия, которая завершается оформлением конструкторской документации (КД).

КД разделяют на графические и текстовые.

Графические документы с помощью установленных стандартом символов и правил поясняют устройство, принцип действия, состав и связи между отдельными частями изделия. Графические конструкторские документы включают чертежи деталей, сборочные чертежи (СБ), чертеж общего вида (ВО), габаритный чертеж (ГЧ) и электрические схемы.

Текстовые конструкторские документы содержат описание устройства, принцип действия и эксплуатационные показатели. К текстовым документам относятся: спецификация, ведомости, пояснительная записка (ПЗ), технические условия (ТУ), программа и методика испытаний (ПМ), патентный формуляр (ПФ), карта технического уровня и качества изделия (КУ).

Все конструкторские документы подразделяются на проектные и рабочие. Обязательные проектные документы: чертеж общего вида, пояснительная записка и ведомости, разрабатываемые на стадиях технического предложения (П), эскизного (Э) и технического (Т) проектирования. К обязательным рабочим документам относятся: чертеж детали, сборочный чертеж и спецификация, разрабатываемые на стадии "рабочая конструкторская документация", с литерами 0 (опытный образец), А (установочная серия изделий), Б (документация на серийное изделие).

Общие требования к текстовым документам регламентирует ГОСТ 2.105-79. Формы и правила выполнения текстовых документов (ведомостей, пояснительных записок) установлены ГОСТ 2.106-68.

Общие правила выполнения чертежей изложены в стандартах третьей группы ЕСКД (ГОСТ 2.301-68 и др.).

Как текстовые, так и графические КД оформляются основной надписью (рис. 2).

Основная надпись по форме I (рис. 2,а) выполняется на чертежах и схемах, по форме 2 (рис. 2,б) на первом заглавном листе текстовых документов (пояснительной записки; спецификации, перечня элементов), по форме 2а (рис. 2,в) - на последующих листах всех видов документов.

Обозначение изделий и конструкторских документов регламентируется ГОСТ 2.201-80. Структура обозначения изделия и основного КД состоит из групп знаков (букв и цифр), разделенных точками: XXXX.XXXXXX.XXX, где XXXX - код организации-разработчика, XXXXXX - код классификационной характеристики по классификатору изделий и КД машиностроения (классификатор ЕСКД), XXX - порядковый регистрационный номер (от 001 до 999) в пределах данной классификационной характеристики и кода организации-разработчика.

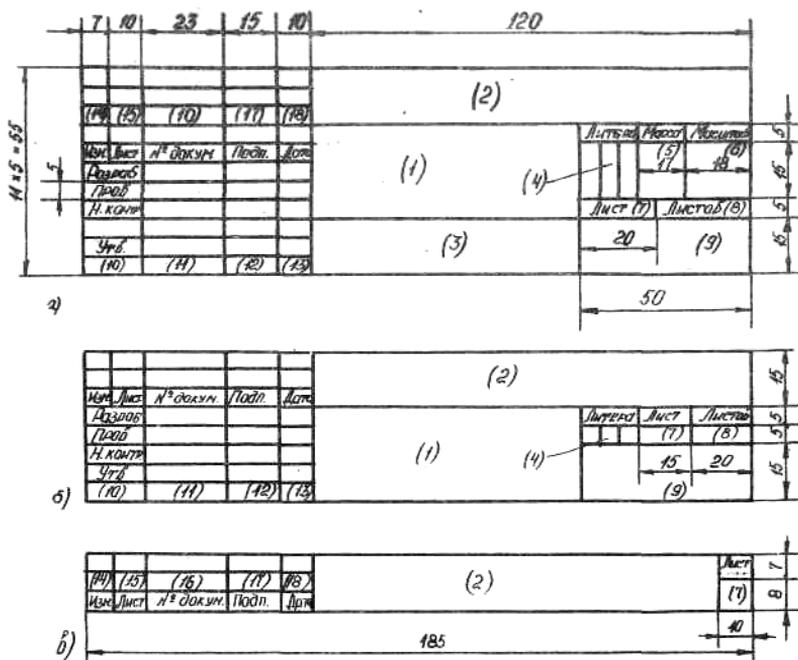


Рис. 2

Согласно классификатору межведомственной нормы системы чертежного хозяйства МН СЧХ НО.000.001 изделию и конструкторской документации дается обозначение, которое состоит из групп знаков (букв и цифр), разделенных точками: XX.X.XXX.XXX, где XX - первые две буквы или цифра и буква, представляющие шифр предприятия; X - класс изделия, XXX - сектор, тип и вид изделия; XXX - порядковый номер документа.

Для обозначения документации и изделий существует 10 классов: 0 - общая документация (нормали, ОСТы, технические условия, руководящие технические материалы); 1 - системы (ЭВМ, РЛС, командная радиолиния и др.); 2 - приборы (блоки РЭА, измерительные приборы и т.д.); 3 - группы (микросхемы и другие изделия электронной техники широкого применения); 4 - комплекты (ЗИП прибора и др.); 5, 6 - узлы (функциональные ячейки, микросборки, трансформаторы, катушки индуктивности); 7, 8, 9 - детали (печатные платы, пассивная часть микросборок, волноводы, элементы несущих конструкций - корпус, рамка, скоба и т.д.). Каждый класс содержит 10 секторов, каждый сектор - 10 типов, каждый тип - 10 видов.

Выборочные обозначения секторов для класса 2: 2.0 и 2.2 - радиоэлектронные приборы, 2.1 - приборы радиосвязи и проводной связи; 2.3 - приборы управления; 2.4 - приборы вычислительной техники; 2.5 - приборы автоматики и регулирования; 2.7 - приборы измерений, контроля и испытаний; 2.9 - приборы разного назначения. Выборочные обозначения типов для секторов 2.0 и 2.2: 2.01 - передатчики; 2.02 - приемники; 2.03 - усилители; 2.04 - приборы с ЭЛТ; 2.05 - телевизионные; 2.06...2.08 - приборы радиотехнические; 2.09 - антенны; 2.20...2.22 - импульсные; 2.23 - аттенуаторы, мосты, тройники и др. приборы СВЧ.

Порядковые номера документов трехзначные от 0 до 999. Обычно для приборов (блоков) 000, для функциональных ячеек - 100, НО, 120 и т.д.

При обозначении документов, разработанных в дипломном проекте, шифр предприятия может быть выбран произвольно (АБ, РК, РУ и т.д.), нумерация классов и секторов - по классификатору либо по вышеприведенным выборочным обозначениям, типов и видов - тоже либо условно, когда нет возможности пользоваться классификатором.

Примеры обозначений КД: РК2.007.000.СБ - сборочный чертеж пленгатора; РК2.319.000 - блок управления; РК5.319.160 - функциональная ячейка блока управления.

В обозначении не основных КД к обозначению изделия добавляется шифр документа: чертеж общего вида - ВО, сборочный чертеж - СБ, габаритный чертеж - ГЧ, пояснительная записка - ПЗ, схемы электрические - ЭИ и т.д.

3.1. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩЕГО ВИДА

Чертежи общего вида (ВО) выполняются в соответствии с ГОСТ 2.П8-73, ГОСТ 2.П9-73 и ГОСТ 2.120-73. Чертеж ВО - документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействия его основных частей и поясняющий принцип работы изделия (рис. 3). Чертеж ВО должен

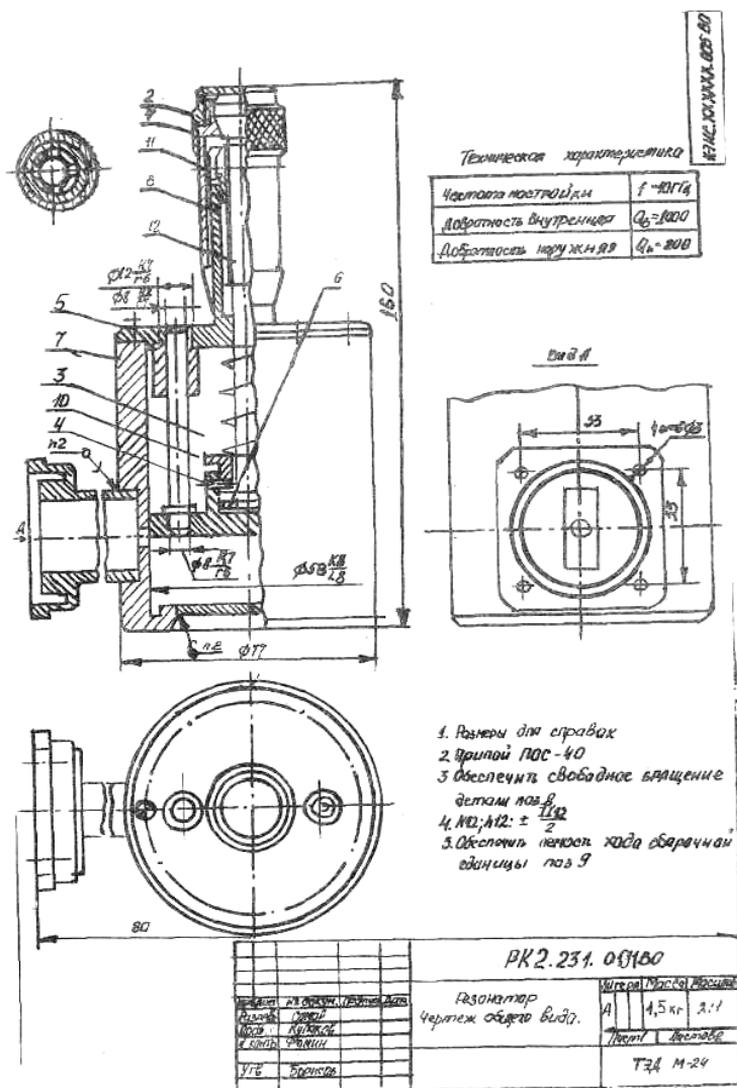


Рис. 3

одержать: изображение изделия, текстовую часть и надписи, необходимые для понимания устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия; наименование, а также обозначения тех составных частей изделия, для которых необходимо указать технические данные или запись которых необходима для пояснения изображений, описания принципа работы и т.п.; размеры и указания о выбранных посадках деталей; схему изделия, если она необходима, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно; технические характеристики изделия, которые необходимы для последующей разработки рабочих чертежей.

Наименования и обозначения составных частей изделия на чертежах ВО указывают одним из следующих способов: на полках линий выносок; в таблице, размещаемой на том же листе, что и изображение изделия; в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 (рис. 4) в качестве последующих листов документа.

Составные части изделия в таблицу записываются в следующем порядке: заимствованные изделия, покупные изделия, вновь разрабатываемые изделия.

Элементы чертежа ВО (номера позиций, текст технических требований, надписи и др.) выполняют по правилам, установленным стандартами ЕСКД для рабочих чертежей.

3.2. ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Сборочный чертеж - документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки, изготовления и контроля.

Сборочный чертеж должен содержать: изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу; сведения, обеспечивающие возможность сборки и контроля сборочной единицы; размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по сборочному чертежу; указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подборе деталей, их подгонке и т.п.); указание о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.); номера позиций составных частей, входящих в изделие; габаритные, присоединительные, установочные и другие необходимые справочные размеры.

Правила выполнения сборочных чертежей даны в ГОСТ 2.109-73.

На сборочном чертеже допускается не показывать фаски, скругления, проточки, выступы, накатки, зазоры между стержнем и отверстием, крышки, шиты и кожухи; если надо показать закрытые или составные части изделия, например, вводят надписи "Крышка не показана", "Кожух условно снят", и т.п. Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в колонку и строчку по возможности на одной линии. Для группы крепежных деталей (винт, гайка, шайба) и группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключающей различное понимание, допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением позиций.

Для обозначения швов неразъемных соединений используют условные знаки, наносимые на линию-выноску (пайка - полукруг, склеивание - буква К, сварка - без знака, линия-выноска везде со стрелкой на одном конце, - у шва, и на другом конце с окружностью 3...4 мм с указанием ссылки на пункт технических требований, например, п.2 "Пять ПОССу-61-05 ГОСТ 1499-72"). При необходимости маркировки и клеймения изделия место нанесения отмечают точкой и соединяют с окружностью 10...15 мм (маркирование) или равносторонним треугольником высотой 10...15 мм (клеймение). На сборочном чертеже изделия над основной надписью обычно помещают текстовую информацию о технических требованиях к изделию. Сам заголовок "Технические требования" не пишут за исключением случая, когда на свободном поле чертежа надо еще указать и "Техническую характеристику". Оба заголовка не подчеркивают. При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе.

Технические требования на сборочном чертеже РЭА излагают, группируя однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в следующем порядке:

- а) размеры, предельные отклонения размеров, массы и формы;
- б) требования к электрическому монтажу;
- в) требования к приклейке, стопорению винтов, установке элементов;
- г) требования к маркированию и клеймению;
- д) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Ниже приводится пример технических требований на ФЯ Ш поколения.

1. *Размеры для справок
 2. Пять ПОС-61 ГОСТ 21931-76
 3. Установку элементов производить по ОСТ 4Г 0.010.030
 - поз. 30...58, 72, 75 - по варианту Па;
 - поз. 77 - по варианту Уа-П;
 - поз. 78 - по варианту Уа-1;
 - поз. 80 - по варианту УПа-П.
- Остальные элементы устанавливать по чертежу.
4. Элементы поз. 50...60, 70, 72, 77, 78 крепить к плате мастикой ЛН по ОСТ 4 Г 0.029.004.
 5. Первый вывод микросхемы должен быть совмещен с отверстием в плате, имеющим контактную площадку с "усиком".
 6. Выводы транзисторов поз. 77, 78 изолировать трубками поз. 85, 86.
 7. Схемные обозначения элементов маркировать шрифтом 2 по НО.010.007 симметрично относительно контура элемента краской МКЭ-4 черный, Т-Н, по ЮГО.054.022-на светлом фоне, краской ЭП-572, белый, Т-Н на темном фоне.
 - Маркировка элементов поз. 30...40 показана условно.
 8. Печатные проводники не показаны.
 9. Общие технические требования по ОСТ 4Г 0.070.015.
- На рис. 5 приведен сборочный чертеж функциональной ячейки с фрагментами технических требований. В приложении дан выборочный перечень нормативных документов, необходимых для составления технических требований.

3.3. ОФОРМЛЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ

Спецификация по ГОСТ 2.102-68 ЕСКД определяется как документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация является основным конструкторским документом для них и необходима для их изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. Спецификация является текстовым документом и выполняется на отдельных листах формата А4 с полной (на первом листе) и неполными формами (на последующих листах) основной надписи.

В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым частям. Например, в спецификацию

блока РЭА в качестве сборочных единиц будут входить функциональные ячейки со своими десятичными номерами, а в специфика-

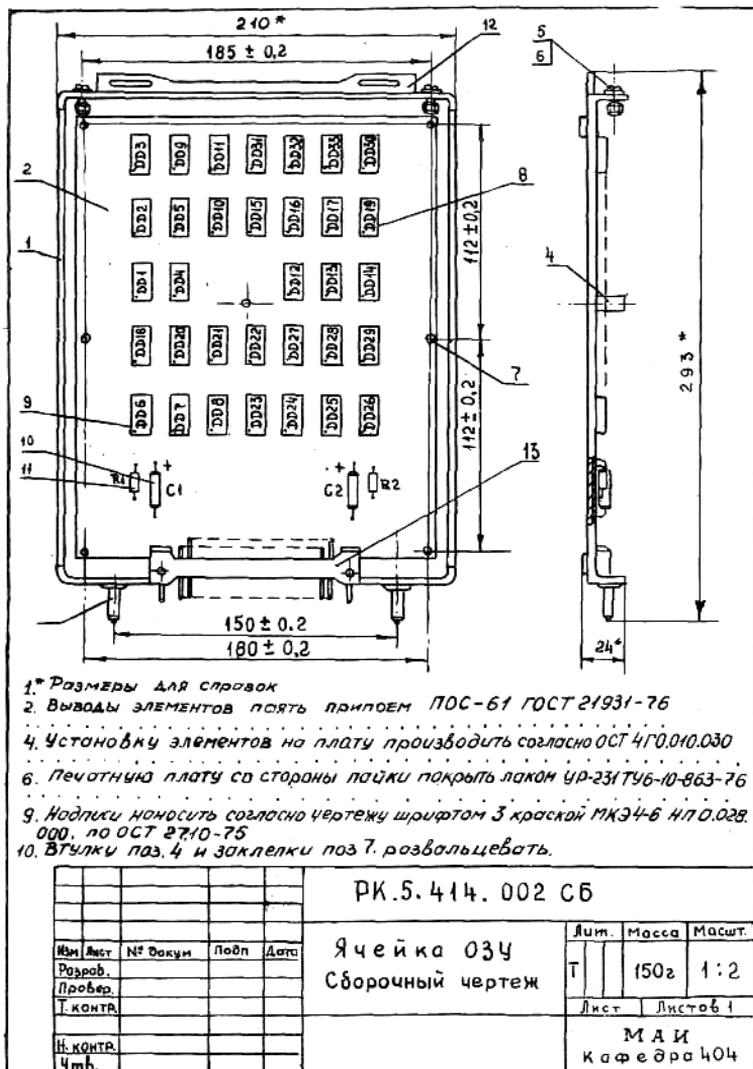


Рис. 5

ции этих же функциональных ячеек - в качестве прочих изделий микросхемы с обозначениями своих технических условий (ТУ), плата, как деталь, с обозначением своего десятичного номера и др. изделия, материалы.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, располагаемых в такой последовательности

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наименование каждого раздела указывают в графе "Наименование" и подчеркивают.

В раздел "Документация" вносят документы, соответствующие основному комплекту конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации, а также документы основного комплекта записываемых в спецификацию неспецифицируемых составных частей (деталей), кроме их рабочих чертежей. Документы записывают так: сборочный чертеж (СБ), электрические схемы (Э1, Э2 или Э3), перечень элементов к электрической принципиальной схеме (ПЭЗ), пояснительная записка (ПЗ), технические условия (ТУ), эксплуатационные и ремонтные документы (по ГОСТ 2.601-68 и ГОСТ 2.602-68 ЕСКД).

В разделы "Комплексы", "Сборочные единицы" и "Детали" вносят указанные составные части изделия, непосредственно входящие в специфицируемое изделие, с указанием их десятичных номеров в алфавитном порядке сочетания начальных знаков (букв), индексов организаций разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначения изделий. Децимальные номера записывают в колонке "Обозначение" (для документации после десятичного номера добавляют шифр документа, например, для электрической принципиальной схемы Э3).

В разделе "Стандартные изделия" записывают вначале изделия, выпущенные по ГОСТам, республиканским стандартам, далее по отраслевым и стандартам предприятий (СТО). В пределах каждой группы запись проводят по однородным группам; в пределах каждой однородной группы - в алфавитном порядке наименования изделий, в пределах

каждого наименования - в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта - в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В разделе "Прочие изделия" чаще всего для РЭА указывают микросхемы и другие активные и пассивные электро радиоэлементы (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы, переключатели, реле, соединители и др.), которые выпускаются промышленностью по техническим условиям, каталогам и прейскурантам, т.е. за исключением стандартных. Запись изделий проводят по однородным группам, в пределах каждой группы: в алфавитном порядке - наименования изделий, а в пределах каждого наименования - в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел "Материалы" записывают материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

Графы спецификации заполняют следующим образом:

а) в графе "Формат" указывают форматы документов, обозначения которых записаны в графе "Обозначение". Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляют звездочку, а в графе "Примечание" перечисляют все форматы. Для документов, записанных в разделах "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы" графу не заполняют.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе пишут БЧ;

б) в графе "Зона" указывают обозначение зоны сборочного чертежа, в которой находится записываемая составная часть (если чертеж разбит на зоны по ГОСТ 2.104-68 ЕСКД);

в) в графе "Поз." указывают порядковые номера составных частей в последовательности записи их в спецификации. Для разделов "Документация" и "Комплекты" графу не заполняют;

г) в графе "Обозначение" для раздела "Документация" приводят обозначение записываемых документов на изделие с указанием его шифра, в разделах "Комплексы", "Сборочные единицы", "Детали" и "Комплекты" - десятичные номера изделий; в разделах "Стандартные изделия", "Прочие изделия" и "Материалы" графу не заполняют; заполнение остальных граф спецификации достаточно ясно и не подлежит детальному изложению. На рис. 6 и 7 в качестве примеров приведены спецификации на ФЯ Ш поколения и условный радиоэлектронный блок.

Спецификацию сборочных единиц, выполненных на листах формата А4, допускается составлять со сборочным чертежом в обычной записи, при этом сборочному чертежу, совмещенному со спецификацией, шифр не присваивают.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A2			РК 5.414.002 СБ	Сборочный чертеж		
A2			РК 5.414.002 ЭЗ	Схема электрическая		
				принципиальная		
A4			РК 5.414.002 ПЭЗ	Перечень элементов		
				<u>Детали</u>		
A2	1		РК 7.414.001	Рамка	1	
ж	2		РК 7.414.002	Плот	1	* А7*2
A4	3		РК 7.414.003	Штырь-ловитель	2	
A4	4		РК 8.414.004	Втулка упорная	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Винт небылоподный	2	
				M5x0,5 ГОСТ 17473-80		
		6		Шайба 5.65Г.016	2	ГОСТ 11571-78
		7		Защелка пустотелая	7	
				ГОСТ 12638-80		
				<u>Прочие изделия</u>		
		8		Микросхемы К155		
				ИЕ 3.038.006ТУ		
				К155 АР1	14	Д.В.3.038.006
				К155 АА2	2	Д.В.3.038.006
				К155 АА3	3	Д.В.3.1.0333
		9		Микросхема К134ТВ1	14	Д.В.6.008
				БК 0.347.326ТУ		Д.В.18.0028
		10		Конденсатор К73-9-220кВ	2	С1, С2
				-100к ± 10% -Т		
				ОЖ 0.467.087ТУ		
		11		Резистор С2-33-0,125-		R1, R2
				-200 Ом ± 10%		
				ОЖ 0.467.093ТУ		
		12		Колодка контрольная	1	X51
				ОСТ 47.0.010.009		
		13		Колодка контрольная	1	
				ОЖ 0.467.093ТУ		
				<u>Материалы</u>		
				Лак УР-231ТУ-10-863-76	50г	
				Припой ЛК-61 ГОСТ 21931-76	60г	
				Концы для ГОСТ 19113-73	52	
				Краска МЭ-6 белая		
				ТУ 2-02-238-78	10г	

				РК 5.414.002			
				Функциональная ячейка			
Изм.	Исполн.	Провер.	Дата	Лист	Искл.	Исправл.	
				3			1
				МАИ кафедра 404			

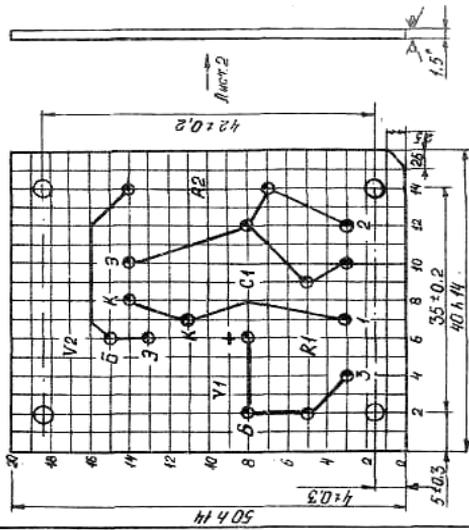
Рис. 6

501 (✓)

РК 7.320.003

Условие изготовления	Диаметр стержня, мм	Диаметр закладной сетки, мм	Наименование марки бетона	Диаметр кон. стержня, мм	Количество стержней
⊕	3,0	—	БЕЗ МЕТРА.	—	4
⊕	$1^{+0,1}$	$1,5 \cdot 70^\circ$	МЕТРА.	2,5	1^2
⊕	$1,5^{+0,1}$	$1,8 \cdot 70^\circ$	МЕТРА.	3,0	4

Стеклопакетный элемент



1. Листа изготавливать конвейерным методом.
2. Шаг конвейерной сетки 2,5 мм.
3. Конфигурация проволочной обвязки должна по кардинальной сетке.
4. Проводники, установка обозначенные сплошными линиями, выкатываем линейной 0,9 ± 0,3 мм.
5. Расстояние между проволочками не менее 0,3 мм.
6. Допускается в узлах сетки изменение контактных площадок от 0,5 мм.
7. * Размер для слепка
8. Проводники должны иметь толщину проволоки 2,5 мм.
9. Маркировку выкатывать требуется шрифтом ГОСТ по ИСО 9001 в узлах сетки шрифтом 2.
10. Листа должны соответствовать ГОСТ 23178-79.

Рис. 8

3.4.

3.4. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Чертеж печатной платы оформляется согласно ГОСТ 2.417-78 в масштабах 1:1, 2:1, 4:1, 5:1, 10:1. На поле чертежа располагаются: вид платы с печатными проводниками, отверстиями и размерами таблицы, технические требования (рис. 8).

Чертеж печатной платы может выполняться как с координатной сеткой, так и без нее. Координатная сетка используется в случае, когда указание размеров проводников и других печатных элементов затруднено из-за их сложности или большой плотности изображений.

Шаг координатной сетки выбирается равным 1,25 или 2,5 мм в соответствии с шагом расположения выводов корпусов микросхем. За начало координат принимают центр крайнего левого нижнего отверстия либо левый нижний угол платы. В целях разрежения сетки ее можно наносить через одну линию, указав в технических требованиях "Линии сетки условно нанести через одну".

Контактные и монтажные отверстия, расстояния между которыми кратны шагу координатной сетки, располагают в ее узлах. Группы отверстий, центры которых не совпадают с узлами координатной сетки, изображают на выносном элементе с размерами от их общего центра (рис. 9).

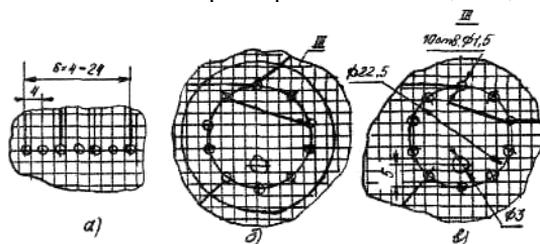


Рис. 9

Отверстия на чертеже изображаются упрощенно в виде одной окружности (без зенковки и контактной площадки). Группы одинаковых отверстий маркируются условными обозначениями (рис. 10). Размеры отверстий, их количество, наличие зенковки, металлизации, контактных площадок и условное обозначение рекомендуется помещать в таблице на поле чертежа. Форма таблицы приведена на рис. 11. Данные для ее заполнения для плат толщиной 1,5 - 2,0 мм приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр вывода элемента, мм	Диаметр отверстий в плате,	Диаметр зенковок с двух	Диаметр контактной площадки,	Диаметр вывода элемента, мм	Диаметр отверстия в плате,	Диаметр зенковок с двух сторон, мм	Диаметр контактной площадки, мм
0,5-0,6	0,8	1,1X70°	2,2	1,3-1,5	1,8	2,2X70°	4,0
0,7-0,8	1,0	1,5x70°	2,5	1,8-2,0	2,2	2,8x70°	5,0
0,9-1,0	1,3	1,8x70°	3,0	2,0-2,2	2,5	3,0X70°	5,5
1,2-1,3	1,5	2,0X70°	3,5	2,4-2,6	2,8	3,2x70°	6,0

Проводники, ширина которых менее 2 мм, изображаются сплошной линией в два раза толще контурной линии. Проводники с шириной более 2 мм штрихуются, либо изображаются сплошной линией, а в технических требованиях при этом отмечается: "Проводники; условно обозначенные сплошными линиями, выполнять шириной ...±... мм".

Технические требования располагаются над основной надписью в такой последовательности:

- а) способ изготовления платы;
- б) обозначение материала токопроводящего слоя или изоляционных участков и толщина слоя;
- в) шаг координатной сетки;
- г) допустимые отклонения очертаний проводников, контактных площадок и других печатных элементов от заданных чертежом;
- д) ширина печатных проводников;
- е) наименьшее расстояние между проводниками;

- ж) требования к подрезке и смещению контактных площадок;
- з) указания о покрытиях;
- и) указания о маркировке и клеймении.

На чертеже печатной платы допускается: наносить позиционные обозначения электро и радиоэлементов; указать сторону установки навесных элементов надписью, помещаемой над изображением; помещать электрическую схему.

Материал печатной платы указывается в соответствующем разделе основной надписи. Выбор материала для печатной платы проводится на основе тщательного рассмотрения его механических и физических свойств с учетом воздействия окружающей среды. Наиболее распространенные материалы для печатных плат и их свойства приведены в табл.3.

3.5. ВЫПОЛНЕНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Топологические чертежи содержат информацию о взаимном расположении слоев, последовательности их нанесения на подложку, материалах, технологических особенностях и др. Комплект топологических чертежей содержит главное изображение подложки со всеми нанесенными на нее слоями и послойные изображения.

Топологические чертежи микросхем выполняют в масштабе не менее 5:1. Топологические чертежи пленочных микросборок целесообразно выполнять в масштабе 10:1 или 20:1, а полупроводниковых ИС - в масштабе 400:1.

На главном топологическом чертеже (рис. 12) элементы, расположенные в разных слоях, выделяют различной штриховкой, которую поясняют в таблице, расположенной на поле чертежа. Количество граф таблицы и ее размеры не регламентируются. Кроме того, на чертеже могут быть таблицы с электрическими характеристиками и данными по изготовлению отдельных слоев. Для сокращения объема графического материала дипломных проектов допускается на главном топологическом чертеже показывать расположение навесных активных и пассивных компонентов и их коммутацию штрихпунктирными линиями.

Технические требования топологических чертежей содержат информацию, размещаемую в последовательности:

- специальные требования к изготовлению подложки; указания о материалах-заменителях;

- требования к выполнению параметров элементов, в том числе ссылка на соответствующие таблицы координат, указанные точности выполнения размеров элементов и т.п.;

- данные о площади нанесения драгоценных металлов;

Таблица 3

Марка Мет-риала	Плотность (без фольги)	Вла-го-по-гло	Удельное электри-ческое		ε при f = 1 МГц	tgδ при f = 1 МГц	Назначение
			$\rho_v, \text{ Ом}^* \text{ м}$	$\rho_s, \text{ Ом}^* \text{ м}$			
ГФ-1-П ГФ-2-П	1.3-1.4	2.9	$4.1 * 10^{11}$	$6.5 * 10^{12}$	5.3	0.034	Широковещательная радио апаратура, работающая в нормальных условиях
ОФ-1 ОФ-2	1.6-1.05	0.3	$1.5 * 10^{12}$	$3 * 10^{14}$	5.2	0.02	Платы с повышенной влагуостойчивостью, теплостойкостью и стабильными диэлектрическими свойствами
ФДМ-1 ФДМ-2	1.55-1.8	1.5	$9 * 10^{11}$	10^{14}	4.7	0.024	Для многослойных печатных плат
ФДМЭ-1 ФДМЭ-2	1.55-1.8	1.8	$8 * 10^{12}$	$3 * 10^{14}$	4	0.02	Для многослойных печатных плат
ФГ-1 ФГ-2	1.2-2.0	0.8	$2 * 10^{12}$	$2 * 10^{13}$	4	0.031	Однослойные и многослойные гибкие печатные платы

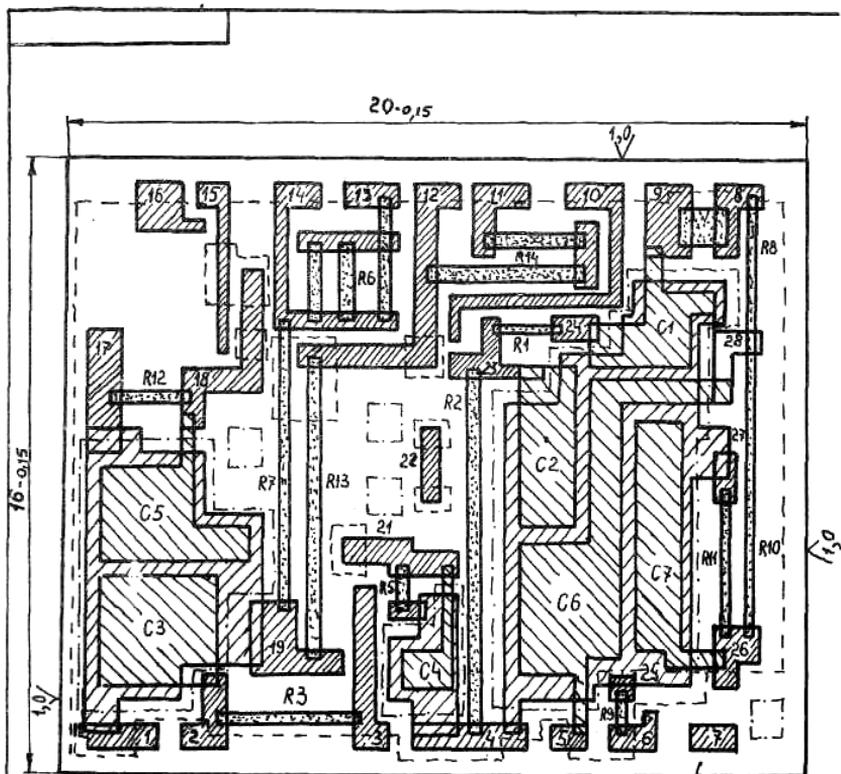


Таблица 2

Поз. обозн.	Точки измерения		Проверяемый номинал		Обознач. мощностей
	После 2 сл.	После 6 сл.	После 2 сл.	После 6 сл.	
R1	23-24	-	3,8 кОм ±15%	-	<0,1
-	-	9-23	-	3,4 кОм ±15%	-
R2	4-23	-	14 кОм ±15%	-	<0,1
-	-	4-23	-	8,9 кОм ±15%	-

1,0
50,6-0,1*

Таблица 3

Емкость чьип в точках		Позиционное обозначение, номинал и допустимое отклонение				
4-9	4-23	C3	C4	C5	C6	C7
1580 нФ ±20%	1310 нФ ±20%	1080 нФ ±20%	300 нФ ±20%	750 нФ ±20%	1200 нФ ±20%	530 нФ ±20%

Таблица 1

Условное обозначение слоя	Наименование слоя	Материал слоя			Электрические характеристики	Метод нанесения	Номер листа чертежа
		Наименование марки	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Очередь нанесения			
	Резистор	Сплав РС 3740	-	-	$R_{\Omega} = 1000 \frac{\text{Ом}}{\%}$	Вакуумное напыление через маску	2
	Проводн. и контакт. площадки	Нихром Х20Н80	ГОСТ 10994-74	1	$R_{\Omega} \leq 0,1 \frac{\text{Ом}}{\%}$	То же	3
		Золото Эп 999,9	ГОСТ 6835-72	2			
	Нижняя обкладка концов.	Титан ВТ-8	АМУ-475-2-69	1	$R_{\Omega} \leq 0,2 \frac{\text{Ом}}{\%}$	»	4
		Алюминий А99	ГОСТ 618-73	2			
	Диэлектрик	Боросиликатное стекло	ЕТО. 035.015ТУ ТУ11-76	-	$C_0 = 5000 \frac{\text{пФ}}{\text{см}^2}$	»	5
	Верхняя обкладка конденс.	Алюминий А99	ГОСТ 618-73	-	$R_{\Omega} \leq 0,2 \frac{\text{Ом}}{\%}$	»	6
	Защитный слой	Фоторезист, негативный ФН-11	ТУ6-74-631-78	-	-	Фотолаитография	7

- * Размеры для справок
1. Элементы слоев выполнять по координатам, приведенным в таблицах на соответствующих листах. Координаты даны в масштабе чертежа.
 2. Площадь напыления золота 45 мм^2 , толщина напыления $0,4 \div 0,5 \text{ мкм}$.
 3. Внешний вид платы должен соответствовать требованиям инструкции 005.021.
 4. Характеристики отдельных слоев приведены в табл. 1 и 2.
 5. Значения электрических сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов должны соответствовать данным, указанным в табл. 3.
 6. Номера контактных площадок и обозначения элементов показаны условно и соответствуют схеме электрической принципиальной.

Продолжение рис. 12

требования к внешнему виду;

характеристики и данные по изготовлению отдельных слоев или элементов, которые должны быть сведены в таблицу; данные и указания по проверке параметров элементов;

указание о том, что обозначение контактных площадок и элементов является условным.

Чертеж на отдельный слой содержит конфигурацию элементов данного слоя с указанием геометрических размеров. Геометрические размеры элементов и их расположение могут задаваться координатным методом в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68. "Нанесение размеров и предельных отклонений". Числовые характеристики координат оформляются в виде таблицы, располагаемой на поле чертежа. Если таблица содержит большой объем информации, то ее можно оформлять на отдельных листах II формата.

При простой конфигурации элементов слоя и их разреженности на поле платы проводится сквозная нумерация всех координат. Нумерацию в пределах элемента начинают с левой нижней вершины и проводят по часовой стрелке. Нумерацию вершин в пределах слоя - с левого нижнего элемента снизу вверх и слева направо. Допускается на каждом элементе отмечать номер только левой нижней координаты (рис. 13).

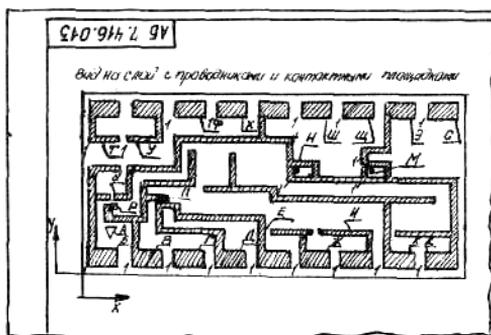


Рис. 13

При большом количестве элементов слоя рекомендуется обозначать каждый элемент (буквами или цифрами) (рис. 13) и нумерацию проводить в пределах каждого элемента. В таблице координаты, принадлежащие разным элементам, разделяются утолщенной линией (рис. 14).

Координаты точек к листу № 3							
Элементы системы	Номер точки	Координаты, мм		Элементы системы	Номер точки	Координаты, мм	
		x	y			x	y
А	1	0,6	0,8	В	6	0,65	1,2
	2	0,5	1,0		7	1,5	1,2
	3	0,7	1,0		8	1,3	1,9
Б	1	0,25	0,15		9	2,3	1,9
	2	0,25	2,2		10	2,3	2,5
	3	0,9	2,2		11	2,4	2,5
	4	0,9	2,1		12	2,4	1,8
	5	0,35	2,1		13	1,4	1,8
	6	0,35	1,65		14	1,4	1,6
	7	0,6	1,65		15	1,7	1,6
	8	0,6	1,55		16	1,7	1,5
	9	0,35	1,55		17	1,4	1,5
	10	0,7	0,5		18	1,4	1,05
11	0,8	0,5	19		1,2	1,05	
12	0,8	0,15	20		1,6	0,5	
В	1	1,1	0,15	21	1,7	0,5	
	2	1,1	1,05	22	1,7	0,15	
	3	0,55	1,05	1	2,0	0,15	
	4	0,55	1,5	2	2,0	0,5	
	5	0,65	1,5	3	и так далее		

Изм.	Лист	№ докум.	Листы	Дата	А5 7.416.013 Т5		
Подоб.					Изд.		Август
Продер.					7	6	
У.компр.					Таблица		
И.компр.							
Утв.							

Рис. 14

3.6. ОФОРМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ РЭА

Схема - это документ, в котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Электрические схемы составляются на всех стадиях разработки конструкторской документации.

Классификация электрических схем по ГОСТ 2.701-76 приведена в табл. 4.

Таблица 4

Наименование схемы	Тип схе-	Шифр схемы	Наименование схемы	Тип схе-	Шифр схемы
Структурная	1	Э1	Общая	6	Э6
Функциональная	2	Э2	Расположения	7	Э7
Принципиальная	3	Э3	Прочие	8	Э8
Соединений	4	Э4	Объединенная	0	Э0
Подключения	5	Э5			

Шифр схемы состоит из буквы, определяющей вид схемы (О), и цифры, определяющей тип схемы.

Схемы цифровой вычислительной техники согласно СТ СЭВ 527-77 имеют трехзначные цифровые шифры: 101 - структурная, 102 - функциональная, 201 - принципиальная, 202 - эквивалентная, 301 - соединений, 303 - подключения, 401 - расположения.

Структурная, функциональная и принципиальная электрические схемы отражают физические процессы, протекающие в изделиях, с разъяснением средств, обеспечивающих тот или иной процесс.

Схемы электрических соединений, подключений, общая и расположения отражают взаимное расположение отдельных частей изделия и связь между ними.

Основные правила выполнения электрических схем изложены в ГОСТ 2.702-75.

Каждый тип электрических схем оформляется в виде самостоятельного конструкторского документа (КД). Однако допускается выполнение совмещенных схем. Совмещенные электрические схемы могут объединять следующие типы: принципиальная и соединений, соединений и подключений. Наименование и шифр совмещенной схемы присваивают по типу схемы, имеющей меньший порядковый номер.

Элементы схем изображаются в виде условных графических обозначений (УГО) согласно ГОСТ 2.721-74...ГОСТ 2.759-82 в условном

масштабе. Увеличение или уменьшение размеров элементов осуществляется произвольно, но пропорционально для всех элементов данной схемы.

Расстояние между отдельными графическими обозначениями не должно быть менее 2 мм.

Линии электрической связи изображают в виде горизонтальных и вертикальных отрезков, имеющих наименьшее число изломов и пересечений. Допускается применять наклонные линии связи по возможности небольшой длины.

В общем случае толщина линий связи и графических обозначений одинакова (рекомендуемая толщина 0,3...0,4 мм). Утолщенными линиями изображают линии групповой связи (линии, условно изображающие группу линий электрической связи: проводов, кабелей, шин, следующих в схеме в одном направлении). Толщина линий групповой связи вдвое больше принятой для изображения линий связи и УГО толщины.

Расстояние между линиями связи не менее 3 мм. Если линии связи затрудняют чтение схемы, их можно оборвать, закончив стрелкой, и указать обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, наименование сигнала, условное обозначение буквой, цифрой).

Около графических обозначений (справа или сверху) или на свободном поле схемы, по возможности над основной подписью, допускается помещать различные технические данные (например, номинальные, значения параметров элементов, диаграммы, таблицы, текстовые указания) .

3.6.1. Схемы электрические структурные

Структурная электрическая схема (Э1) определяет основные функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы), их назначение и связи.

Все функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или УГО с указанием типа элемента (устройства) и (или) обозначения документа, на основании которого этот элемент (устройство) применен.

При большом числе функциональных частей изделия вместо наименований, типов и обозначений допускается проставлять порядковые номера справа от изображения или под ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо с их расшифровкой в таблице, помещаемой на схеме.

На схеме допускаются поясняющие надписи, диаграммы, таблицы, указания параметров в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов), математические зависимости и т.п.

Графическое построение схемы должно давать наглядное представление о взаимодействии функциональных частей изделия. Последовательность протекания процессов в изделии рекомендуется обозначать стрелками на линиях электрических связей.

Фрагмент структурной схемы с изображением функциональных частей изделия в виде прямоугольников приведен на рис. 15; в виде условных графических обозначений - на рис. 16.

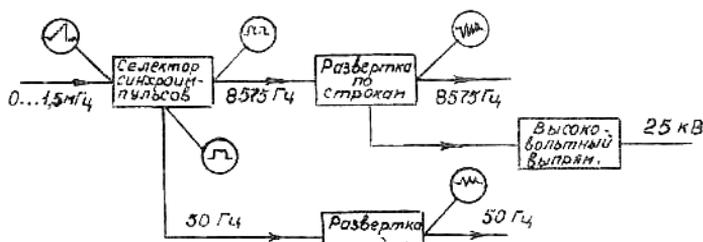


Рис. 15

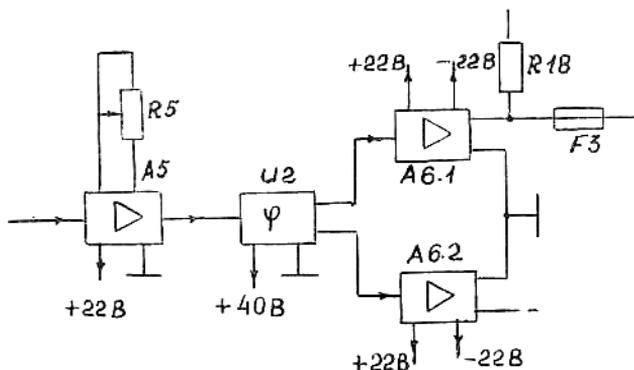


Рис. 16

Пример оформления структурной электрической схемы как конструкторского документа дан на рис. 17.

Условные обозначения элементов структурных и функциональных схем согласно ГОСТ 2.710-81 приведены в табл. 5.

3.6.2. Схемы электрические функциональные

Функциональная схема (Э2) - документ, разъясняющий определенные процессы в изделии в целом или в отдельных его функциональных частях. По сравнению со структурной схемой функциональная схема более подробно раскрывает функции отдельных элементов и устройств.

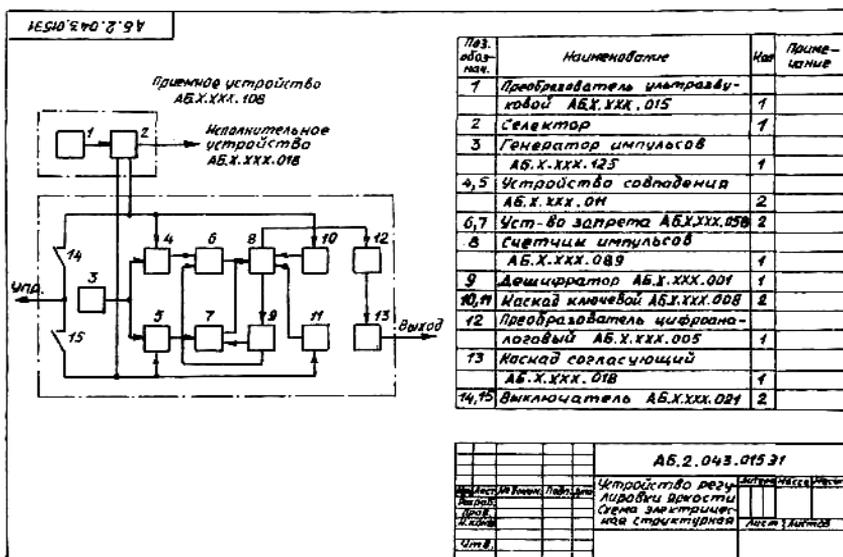


Рис. 17

Функциональные части изделия на функциональных схемах можно изображать в виде УГО или в виде прямоугольников с указанием:

- позиционных обозначений функциональных групп, устройств, элементов, присвоенных им на принципиальной электрической схеме, и (или) их наименований;
- типов функциональных групп, устройств и элементов;
- обозначений документов, на основании которых функциональные части применены;
- технических характеристик функциональных частей;
- поясняющих надписей, диаграмм, таблиц, параметров в характерных точках.

Эти сведения приводятся выборочно в объеме, необходимом для наиболее полного и наглядного представления о последовательности процессов, иллюстрируемых схемой.

Т а б л и ц а 5

Наименование	Обозначение	Графическое обозначение	Наименование	Обозначение	Графическое обозначение	Наименование	Обозначение	Графическое обозначение
Устройство (общее обозначение)	A		Усилитель постоянного тока	A		Делитель частоты	U	
Генератор синусоидальный	G		Ограничитель	ZL		Детектор амплитудный	U	
Генератор синусоидальный управляемый	G		Усилитель - ограничитель	A		Детектор амплитудный	U	
Преобразователь частоты	U		Фазовращатель	U		Модулятор и демодулятор частотный	U	
Цифровой частоты	U		Выпрямитель	U		Модулятор и демодулятор фазовый	U	
Усилитель	A		Фильтр верхних частот	Z		Частотный детектор	U	
Усилитель	A		Фильтр нижних частот	Z		Частотный детектор	U	
Усилитель, регулируемый	A		Полосовой фильтр	Z		Фазовый детектор	U	
Усилитель, регулируемый	A		Двухсторонний фильтр	Z		Генератор кварцевый	G	
Усилитель переменного тока	A		Фильтр кварцевый	ZQ		Генератор импульсный	G	
			Линия задержки	A		Коммутатор	A	

На функциональных схемах таблица перечня устройств и элементов не выполняется, если функциональная схема разрабатывается совместно с электрической принципиальной. В этом случае для изучения процессов, протекающих в функциональных частях изделия, используются данные, приведенные на электрической принципиальной схеме.

Пример оформления электрической функциональной схемы дан на рис. 18.

3.6.3. Схемы электрические принципиальные

Схема электрическая принципиальная (ЭЗ) определяет полный состав элементов и связи между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия. На ней изображают все элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии электрических процессов, все электрические связи между ними, а также элементы (соединители, зажимы и т.п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Правила выполнения электрических принципиальных схем. Электрические принципиальные схемы выполняются для изделий, находящихся в отключенном состоянии.

Элементы схем показывают условными графическими обозначениями, установленными стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.721...2.756). Примеры условных графических обозначений приведены в табл. 6.

Элементы и устройства изображают на электрических схемах совмещенным или разнесенным способом.

По совмещенному способу составные части элементов (например, контакты реле) изображают совместно, в непосредственной близости друг к другу.

При разнесенном способе элемент изображается по частям в различных местах схемы. Использование разнесенного способа изображения элементов упрощает начертание схем и их чтение.

Если элементы в схеме используются не полностью, то допускается изображение только задействованных частей.

На схеме электрической принципиальной указывают обозначения выводов (контактов) элементов или устройств, нанесенные на изделие (обозначение выводов трансформатора) или установленные в их документации (обозначение выводов интегральной микросхемы). Однако при изображении одинаковых элементов (устройств) обозначение выводов допускается указывать лишь на одном из них.

Схемы рекомендуется выполнять строчным способом: условные графические обозначения устройств и их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой,

Т а б л и ц а б

Наименование	Обозначение	Графические обозначения	Наименование	Обозначение	Графические обозначения	Наименование	Обозначение	Графические обозначения
Конденсатор постоянной емкости	C		Дроссели	L		Фототранзистор	VT	
Конденсатор электролитический полярный	C		Резистор	R		Полупроводниковый транзистор	VT	
Конденсатор электролитический неполярный	C		Переменный резистор	R		Светодиод	HL	
Конденсатор переменной емкости	C		Подстроечный резистор	R		Оптический диодный	U	
Основное поле логического элемента	DD		Коммутатор	SA		Антенна	WA	
Основное поле с дополнительными полями	DD		Диод полупроводниковый	VD		Соединение разъемное	X	
Предохранитель	F		Стабилитрон	VD		Соединение разъемное контактное	X	
Реле	KA		Диод туннельный	VD		Элемент резистивный	ZQ	
Катушка индуктивности	L		Транзистор	VT		Корпус		

а отдельные цепи рядом - в виде параллельных горизонтальных или вертикальных строк.

Используется два способа изображения схем: многолинейное и однолинейное. При многолинейном изображении (рис. 19,а) каждую цепь показывают отдельной линией, а элементы - отдельными условными графическими обозначениями. При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, заменяют одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним условным графическим обозначением (рис. 19,б). Допускается сливать в одну линию несколько электрически не связанных линий (рис. 20). В этом случае каждую линию в месте слияния, а при необходимости на обоих концах, помечают условными обозначениями (цифрами, буквами или сочетаниями цифр и букв).

Для обозначения условий эксплуатации около УГО элементов помещают соответствующие надписи, знаки или символы. Если эти надписи и

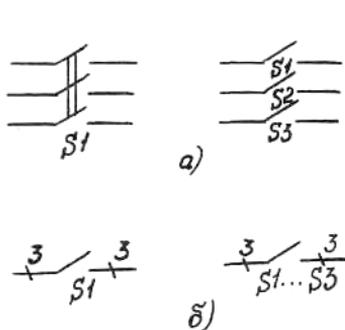


Рис. 19

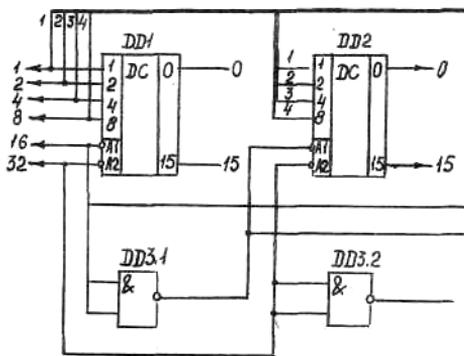


Рис. 20

обозначения должны быть нанесены на изделие, то их заключают в кавычки (например, надписи "Сеть", "I27B", "220B").

На схеме указывают характеристики входных цепей, изделий (частоту, напряжение, силу тока, сопротивление и т.п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах; гнездах и в контрольных точках (рис. 21).

Характеристики входных и выходных цепей, а также адреса их внешних подключений, рекомендуется записывать в таблицы по форме, приведенной на рис. 22. Адрес внешнего соединения "= A1-X1:3", записанный в таблице, означает, что выходной контакт изделия должен быть соединен с третьим контактом соединителя XI устройства A1.

Таблицы помещают вместо условных графических обозначений входных и выходных элементов - соединителей, плат и т.д. Таблицам присваивают позиционные обозначения элементов, которые они заменяют. При отсутствии тех или иных сведений из таблицы могут быть исключены соответствующие графы (например, адрес на рис. 23) и введены дополнительные графы. Если на схеме несколько таких таблиц, головку таблицы можно приводить только один раз. Порядок расположения контактов в таблице определяется удобством построения схемы. На поле электрической принципиальной схемы допускается помещать указания о марках, сечениях и расцветках проводов и кабелей, соединяющих элементы, устройства, функциональные группы, а также указания о специфических требованиях к электрическому монтажу данного изделия.

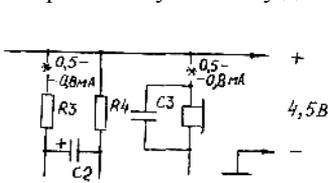


Рис. 21

X1

Конт.	Цель	Адрес
1	$\Delta f = 0.3 \dots 3 \text{ кГц}; R_H = 600 \text{ Ом}$	= A1-X1:1
2	$U_{\text{вых}} = 0.5 \text{ В}; R_H = 600 \text{ Ом}$	= A1-X1:2
3	$U_{\text{вых}} = +60 \text{ В}; R_H = 500 \text{ Ом}$	= A1-X1:3
4	$U_{\text{вых}} = +20 \text{ В}; R_H = 1 \text{ кОм}$	= A1-X1:4

Рис. 22

Позиционные обозначения. Всем элементам, устройствам и функциональным группам изделия, изображенным на схеме, присваиваются

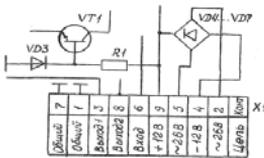


Рис. 23

позиционные обозначения, содержащие информацию о виде элемента (устройства, функциональной группы) и его порядковом номере в пределах данного вида.

Позиционное обозначение в общем случае состоит из трех частей, имеющих самостоятельное смысловое значение.

В первой части указывают вид элемента (устройства, функциональной группы) одной или несколькими буквами согласно ГОСТ 2.710-81 (например, R - резистор, С - конденсатор, BS - звукосниматель), во второй части - порядковый номер элемента (устройства, функциональной группы) в пределах данного вида (R1, R2, ..., R15, CI, C2, ..., CI2), в третьей части до-

пускается указывать функциональное назначение с помощью буквенного кода (например, С4J - конденсатор С4, выполняющий функции интегрирования).

Порядковые номера присваивают, начиная с единицы, в пределах группы с одинаковыми позиционными обозначениями в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме, считая сверху вниз в направлении слева направо.

Позиционные обозначения проставляют рядом с условным графическим обозначением элементов с правой стороны или над ними. При изображении на схеме элемента (устройства, функциональной группы) разнесенным способом, позиционные обозначения проставляют около каждой части (рис. 24).

Если поле схемы разбито на зоны, то позиционное обозначение составных частей элементов, выполненных разнесенным способом, включает обозначение зон, в которых изображены все остальные составные части элемента или устройства. Их указывают в скобках под позиционным обозначением или справа от него (рис. 24).

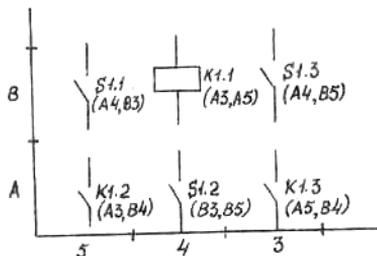


Рис. 24

Элементам, входящим в функциональные группы, присваивают позиционные обозначения по общим правилам. Если в изделии несколько функциональных групп, позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из этих групп, повторяют в последующих.

Элементам, входящим в устройства, присваивают позиционные обозначения в пределах каждого устройства.

В некоторых случаях около условных графических и позиционных обозначений указывают номиналы резисторов и конденсаторов.

Перечень элементов. Все сведения об элементах, входящих в состав изделия и изображенных на схеме, записывают в перечень элементов, который помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

В первом случае перечень оформляют в виде таблицы (рис. 25), как правило, над основной надписью, на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Во втором случае перечень элементов выполняют на формате А4 с присвоением шифра, состоящего из буквы П (перечень) и шифра

схемы, к которой выпускается перечень (ПЭЗ - перечень элементов к схеме электрической принципиальной).

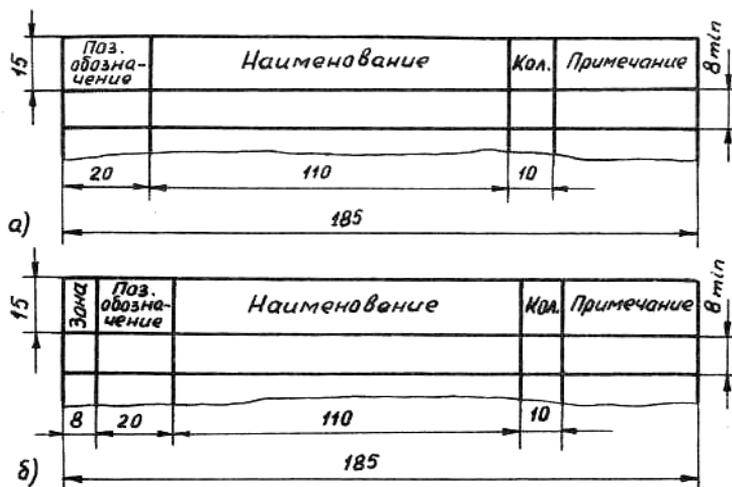


Рис. 25

В графах перечня указывают следующие данные:

- в графе "Поз. обозначение" - позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;
- в графе "Наименование" - наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, а также обозначение этого документа (основной конструкции документ: ГОСТ, ТУ);
- в графе "Примечание" - указание технических данных элемента, не содержащихся в его наименовании;
- в графе "Зона" - обозначение зоны, если поле схемы разбито на зоны.

Элементы записывают в перечень группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров. Элементы одного типа с одинаковыми электрическими параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графу "Поз. обозначение" вписывают только позиционные обозначения с наименьшими и наибольшим порядко-

вами номерами (например, С8,...,С12), а в графу "Кол." - общее количество таких элементов.

Наименование одинаковых элементов и документов, на основании которых эти элементы применены, записывают в виде общего заголовка один раз на каждом листе перечня и подчеркивают.

Наименования элементов устройств или функциональных групп записывают в перечень, начиная с наименования устройства (функциональной группы), которое подчеркивают. В графе "Кол." указывают количество одинаковых устройств (функциональных групп), изображенных на схеме.

Позиционные обозначения элементов, параметры которых подбираются при регулировке, отмечают на схеме и в перечне звездочкой (например, R*), на поле схемы помещают запись: "Подбирают при регулировании". В перечне указывают наименование и параметр элемента, близкого к расчетному. Пример оформления схемы электрической принципиальной приведен на рис. 26.

4. ОФОРМЛЕНИЕ СХЕМ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ

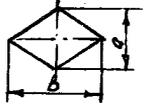
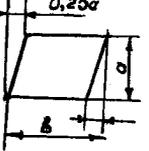
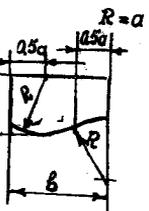
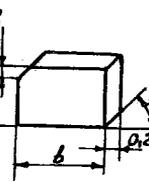
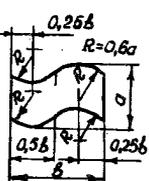
Схемы алгоритмов и программ выполняются по ГОСТ 19.002-80 ЕСПД, который полностью соответствует международному стандарту ЖЮ 2636-73. Для отражения основных операций процесса обработки данных и программирования должны использоваться условные графические обозначения (УГО) (символы), установленные ГОСТ 19.003-80 ЕСПД, которые соответствуют международному стандарту ИСО 1028-73. Сокращенный перечень УГО алгоритмов и программ приведен в табл. 7.

В УГО приняты размеры: $a = 10, 15, 20$ мм; $v = 1,5$. Если необходимо увеличить размер схемы, то допускается а увеличивать на число, кратное 5.

УГО соединяются линиями потока информации. Линии потока информации и линии контуров УГО должны иметь одинаковую толщину. Основное направление потока информации идет сверху вниз и слева направо (стрелки на линиях не указывают). В других случаях применение стрелок и специальных начертаний обязательно.

Линии потока информации разрешается разрывать при переходе к УГО, расположенным на других листах схемы, используя УГО "Межстрочный соединитель" или указывая рядом с обрывом линий потока адресные ссылки типа "Лист 010" и др.

Внутри УГО и рядом с ними делают записи и обозначения (для уточнения выполняемых ими функций) так, чтобы их можно было читать

Наименование	Обозначение и размеры в мм	Функция
1. Процесс		<p>Выполнение операции или группы операций, в результате которых изменяется значение, форма представления или расположение данных.</p>
2. Решение		<p>Выбор направления выполнения алгоритма или программы в зависимости от некоторых переменных условий.</p>
3. Ввод-вывод.		<p>Преобразование данных в форму, пригодную для обработки (ввод) или отображения результатов обработки (вывод).</p>
4. Документ		<p>Ввод-вывод данных, носителем которых служит бумага.</p>
5. Карта перфокарт		<p>Отображение набора перфокарт</p>
6. Перфолента		<p>Ввод-вывод данных, носителем которых служит перфолента.</p>

слева направо и сверху вниз независимо от направления потока. Записи выполняются рукописно чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

Порядковые номера проставляют в верхней части УГО в разрыве его контура.

Особое положение в схемах занимает УГО "Решение", с помощью которого указывают на схемах альтернативные пути ветвления отображаемых процессов. При числе исходов не более трех признаков условие (Да, нет, =, >, <) представляют под каждой выходящей линией потока или справа от линии потока.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги размером 210 x 297 мм (или близких к указанному формату), как правило, рукописным способом • на одной или двух сторонах листа чернилами (тушью, пастой) черного, синего или фиолетового цвета. Общий объем записки не должен превышать 120 страниц.

Размеры полей листа должны быть следующими: верхнего и нижнего - (20...25)мм, левого - (25...30) мм, правого - (10...15) мм. Абзацный отступ должен быть равен трём - пяти буквам.

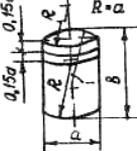
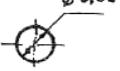
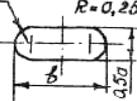
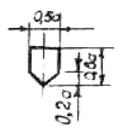
Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-68 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Для этого необходимо соблюдать следующие требования:

1. Изложение записки должно вестись в безличной форме. Применение личных местоимений недопустимо.

2. Общее оформление записки должно быть аккуратным, без исправления, зачеркиваний и помарок. Текст должен быть написан разборчивым почерком.

3. Текст пояснительной записки разделяется на разделы и под разделы с чётко сформулированными заголовками. Заголовки разделов должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки со сквозной нумерацией их арабскими цифрами с точкой. Под разделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела должен состоять из номера раздела и номера под раздела, разделенных точкой, например, "2,3" - третий подраздел второго раздела.

Каждая строка заголовка раздела или подраздела должна иметь по возможности законченный смысловой характер.

Наименование	Обозначение и размеры в мм	Функция
7. Магнитная лента		Ввод-вывод данных, носителем которых служит магнитная лента
8. Магнитный диск		Ввод-вывод данных, носителем которых служит магнитный диск
9. Дисплей		Ввод-вывод данных, если непосредственно подключенные к процессу устройство воспроизводит данные и позволяет оператору ЭВМ вносить изменения в процессе их обработки.
10. Соединитель		Указание связи между первыми линиями потока, связывающими символы
11. Пуск-останов		Начало, конец, прерывание процесса обработки данных или выполнения программы
12. Межстраничный соединитель		Указание связи между раздельными частями схем алгоритмов и программ, расположенных на разных листах

Пример неправильного разбиения заголовка по строкам:
"2. Обозначение и расчет структурной схемы радиочастотного тракта передатчика".

4. Аббревиатура (сокращение по первым буквам слов, например, МПП - многослойная печатная плата) в тексте (кроме общепринятой) должна раскрываться при первом использовании; Если сокращений много, их надо вынести на отдельный лист с заголовком "Принятые сокращения", дав при этом соответствующую расшифровку. Указанный лист брошюруется после "Содержания".

5. Результаты расчетов следует приводить с указанием исходного выражения в принятой системе буквенных обозначений, а затем - с подстановкой всех числовых исходных данных и полученного результата. Буквенные обозначения необходимо расшифровывать.

При наличии нескольких формул они должны иметь сквозную, в пределах раздела, нумерацию (арабскими цифрами в круглых скобках), проставляемую справа от формул на расстоянии примерно 30 мм от края листа. При ссылке в тексте на формулу необходимо указывать ее номер в круглых скобках, например, (4.3) - третья формула четвертого раздела.

6. В формулах, расчетах, таблицах и тексте должны использоваться единицы измерения, допущенные к применению стандартом СТ СЭВ 1052-78. Метрология. Единицы физических величин.

Обозначение величин должно соответствовать русскому варианту обозначений, представленному в этом стандарте. Например, рекомендуемое настоящим стандартом обозначение микросекунды - мкс; не рекомендуемое обозначение - тс.

7. Количество иллюстраций, помещаемых в пояснительной записке, должно быть достаточным для того, чтобы придать изложенному тексту емкость и конкретность.

Все иллюстрации (графики, схемы, чертежи, диаграммы, фотографии и т.д.) именуются рисунками.

Рисунки нумеруются последовательно в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка должен состоять из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделенных точкой, например, рис. 2.1 - первый рисунок второго раздела. В тексте записки должны быть ссылки на приводимые рисунки с указанием его номера, например, рис. 2.6.

Рисунки должны размещаться сразу после первой ссылки на них в тексте. Рисунки можно размещать либо непосредственно на страницах с текстом, либо на отдельных листах пояснительной записки фор-

мата 210 x 297 мм. В этом случае на одном листе может быть размешено несколько рисунков.

8. Цифровой материал, помещаемый в записке, рекомендуется представлять в виде таблиц. Таблицу следует помещать после первого упоминания о ней в тексте.

Над правым верхним углом ее помещают надпись Таблица с указанием порядкового номера. Таблицы должны нумероваться в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой, например, Таблица 2.3 - третья таблица второго раздела. При ссылке на таблицу указывают ее номер и слово "Таблица" пишут ,в сокращенном виде, например: в табл. 2.3 или см. табл. 2.3.

9. В конце пояснительной записки к дипломному проекту помещается список литературы, называемый "Литература". Его рекомендуется составлять в следующем порядке: вначале даны директивные материалы КПСС и Советского правительства, затем произведения классиков марксизма-ленинизма. В пределах списка все библиографические описания располагаются в алфавитном порядке.

В тексте записки должны быть ссылки на порядковый номер использованного литературного источника, который следует заключать в квадратные скобки, например, [16].

10. Текст, расчеты, иллюстративный материал, таблицы вспомогательного характера и другие данные рекомендуется (по согласованию с консультантом) оформлять в виде приложения.

При наличии более одного приложения все приложения должны быть пронумерованы арабскими цифрами (например, "Приложение 4") и иметь общую с основным текстом сквозную нумерацию страниц. Слово "Приложение" вместе с его номером следует писать в верхнем правом углу листа.

11. Вся пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, которые проставляют в правых верхних углах листов. На страницах I - титульный лист, 2 - аннотация (номер страницы не проставляется).

12. При использовании ЭВМ в проектных расчетах в пояснительной записке приводятся схемы использованных (разработанных) алгоритмов и программ, тексты программ и их описания. В описании дается функциональное назначение программ, описание логической структуры, используемые технические средства, входные и выходные данные.

Разрешается включать в текст записки текст программы, выполненной на алгоритмическом языке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов Е.М., Афанасенко В.Ф., Владимиров В.И., Саушкин Е.В. Базовый принцип конструирования РЭА. - М.: Радио и связь, 1981.
2. Преснухин Л.Н., Шахнов В.А., Кустов В.А. Основы проектирования микроэлектронных вычислительных машин. - М.: Высшая школа, 1976.
3. Материалы в приборостроении и автоматике. Справочник/Под ред. Ю.М. Пятина. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Краткий справочник радиоконструктора / Под ред. Р.Г. Варламова. - М.: Сов. радио, 1972,
5. Майоров С.А., Крутовский С.А., Смирнов А.А. ЭВМ: Справочник по конструированию. - М.: Сов. тищиио 1975.
6. Общетехнический справочник / Под ред. В.А. Скороходом. - М.: Машиностроение, 1982.
7. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА; Справочное пособие/ Э.Т. Романычева и др. - if.: Радио и связь, 1984.
8. Сахаров В.Е., Максимов Н.А. Системы стан дартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учеб. пособие для вузов. - М.; Радио и связь, 1985.
9. Г о р о б е ц А.И. и др. Справочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы)/ Под ред. А.И.Горобец, А.И. Степаненко, В.М. Короткевич. - К.: Техника, 1985.
10. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры/ Под ред. Б.Ф. Высоцкого, З.Б. Пестрякова, О.А. Пятлина. - М.: Радио и связь, 1982.
11. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности "Радиотехника" / Под ред. П.А, Бакулева - М.: МАИ, 1979.
12. Проектирование радиоэлектронных устройств на интегральных микросхемах / Под ред. С.Я. Шаца. - М.: Сов. радио, 1976.

Приложение
Перечень (выборочный) стандартов, нормалей и технических условий на:

А. Приемы сборки и изготовления:

- формовку выводов и установку навесных ЭРЭ на печатные платы ОСТ 4Г 0.010.030;
- сборку и монтаж печатных плат Н 0.010.001;
- требования к электрическому монтажу печатных плат ГОСТ 823584-79;
- установку транзисторов на печатных платах ОСТ 4Г 0.010.043;
- приклейку ЭРЭ к печатным платам ОСТ 4Г 0.029.204;
- остальные технические требования на сборку узлов РЭА ОСТ 4Г 0.070.014 (015);
- изготовление жгутов ГОСТ 23586-79;
- разделку проводов и крепление жил ГОСТ 23587-79;
- монтаж кабеля в в.ч. разъем ГЕ 0.364.230.ТО;
- разделку и соединение экранированных оплеток проводов ГОСТ 23585-79;
- общие требования к электромонтажу РЭА ОСТ II.010.004-79;
- маркировку заводского номера ОСТ 4Г 0.054.205;
- шрифты для маркировки НО. 010.007;
- стопорение винтов без пружинных шайб НГ 0,019.001;
- пломбирование изделий ГОСТ 18677-73 и ГОСТ 18680-73;

Б. Материалы:

- краски маркировочные БМ, КМ, СМ, ЧМ, ЗМ, ЖМ ТУ 29-02-859-78;
- эмали МЛ-12 (ГОСТ 9754-76), ПФ-И5 (ГОСТ 6465-76), МЛ-165, МС-160 (ГОСТ 12034-77), НЦ-25 (ГОСТ 5406-73), ЭЛ-51 (ГОСТ 9640-75), ЭП 572 (ТУ 6-10-1539-76), ПФ-19 (ТУБ -10-1294-78);
- лаки УР-231 (ТУ6-Ю-863-76), МЛ-92 (ГОСТ 15865-70), НЦ-62 (ОСТ 6-10-391-74), НЦ-134 (ТУ6-10-1291-77), НЦ-132 (ГОСТ 6631-74);
- клей БФ-2, БФ-4 (ГОСТ 12172-74), ВК-9 (ОСТ 4Г 0.054.210), 88НП (ТУ38-Ю5.540-73), контактол К-136 (УБ 0.028.013 ТУ), компаунд "Виксинт"ПК-68 (ТУ 38-103.508-81), клей-мастика ЛН (ЮГ 0.054.006ТУ), эпоксидный компаунд ЭЗК-6 (ОСТ 4Г 0.029.003);
- припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76;
- смазка ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6257-74;
- картон гофрированный ГОСТ 7376-77;
- полистирол УПМ-ОЗЛ, черный ОСТ 6.05.406-79;

- гетинакс [ГФ-1(2)-35(50)]и стеклотекстолит [СФ-1(2)-35(50)(Г) и СФ-1(2)Н-35(50)-(Г)] фольгированные ГОСТ 10316-78;
- стеклоткань - изоляционная ГОСТ 10156-78;
- фольгированный диэлектрик из стеклоткани для многослойных печатных плат ФДМ ТУ16-503.084-77;
- листы фторопластовые неармированные и армированные фольгированные ФФ-4, ФАФ-4Д ГОСТ 21000-81;
- полиэтилен фольгированный лакированный ПФП УЭ 0.023.002 ТУ;
- лавсан фольгированный ЛФ-І (дша гибких шлейфов и гибких печатных плат) ТУ6-503.196-80;
- трубки электроизоляционные из полиэтилена высокого давления (ГОСТ 16336-77) и из фторопласта - 4Д (ГОСТ 22056-76);
- дюралюминий твердый Д16АТ и мягкий Д16АМ ГОСТ 4784-74;
- алюминий литейный АЛ9 ГОСТ 2685-75;
- стали 45 (ГОСТ 1050-60), Х18Н10Т (ГОСТ 5632-72), 40Х (ГОСТ 4543-71);
- ситалл СТ 50-1, СТ 38-1 ОСТ ШП 0.094.022,72;
- стекло электровакуумное С4І-І, С48-3 НП 0.027.600;
- керамика 22ХС и поликор аЯ 0.027.002 ТУ;
- пасты для толсто пленочных ИЗ: для проводников и контактных площадок ЩІ 0.028.102 ТУ и резисторов ЩІ 0.048.078 ТУ;
- сплав РС-37І0 (для тонкопленочных резисторов) ГОСТ 22025-76;
- нихром Х20Н80 ГОСТ 10994-74;
- золото Зл999,9 ГОСТ 6835-72;
- алюминий А99 ГОСТ 11089-74 ;
- боросиликатное стекло ЕТ 0.035.015 ТУП-75;
- фоторезист негативный ФН-П ТУ6-14-631-78,

В. Элементы крепежа, монтажа и коммутации:

- винты (ГОСТ 1491-80), гайки (ГОСТ 5927-70), шайбы (ГОСТ 11371-78), заклепки (ГОСТ 10299-80);
- проволока стальная (ГОСТ 9389-73), медная (ГОСТ 2112-79);
- провода монтажные МГШВ (ТУ16-505.437-80), МГТФ, ГФ (ТУ16-505.185-71), МНТП (ТУ16-505.554-81);-
- кабели радиочастотные РК ТУ16-505.198-81;
- гнезда ГОСТ 24733-81;
- соединители (разъемы) ГРПП (Ке 0.364.003 ТУ), РМ (ГВ 0.364.126 ТУ), РП (ГЕ 0.364.000ТУ);
- реле РПУ (ТУ16-523.255-75), РЭС-9 (РС 0.452.025 ТУ);
- переключатели кнопки ПКн (АГ 0.360.034 ТУ), тумблеры ПТ4 (0Е.0.360.063 ТУ), ТВ1-2..(УСС360.049 ТУ), колодки штепсельные (ГВ 0.364.098 ТУ);

- нитки швейные х/б ГОСТ 6309-80;
- ручки переключателей НП 0.425.001;
- нити и волокна стеклянные однонаправленные ГОСТ 10727-73;

Г. Электрорадиоэлементы:

- резисторы С2-33-0.25 ((Ж 0.467.093 ТУ), С2-29 (ОЖ 0.467.099ТУ), МЛТ ГОСТ 7113-77), СПЗ (ГОСТ 5574-65), СП5 (ОЖ 0.468.539 ТУ), для микросборок - С2-12 (ОЖ 0.467.055 ТУ) и С3-3 ((Ж 0.467.056 ТУ);
- конденсаторы К50-6 (ОЖ 0.464.031 ТУ), К53-4А (ОЖ 0.464.140 ТУ), для микросборок - К10-9 (ОЖ 0.460.068 ТУ), К10-17 (ОЖ 0.460.107 ТУ), КМК-2А (ЗА) (ОЖ 0.460.060 ТУ), К22-2А (ОЖ 0.464.060 ТУ);
- светодиоды ЗЛ341 Б(Г) (аА 0.339.189 ТУ), АЛ307БМ (аА 0.336.076 ТУ);
- блок питания стабилизированный БПС9-2 (АТ О.208.С06 ТУ);
- стабилитрон КС 156 А (СМ 3.362.812 ТУ);
- транзисторы КГ315Б (ЖК 3.365.200 ТУ), П309 (ЖК 3.365.059 ТУ), для микросборок КТ317 (ГЕ 3.365.ОН ТУ), 2Т360 (ЩИ 3.365.008 ТУ);
- микросхемы серий 133 (И6/И6 3.088.023 ТУ), К134 (БК 0.347.326 ТУ), К155 (И6 3.088.006 ТУ), К176 (БК 0,348.047 ТУ), К531 (БК 0.348.118 ТУ), К565 (БК 0.348.392 ТУ), К734 (БК 0.348.400 ТУ), К765 (БК 0.348.549 ТУ);
- дроссели высокочастотные ДМ-0,1 (ГИ 0.477.005 ТУ).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Общие положения	4
1.1. Цели дипломного проектирования	4
1.2. Общие требования к дипломному проекту	4
2. Основные задачи проектно-конструкторского синтеза РЗА и методы их решения	6
2.1. Обоснование выбора элементной базы	7
2.2. Разработка конструкции РЗА	8
2.3. Выбор системы охлаждения	П
3. Требования к оформлению конструкторской части дипломного проекта	12
3.1. Выполнение чертежей общего вида	14
3.2. Выполнение сборочных чертежей	16
3.3. Оформление спецификации	19
3.4. Выполнение чертежей печатных плат	26
3.5. Выполнение топологических чертежей	28
3.6. Оформление электрических схем РЗА	34
4. Оформление схем алгоритмов и программ	46
5. Оформление пояснительной записки	48
Литература	53
Приложение	54

Тем. план 1987, поз. 44

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ
И ОФОРШЕНИЮ КОНСТРУКТОРСКОЙ ЧАСТИ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА ДЛЯ СТУДЕНТОВ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Авторы-составители:

Валентин Федорович Борисов
Андрей Александрович Мухин
Андрей Сергеевич Назаров
Геннадий Викторович Сбитнев
Алексей Васильевич Фомин

Редактор Р.Л. Сатановская

Техн. редактор Е.А. Смирнова

Подписано к печати 12.02.87

Бум. типогр. №2. Формат 60x84 I/16

Усл. печ. л. 3,50 ; уч.-изд. л. 3,00. Тираж 1200

Зак. 120 / 1737. Цена 20 к.

Ротапринт МАИ

125871, Москва, Волоколамское шоссе, 4