

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ ИМ. С. П. КОРОЛЕВА

**КОНСТРУИРОВАНИЕ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ  
С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ**

КУЙБЫШЕВ 1981

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени С.П.Королева

КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ  
С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

Методические указания к лабораторной работе  
по курсу "Конструирование и микроминиатюризация РЭА"

Куйбышев 1981

В настоящих методических указаниях даются рекомендации по выполнению лабораторной работы "Конструирование функциональных узлов с печатным монтажом", а также необходимые теоретические сведения по компоновке печатных плат; приводятся требования к оформлению конструкторской документации.

Методические указания могут быть использованы при выполнении курсовых и дипломных проектов студентами специальности 0705.

Составители: В.В. Пахомов, Т.Н. Самойлова

Утверждены на редакционно-издательском совете института 12.12.1980 г.

Ц е л ь р а б о т ы: ознакомление с основными принципами конструирования РЭА на основе печатного монтажа; получение практических навыков по компоновке навесных радиоэлементов на печатных платах; ознакомление с нормативно-справочными документами и приобретение навыков по оформлению чертежей с учетом требований ЕСКД, соответствующих ГОСТов, ОСТов и ТУ.

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Исходные данные для выполнения работы: электрическая и принципиальная схема; условия эксплуатации.

Содержание работы следующее:

по предлагаемой схеме произвести выбор элементов с учетом условий эксплуатации, выписать основные габариты и установочные размеры выбранных элементов, а также диаметры и толщину их выводов;

выбрать метод изготовления печатной платы функционального узла, основываясь на эксплуатационных требованиях;

провести размещение элементов электрической схемы на печатной плате по координационной сетке;

представить эскиз функционального узла для проверки преподавателю;

оформить на миллиметровой бумаге чертежи: электрической принципиальной схемы с перечнем элементов; платы; сборочный чертеж функционального узла со спецификацией;

подсчитать коэффициент использования объема  $K_V$  и плотность упаковки  $\gamma$  по формулам

$$K_V = \sum_{i=1}^N V_{i\text{уст}} / V_{\text{узла}}; \quad \gamma = N / V_{\text{узла}},$$

где  $V_{i_{уст}}$  - установочный объем  $i$ -го элемента;  
 $N$  - количество навесных элементов;  
 $V_{узла}$  - объем функционального узла.

## ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

### I. Анализ технического задания

Анализ технического задания (ТЗ) производят в следующей последовательности [1]:

а) выяснить назначение элементов схемы и определить их электрические и тепловые режимы;

б) проанализировать условия эксплуатации и степень влияния усредняющих факторов на работу элементов и схемы в целом;

в) выявить наиболее важные внутренние источники нестабильности схемы (ее элементы) и их чувствительность к внешним электрическим, магнитным, тепловым, механическим и другим видам воздействий;

г) определить пути возможных внутренних паразитных наводок между элементами схемы за счет гальванической паразитной связи, электрических, магнитных и электромагнитных полей;

д) оценить величину, характер и особенности входных и выходных сигналов и напряжений питания (особенно в чувствительных и высоковольтных цепях);

е) предусмотреть наличие дополнительных, не указанных на принципиальной схеме элементов в виде контрольных точек, экранов и развязывающих цепей, повышающих качество работы изделия;

ж) учесть характер смены элементов, критичность расположения компонентов, подстроечных регулировочных и индикаторных устройств и определить на основе проведенного анализа генеральную линию компоновки изделия.

## 1. Компоновка навесных элементов на печатной плате

Компоновка РЭА — это размещение в пространстве или на плоскости элементов, имеющих электрические соединения, в соответствии с принципиальной схемой и обеспечение допустимого минимума взаимодействий, которые не нарушают значения расчетных выходных параметров РЭА.

При использовании печатного монтажа рекомендуют следующую последовательность выполнения компоновочных работ:

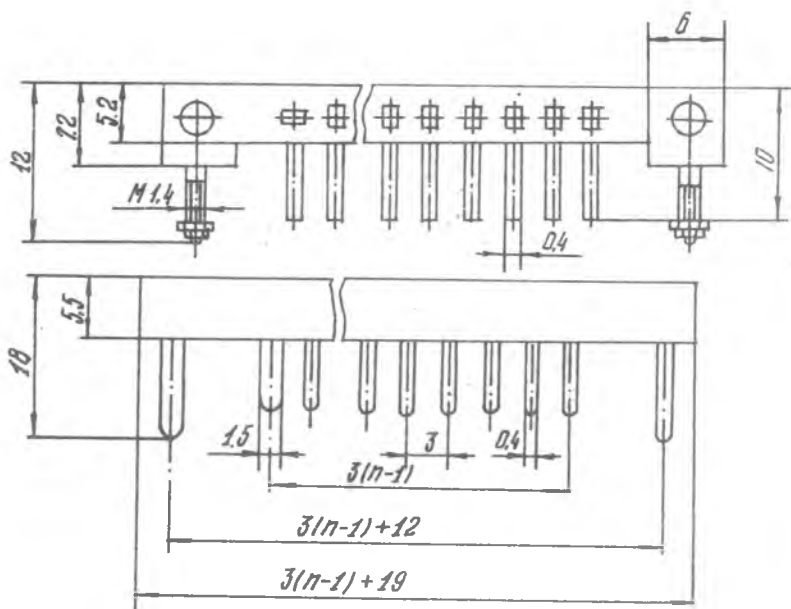
1. Проанализировать начертание принципиальной схемы и при ее запутанном выполнении перечертить так, чтобы обеспечить простоту рисунка и легкость анализа.

2. Пользуясь справочными материалами, определить габаритные и установочные размеры всех элементов электрической принципиальной схемы, а также в случае необходимости выбрать конструктивные элементы дополнительного механического крепления элементов на печатных платах.

3. Составить окончательный вариант принципиальной схемы с уточненными типоразмерами элементов и их вариаций.

4. Сгруппировать пассивные элементы рядом с активными в виде компоновочного эскиза, трансформируя полученную схему компоновки с учетом: размеров элементов; шага координатной сетки; соблюдения условий наименьшей длины проводников; способа обеспечения внешних соединений (разъем, печатный разъем, объемные проводники); условий теплообмена; обеспечения легкости доступа к регулировочным и настроечным элементам.

Сначала формируют входные и выходные цепи сигнала, затем устанавливают элементы цепи питания и осуществляют необходимые соединения, в последнюю очередь размещают проводники с нулевым потенциалом "Земля". Для включения функционального узла на печатном монтаже в общую схему целесообразно использование специальных разъемов; характеристики наиболее распространенных из них приведены на рис. 1. Для уменьшения паразитных связей между печатными проводниками систему заземляющих проводников превращают в широкую зону



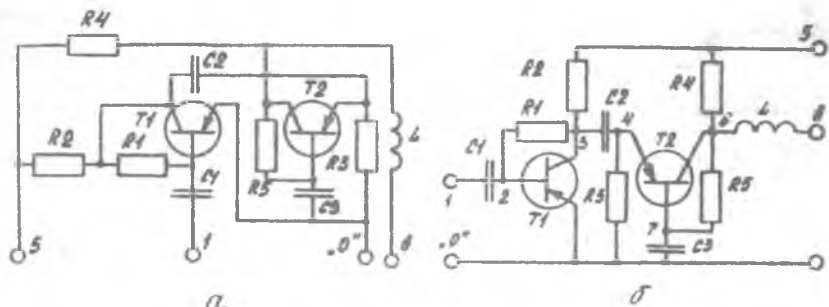
Р и с. 1. Разъем низкочастотный малогабаритный типа МРН. Вилка для печатного монтажа ( $n = 4, 8, 14, 22$ )

невытравленной фольги, охватывающую по возможности всю свободную поверхность.

5. Если при неоднократной компоновке печатной платы число нереализованных проводников составляет более 5% от общего количества всех элементов, то необходимо переходить к двусторонней печатной плате. Если число нереализованных проводников менее 5%, то рекомендуется применять объемные перемычки, устанавливаемые по тем же правилам, что и навесные элементы.

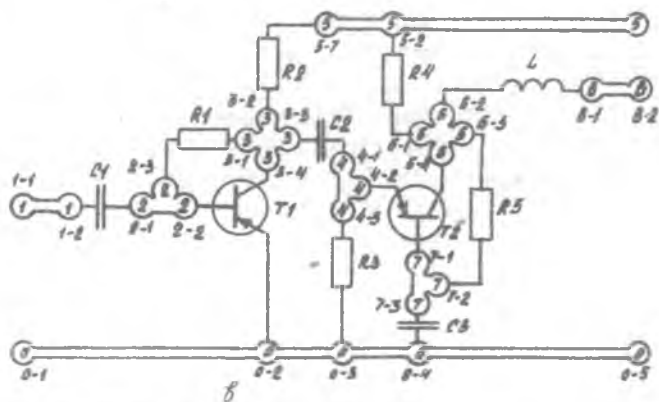
Пример последовательности выполнения монтажного эскиза функционального узла приведен на рис. 2.

Электрическая принципиальная схема (рис. 2,а) изображается в удобном для анализа виде (рис. 2,б). Затем эта схема перечерчивается с учетом только одной пайки в отверстие (рис. 2,в), что позволяет получить как бы "заготовки" соответствующих печатных про-

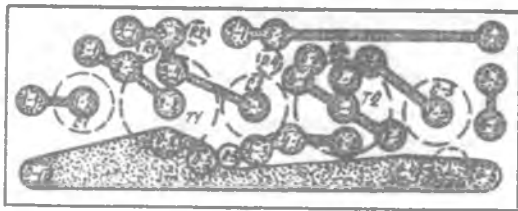


*a*

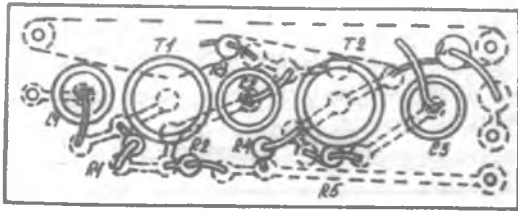
*b*



*g*



*d*



*c*

Р и с. 2. Схема построения монтажного чертежа при печатном монтаже: а - электрическая принципиальная схема; б - упрощенное начертание схемы; в - схема, выполненная с учетом только одной пайки в отверстии; г - эскиз печатной платы с учетом реальных размеров элементов; д - окончательный вариант монтажного чертежа



водников, которые трансформируются с учетом реальных размеров элементов (рис. 2,г) и позволяют получить окончательный вариант монтажного чертежа в виде рис. 2,д.

## ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУИРОВАНИЮ

### I. Общие требования

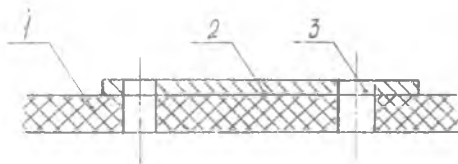
Методы изготовления печатных плат. Выбор метода изготовления необходимо произвести на этапе эскизной компоновки аппаратуры, в процессе которой определяются основные габариты и типоразмеры платы и требуемая для данного изделия плотность монтажа [2].

Метод выбирают на основе электрических параметров схемы изделия, применяемой элементной базы, климатических и механических требований, предъявляемых к его конструкции при сохранении необходимой надежности в различных условиях эксплуатации.

При создании новых изделий радиоэлектронной аппаратуры рекомендуются химический и комбинированный (позитивный и негативный) методы изготовления печатных плат.

Сущность химического и комбинированного методов, а также их описание изложены в ОСТ 4 ГО 054.058.

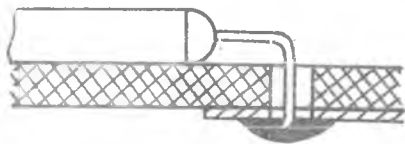
При использовании химического метода применяются фольгированные изоляционные материалы. Изображение копируется с негатива на фольгированный диэлектрик, покрытый светочувствительным слоем. Светочувствительный слой дублируется, незащищенные участки фольги удаляются химическим травлением (рис.3).



Р и с: 3. Печатная плата, изготовленная химическим методом: 1 - основание платы; 2 - проводник или контактная площадка; 3 - отверстие неметаллизированное

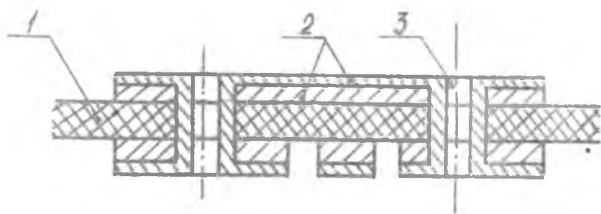
Достоинствами этого метода являются: наивысшая точность и разрешающая способность, отсутствие сложного оборудования, экономичность технологического процесса. К недостаткам следует отнести: 1) отсутствие металлизации в отверстиях, 2) воздействие химических реагентов на изоляционное основание, 3) непроизводительный расход металла.

Химический метод предпочтителен для изготовления односторонних печатных плат. Класс плотности проводящего рисунка I, 2 и 3. Металлизация отверстий отсутствует. В случае необходимости применения двустороннего печатного монтажа переход с одной стороны на другую осуществляется при помощи заклепок, перемычек, штырей. Пайка навесных элементов производится на контактные площадки внахлест или в установленные заклепки (рис. 4).



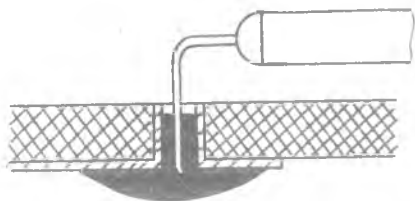
Р и с. 4. Паяное соединение при химическом методе изготовления печатной платы

Комбинированный метод изготовления печатных плат заключается в химическом травлении фольгированного диэлектрика с последующей металлизацией монтажных отверстий (рис. 5). Достоинством комбинированного метода является более высокая надежность пайки навесных радиоэлементов. Недостатки комбинированного метода — высокая стоимость, двукратное воздействие химических реагентов на изоляционное основание, в результате чего существенно ухудшаются его электрохимические и электроизоляционные свойства.



Р и с. 5. Печатная плата, изготовленная комбинированным методом: 1 — основание платы; 2 — проводящий или контактная площадка; 3 — отверстие металлизированное

Комбинированным методом изготавливают двусторонние печатные платы. Класс плотности проводящего рисунка I, 2 и 3. Переход с одной стороны на другую — при помощи металлизированных отверстий. Пайка навесных элементов производится в металлизированные отверстия и на контактные площадки внахлест (в случае применения элементов с планарными выводами) (рис. 6).



Р и с. 6. Паяное соединение при комбинированном методе изготовления платы

При комбинированном методе изготовления платы все навесные элементы устанавливаются вплотную к плате без зазора, что позволяет избежать отслаивания контактных площадок от основания платы. При комбинированном методе изготовления допускается установка элементов как с зазором, так и без зазора. Предпочтительнее установка элементов с зазором, так как в этом случае исключается скопление влаги и пыли в местах соприкосновения элементов с платой, и не требуется специальных изоляционных прокладок для двусторонней платы.

Материалы для изготовления печатных плат. Выбор материала производят исходя из частотного диапазона работы устройства, температуры окружающей среды, механической прочности и гигроскопичности (табл. I).

Т а б л и ц а I

Материалы для изготовления печатных плат ГОСТ 10316-78

Наименование	Марка	Номинальная толщина материала, мм	Толщина фольги, мкм	Кол-во слоев фольги	Тангенс угла диэл. потерь	Диэл. прониц.	Диапазон рабочих температур
1	2	3	4	5	6	7	8
Гетинако фольгированный	ГФ-1-35	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0	35	1	0,085	7,0	-60+85 <sup>0</sup> C
	ГФ-1-35Г	То же					
	ГФ-2-35	- "	35	2	0,085	7,0	-60+85 <sup>0</sup> C
	ГФ-2-35Г	- "					
	ГФ-1-50	- "	50	1	0,085	7,0	-60+85 <sup>0</sup> C

Окончание табл. I

1	2	3	4	5	6	6	7	8
Стекло- текстолит фольгиро- ванный	ГФ-1-50Г	- " -						
	ГФ-2-50	- " -	50	2	0,085	7,0	-60-+85 <sup>0</sup> С	
	ГФ-2-50Г	- " -						
	СФ-1-35	0,5;0,8; 1,0;1,5; 2,0;2,5; 3,0	35	1	0,040	6,0	-60-+85 <sup>0</sup> С	
	СФ-1-35Г	То же						
	СФ-2-35	- " -	35	2	0,040	6,0	-60-+85 <sup>0</sup> С	
	СФ-2-35Г	- " -						
	СФ-1-50	- " -	50	1	0,040	6,0	-60-+85 <sup>0</sup> С	
	СФ-1-50Г	- " -						
	СФ-2-50	- " -	50	2	0,040	6,0	-60-+85 <sup>0</sup> С	
Стекло- текстолит фольгиро- ванный нагрево- стойкий	СФ-2-50Г	- " -						
	СФ-1Н-35	- " -	35	1	0,055	6,0	-60-+100 <sup>0</sup> С*	
	СФ-1Н-35Г	- " -						
	СФ-2Н-35	- " -	35	2	0,055	6,0	-60-+100 <sup>0</sup> С*	
	СФ-2Н-35Г	- " -						
	СФ-1Н-50	- " -	50	1	0,055	6,0	-60-+100 <sup>0</sup> С*	
	СФ-1Н-50Г	- " -						
	СФ-2Н-50	- " -	50	2	0,055	6,0	-60-+100 <sup>0</sup> С*	

Г - облицовка гальванической фольгой.

\*Допускается применение стеклотекстолита (в виде печатной платы) при температуре до плюс 180 С, в течение времени (суммарного или непрерывного) не более 100 ч.

Пример условного обозначения фольгированного гетинакса толщиной 2,0 мм, облицованного с одной стороны медной электролитической фольгой толщиной 35 мкм:

Гетинакс ГФ-1-35-2,0 ГОСТ 10316-78;

то же, фольгированного стеклотекстолита нагревостойкого толщиной 1,5 мм, облицованного с двух сторон гальваностойкой фольгой толщиной 50 мкм:

Стеклотекстолит СФ-2Н-50Г-1,5 ГОСТ 10316-78.

Классификация печатных плат по плотности проводящего рисунка.  
 В соответствии с ГОСТ 10317-79 основной шаг координатной сетки должен быть 2,50 мм. Остальные шаги координатной сетки равны 1,25 мм, 0,5 мм.

Печатные платы по плотности проводящего рисунка делят на три класса (ГОСТ 23 751-79) [3]:

1-й класс - характеризуется наименьшей плотностью проводящего рисунка;

2-й и 3-й классы - характеризуются повышенной и высокой плотностью проводящего рисунка соответственно.

Минимально допустимые значения основных параметров, определяющих принадлежность печатной платы к тому или иному классу, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование параметров	Условное обозначение параметров	Размеры элементов проводящего рисунка для классов, мм		
		1	2	3
Ширина проводников	$t$	0,500	0,250	0,150
Расстояние между проводниками, контактными площадками, проводником и контактной площадкой или проводником и металлизированным отверстием	$S$	0,500	0,250	0,150
Расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки данного отверстия	$b_M$	0,050 0,15*	0,035	0,025
Отношение минимального диаметра металлизированного отверстия к толщине платы	$f$	0,400	0,330	0,330

\* Применяют при выполнении отверстий штамповкой.

При наличии на плате элементов проводящего рисунка разных классов плату следует относить к более высокому классу.

Для печатных плат всех размеров предпочтителен I-й класс плотности проводящего рисунка.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 2-му классу, не допускается использовать на платах размерами более 240x240 мм.

Плотность проводящего рисунка, соответствующую 3-му классу, не допускается использовать на платах с размерами более 170x170мм.

При конструировании печатных плат ширина проводников и расстояния между ними в свободных местах не должны быть менее: 0,70мм - для I-го класса плотности; 0,40 мм - для 2-го класса плотности; 0,25 мм - для 3-го класса плотности.

## 2. Требования к основным размерам платы

При разработке конструкции изделий следует стремиться к ограниченному количеству типоразмеров плат. Разрабатываемые платы рекомендуется выполнять прямоугольной формы. Конфигурацию плат, отличающихся от прямоугольной, следует использовать только при необходимости.

Размеры разрабатываемых плат следует выбирать по ГОСТ ЮЗ17-79, согласно которому размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными: 2,5 - при длине до 100 мм; 5,0 - при длине до 350 мм; 10,0 - при длине более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Соотношение линейных размеров сторон печатной платы должно быть не более 3:1. Отклонение от прямоугольности платы не должно быть более 0,2 мм на 100 мм длины.

Толщину плат выбирают, исходя из механических требований, предъявляемых к конструкции печатного узла. Рекомендуется толщина платы: 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм.

## 3. Требования к расположению и размерам отверстий

Центры монтажных и переходных отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки. Центры отверстий под неформуемые выводы многосвязных навесных элементов, расстояния между которыми

не кратны шагу координатной сетки, располагают таким образом, чтобы в узле сетки находился центр одного из отверстий, а центры отверстий под остальные выводы располагались согласно конструкции элементов (рис. 7) [4].



Р и с. 7. Расположение отверстий под неформуемые выводы многовыводных элементов

Размеры и конструкцию крепежных и других конструктивных отверстий следует выбирать по ГОСТ И1284-75 в зависимости от требований к конструкции изделия. Центры крепежных изделий рекомендуется располагать в узлах координатной сетки.

Максимальные отклонения между центрами отверстий не должны быть более  $\pm 0,2$  мм для плат I-го класса,  $\pm 0,1$  мм для плат 2 и 3-го классов.

Диаметры монтажных и переходных металлизированных отверстий выбирают из табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Номинальный диаметр монтажного неметаллизированного отверстия	Номинальный диаметр монтажного и переходного металлизированного отверстия с учетом металлизации	Максимальный диаметр вывода навесного элемента
0,5	0,4	-
0,7	0,6	до 0,4
0,9	0,8	свыше 0,4 до 0,6
1,1	1,0	-"- 0,6 до 0,8 вкл
1,6	1,5	-"- 0,8 до 1,3 вкл
2,1	2,0	-"- 1,3 до 1,7 вкл

При использовании других диаметров металлизированных отверстий по ГОСТ 10317-79 разница между диаметром металлизированного отверстия и диаметром вывода должна быть не более 0,4 - для выводов диаметром от 0,4 до 0,8 мм; 0,6 мм - для выводов диаметром свыше 0,8 мм.

Монтажные отверстия для плоских выводов следует выбирать как и для круглых, образуемых диаметром окружности, описанной вокруг сечения вывода.

Допуски на обработку отверстий устанавливаются следующие: +0,05 мм - для отверстий диаметром до 0,4 мм; +0,10 мм - для отверстий диаметром от 0,4 до 0,8 мм; +0,12 мм - для отверстий диаметром свыше 0,8 мм.

Шероховатость поверхностей монтажных неметаллизированных отверстий и неметаллизированных торцов печатных плат соответствует  $R_z \leq 80$  по ГОСТ 2789-73.

Шероховатость поверхностей монтажных и переходных металлизированных отверстий и металлизированных торцов печатных плат (до металлизации) должна соответствовать  $R_z \leq 40$  по ГОСТ 2789-73.

Металлизированные отверстия выполняют без зенковки.

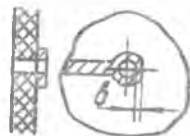
Контактные площадки делают прямоугольной, круглой или близкой к ним формы. Контактную площадку, имеющую специфическое назначение, например, обозначающую расположение первого вывода многовыводного навесного элемента, выполняют по форме, отличной от остальных контактных площадок.

Диаметр контактной площадки следует рассчитывать по формулам, приведенным в приложении I.

При конструировании печатных плат, изготавливаемых химическим методом, возможно занижение контактной площадки с одной или с двух сторон (рис. 8). На печатных платах I-го класса плотности площадь оставшейся части контактной площадки за вычетом площади отверстия должна составлять не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ .

На печатных платах 2-го класса плотности площадь оставшейся части контактной площадки без учета площади отверстия должна составлять не менее  $1,6 \text{ мм}^2$ .

На печатных платах, отверстия которых выполнены штамповкой,



Р и с. 8. Занижение контактной площадки



площадь оставшейся части контактной площадки без учета площади отверстия должна составлять не менее  $5 \text{ мм}^2$ .

#### 4. Требования к расположению и размерам проводников

Минимально допустимые значения ширины проводников и расстояний между ними приведены в табл. 2.

Печатные проводники выполняют одинаковой ширины на всем их протяжении. Для прохождения узкого места следует сужать проводник до минимально допустимых значений его ширины на возможно меньшем участке.

Взаимное расположение проводников осуществляется с учетом: равномерного распределения проводников по площади печатной платы;

размещения проводников на противоположных слоях печатной платы во взаимно перпендикулярных направлениях;

исключения минимально допустимых расстояний между проводниками и другими элементами проводящего рисунка, если это расстояние можно увеличить.

При прокладке длинных проводников шириной  $0,25 \text{ мм}$  и менее предусматривают местные расширения проводников в виде контактной площадки любой формы площадью не менее  $1 \text{ мм}^2$ . Расстояние между расширениями или между расширением и металлизированным отверстием (контактной площадкой) должно быть не более  $100 \text{ мм}$ .

Элементы проводящего рисунка располагают от края печатной платы, паза, выреза, неметаллизированного отверстия (диаметром выше  $1,5 \text{ мм}$ ) на расстоянии, равном минимальной толщине печатной платы с учетом допуска на линейный размер печатной платы; для печатных плат толщиной менее  $1 \text{ мм}$  — на расстоянии не менее  $1 \text{ мм}$ .

Элементы проводящего рисунка следует располагать на расстоянии не менее  $0,5 \text{ мм}$  от края неметаллизированного отверстия диаметром до  $1,5 \text{ мм}$  включительно.

Проводники шириной более  $3,0 \text{ мм}$ , располагаемые на печатной плате со стороны пайки, выполняют по правилам выполнения экранов.

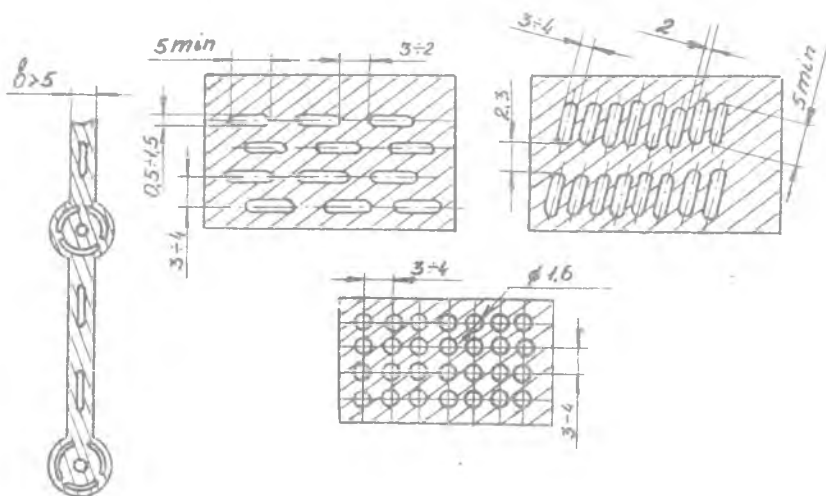
В случае невозможности реализации связей схемы печатными проводниками, при конструировании печатных плат допускается при-

менение навесных перемычек. Количество навесных перемычек должно быть не более 5% числа связей.

Формулы расчета расстояний, необходимых для прокладки проводников между двумя отверстиями или контактными площадками, приведены в приложении I.

## 5. Требования к формам и размерам экранов

Экран со стороны пайки выводов элементов следует выполнять с вырезами (рис. 9). Вырезы следует располагать равномерно по площади экрана. Форму и размеры вырезов в экранах выбирают, исходя из требований к конструкции печатной платы и условий экранирования.



Р и с. 9. Примеры выполнения экранов и широких проводников печатных плат

При попадании в зону экрана отверстия, электрически с ним не связанного, следует вокруг экрана предусмотреть кольцевой или прямоугольный вырез шириной не менее 0,5 мм. В случае попадания в зону экрана переходного отверстия, электрически связанного с экраном, допускается не производить вырезы вокруг отверстия.

## 6. Требования к маркировке печатных плат

На свободном участке печатной платы наносят условный шифр или обозначение платы.

При маркировке печатных плат руководствуются следующими правилами:

маркировку производить краской, устойчивой к воздействию спирто-бензиновой смеси или других растворителей. Маркировка, выполняемая краской, может располагаться на печатных проводниках;

при маркировке способом, которым выполняется проводящий рисунок, применять упрощенный шрифт, при этом в технических требованиях чертежа способ маркировки не указывать;

изображать на плате знак, являющийся ключом платы, при этом ключом платы может быть расположение десятичного номера платы в определенном месте, срезанный угол платы;

обеспечивать наглядность маркировки в узле.

### УСТАНОВКА НАВЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

#### I. Общие требования

При выборе элементов для конструирования узлов на печатных платах следует руководствоваться требованиями, изложенными в государственных стандартах или технических условиях на эти элементы, а также требованиями ОСТ 4 ГО.070.026. Изделия электронной техники, электротехники и микросборки для радиоэлектронной аппаратуры, разрабатываемой на базе комплексной миниатюризации. ОСТ (Ред. I-75.)

При установке и креплении элементов на печатные платы необходимо предусмотреть [5]:

работоспособность элементов в соответствии с требованиями эксплуатации аппаратуры;

удаление полупроводниковых приборов, микросхем и микросборок от элементов, выделяющих большое количество тепла;

расположение их вне влияния магнитных полей элементов, критичных к магнитным полям;

необходимую конвекцию воздуха у радиаторов и элементов, выделяющих большое количество тепла;

защиту монтажа, расположенного вблизи съемных элементов (разъемов и т.п.), от механических повреждений;

возможность доступа к подборочным и регулируемым элементам схемы для замены или регулировки их при настройке;

возможность доступа к любой микросхеме и микросборке и замене их;

возможность выполнения технологических процессов ручной или механизированной установки элементов и групповой пайки;

возможность покрытия влагозащитными лаками без попадания их на места, не подлежащие покрытию;

возможность расположения наиболее массивных элементов ближе к местам крепления платы для аппаратуры, работающей в условиях значительных перегрузок.

Установочные размеры для элементов выбирать кратно шагу сетки 2,5 мм и 1,25 мм.

Установку элементов с прямоугольными выводами (разъем, реле и др.) производить в круглые отверстия печатной платы.

Конструктивные элементы (механические держатели элементов, переходные колодки, монтажные лепестки, хомутики, проволочные скобы и т.п.) устанавливать в соответствующие отверстия печатных плат и закреплять опайкой деталей креплением, а также при помощи заклепок, винтов и др. в зависимости от конструкции деталей крепления.

Подготовку, сборку и пайку изделий на печатных платах производить в соответствии с требованиями ОСТ 4 ГО.054.87, ОСТ 4 ГО.054.088, ОСТ 4 ГО.054.089.

Влагозащиту изделий производить по ОСТ 4 ГО.054.205.

При установке элементов на клей руководствоваться ОСТ 4 ГО.029.004 и РТМ Юг О.064.006.

## 2. Варианты формовки выводов и установки элементов на печатные платы

Формовку выводов и установку элементов на печатные платы производить в соответствии с вариантами, приведенными в табл. 4.

## 3. Требования к установке элементов в функциональных узлах

В функциональных узлах одноплатной конструкции элементы размещать параллельно поверхности платы с одной стороны.

Микросхемы и микросборки с планарными выводами располагать с одной или с двух сторон печатной платы.

Корпуса элементов размещать на печатных платах параллельно или перпендикулярно друг другу.

Элементы типа КД-1, КМ-3, СКМ и др. располагать под углом к оси между монтажными отверстиями, в которые они устанавливаются. Угол расположения определяется конструкцией элементов.

Установку транзисторов на печатные платы производить по вариантам V а, V б, V в (см. табл. 4). Разметку отверстий под выводы транзисторов и формовку выводов на печатных платах производить по рис. 10.

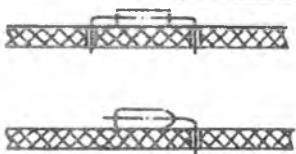
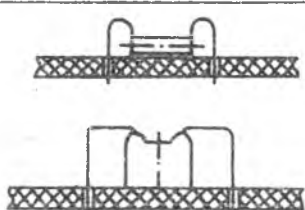
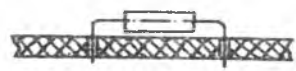
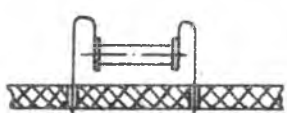
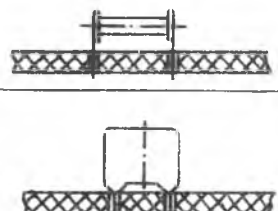
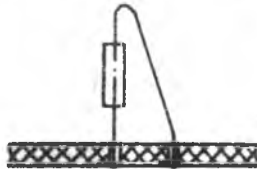
Разметка отверстий и контактных площадок под выводы элементов показана со стороны установки элементов.

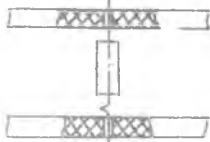
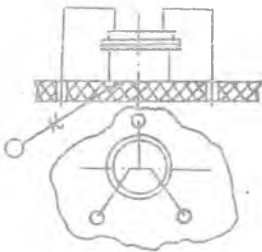

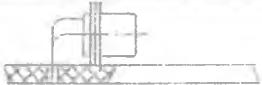
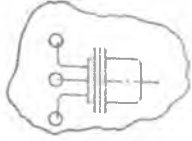


Установку микросхем и микросборок в корпусах типа 1 и 2 производить без формовки выводов с предварительной их подрезкой: в корпусах 1203.14, 1206.14, 1207.14, 1210.28, 2102.14, 2135.24, "Тропа", "Посол" - по варианту VIII а (рис. 11, 12); в корпусах 1203.15 - по варианту VIII б.

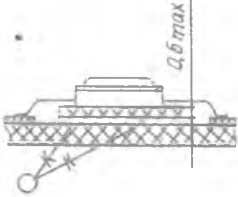
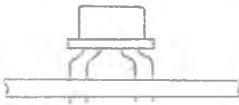
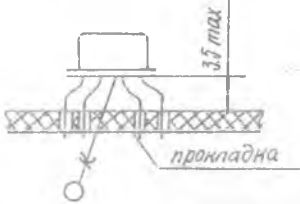


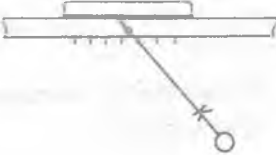
Допускается устанавливать микросхемы и микросборки в корпусах 1210.28-1 на теплоотводящее основание или шину по варианту VIII б.

Установку микросхем и микросборок в корпусах типа 3 на печатную плату производить после формовки выводов по варианту VII (рис. 13, 14).

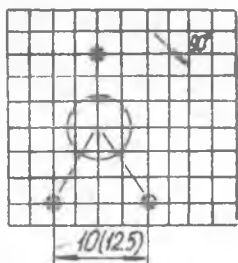
Т а б л и ц а 4

I	a		Ia
	б		Iб
II	a		IIa
	б		IIб
	в		IIв
III	a		IIIa

$\bar{IV}$	$a$		$\bar{IV} a$
$\bar{V}$	$a$		$\bar{V} a$
	$\delta$		$\bar{V} \delta$
$\bar{VI}$	$\beta$	 	$\bar{VI} \beta$
	$a$		$\bar{VI} a$
$\bar{VI}$	$\delta$		$\bar{VI} \delta$

<p><u>VІ</u></p>	<p>в</p>		<p><u>VІ в</u></p>
<p><u>VІІ</u></p>	<p>а</p>		<p><u>VІІ а</u></p>
	<p>б</p>		<p><u>VІІ б</u></p>
<p><u>VІІІ</u></p>	<p>а</p>		<p><u>VІІІ а</u></p>
	<p>б</p>		<p><u>VІІІ б</u></p>
	<p>в</p>		<p><u>VІІІ в</u></p>

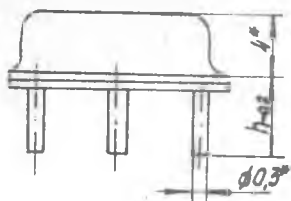
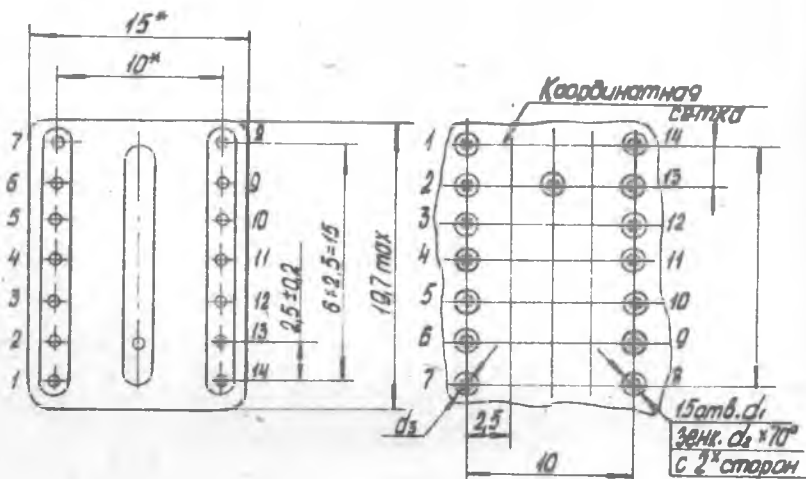




15(12.5; 17.5; 10.0)

Р и с. 10. Основное положение транзистора на плате (вариант У а)

Р и с. 11. Формовка выводов и разметка посадочных мест микросхем в корпусах типа 1203.14



S - толщина печатной платы

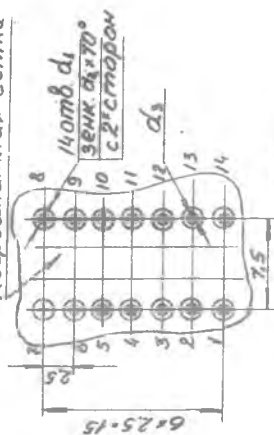
$d_3$  - диаметр контактной площадки

\* - размеры для справок

мм

S	1,0	1,5	2,0
h	3,4	3,9	4,4
$d_1$	$0,8^{+0,1}$	$0,8^{+0,1}$	$1,0^{+0,12}$
$d_2$	$1,2^{+0,2}$	$1,2^{+0,2}$	$1,7^{+0,2}$
$d_3$	$1,8-0,1$	$1,8-0,1$	$2,3-0,1$

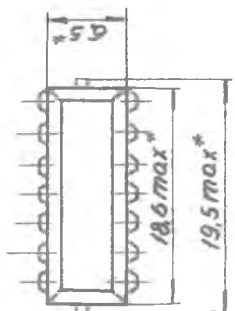
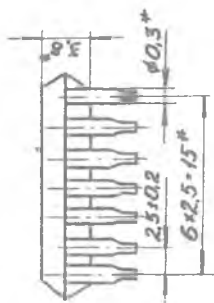
Координатная сетка



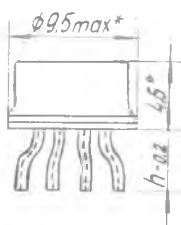
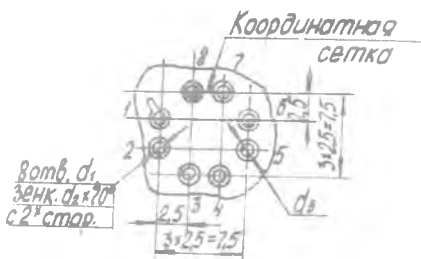
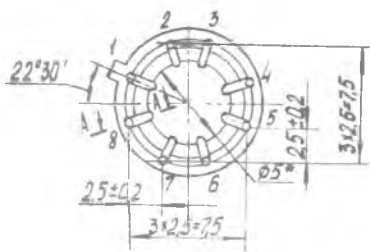
19.5

S	1.0	1.5	2.5
h	3.4	3.9	4.4
d <sub>1</sub>	0.8 <sup>max</sup>	0.8 <sup>max</sup>	1.0 <sup>max</sup>
d <sub>2</sub>	1.2 <sup>max</sup>	1.2 <sup>max</sup>	1.7 <sup>max</sup>
d <sub>3</sub>	1.8 <sup>max</sup>	1.8 <sup>max</sup>	2.3 <sup>max</sup>

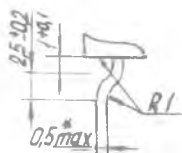
5-толщина печатной платы  
 $d_3$  - диаметр контактной площадки  
 \* - размеры для справок



Р и с. 12. Формовка выводов и разметка посадочных мест микросхем в корпусах типа 2102.14

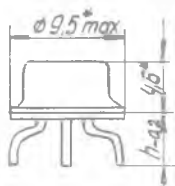
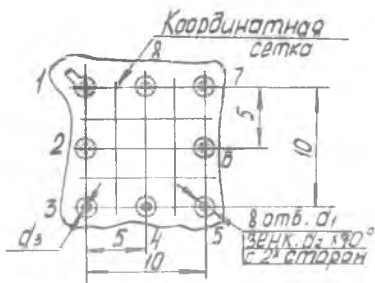
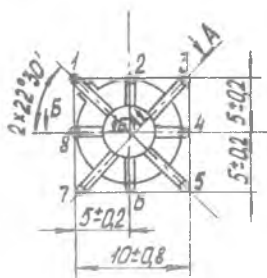


A-A повернута

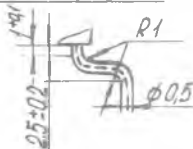


	мм		
S	1,0	1,5	2,0
h	5,4	11,9	6,4
d <sub>1</sub>	0,8 <sup>+0,1</sup>	0,8 <sup>+0,1</sup>	1,0 <sup>+0,12</sup>
d <sub>2</sub>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,7 <sup>+0,2</sup>
d <sub>3</sub>	1,8 <sup>-0,1</sup>	1,8 <sup>-0,1</sup>	2,3 <sup>-0,1</sup>

S - толщина печатной платы  
 d<sub>3</sub> - диаметр контактной площадки  
 \* - размер для справок



A-A повернуто



Б-Б повернуто



	мм		
S	1,0	1,5	2,0
h	5,4	115,9	6,4
d <sub>1</sub>	0,8 <sup>+0,1</sup>	0,8 <sup>+0,1</sup>	1,0 <sup>+0,12</sup>
d <sub>2</sub>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,7 <sup>+0,2</sup>
d <sub>3</sub>	1,8- <sub>0,1</sub>	1,8- <sub>0,1</sub>	2,3- <sub>0,1</sub>

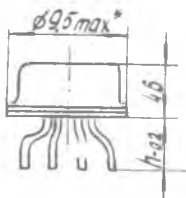
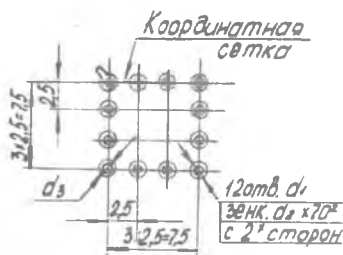
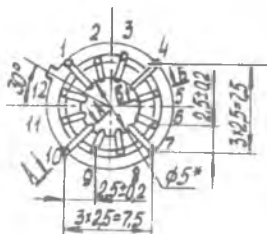
S - толщина печатной платы

d<sub>3</sub> - диаметр контактной площадки

\* - размеры для справок

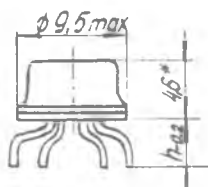
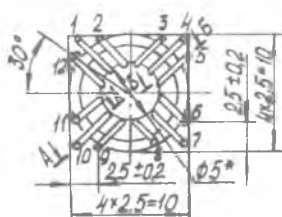
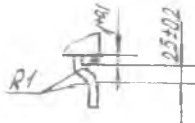
8

Р и с. 13. Формовка выводов и разметка посадочных мест микросхем в корпусах типа ЗЮ1.8: а - вариант разметки I; б - вариант разметки II



A-A повернуто

Б-Б повернуто



A-A повернуто

Б-Б повернуто



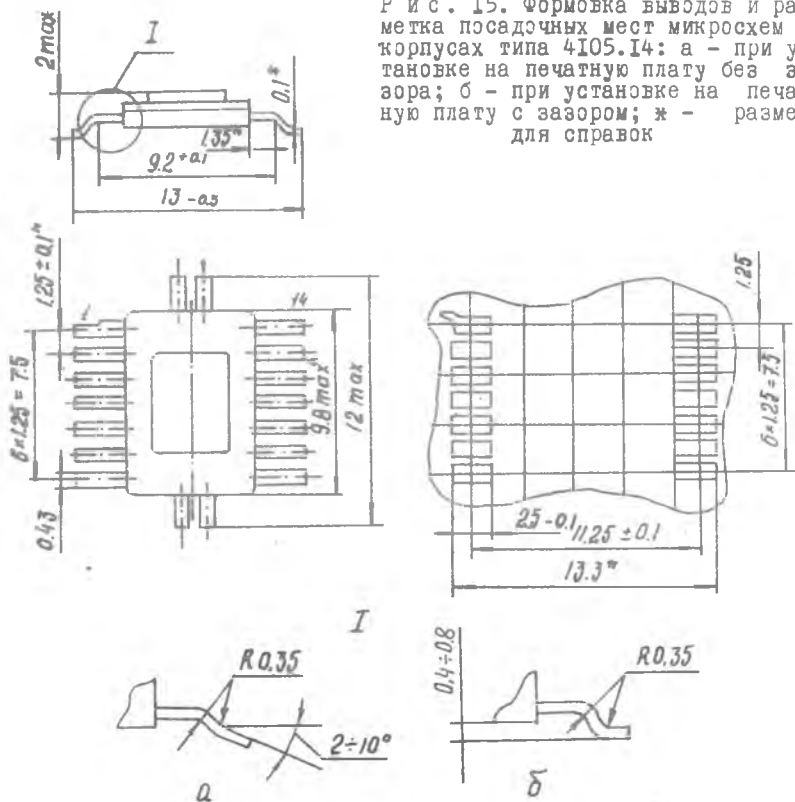
мм

S	1,0	1,5	2,0
h	5,4	115,9	6,4
d <sub>1</sub>	0,8 <sup>+0,1</sup>	0,8 <sup>+0,1</sup>	1,0 <sup>+0,12</sup>
d <sub>2</sub>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,2 <sup>+0,2</sup>	1,7 <sup>+0,2</sup>
d <sub>3</sub>	1,6 <sub>-0,1</sub>	1,8 <sub>-0,1</sub>	2,3 <sub>-0,1</sub>

S - толщина печатной платы,  
 d<sub>3</sub> - диаметр контактной площадки,  
 \* - размеры для справок

Р и с. 14. Формовка выводов и разметка посадочных мест микросхем в корпусах типа 3103-12: а - вариант разметки III; б - вариант разметки IV

Р и с . 15. Формовка выводов и разметка посадочных мест микросхем в корпусах типа 4I05.I4: а - при установке на печатную плату без зазора; б - при установке на печатную плату с зазором; ж - размеры для справок



Установку микросхем и микросборок в корпусах типа 4 производить после формовки выводов (рис. 15).

Микросхемы в корпусах 4I05.I4 устанавливать на печатную плату:

без зазора по варианту  $\overline{VI}$  а;

с зазором  $0,3^{+0,3}$  мм по варианту  $\overline{VI}$  б;

на прокладку с теплопроводящей металлической шиной общей толщиной не более  $0,4$  мм при толщине фольги не менее  $0,2$  мм по варианту  $\overline{VI}$  в.

Микросборки в корпусах 4II2.I6 рекомендуется устанавливать на теплопроводящие металлические шины. Допускается установка микросхем в корпусах 4II2.I6 по варианту  $\overline{VI}$  а.

При установке микросхем с планарными выводами допускается применять клей.

Обозначения корпусов микросхем и микросборок приведены в соответствии с ГОСТ 17467-79.

Расстояние между корпусом элемента и краем печатной платы не должно быть менее 1 мм, а между выводами элемента и краем печатной платы—менее 2 мм.

Расстояние между корпусами соседних элементов или между корпусами и выводами соседних элементов выбирают с учетом условий теплоотвода и допустимой разности потенциалов между ними. Если это расстояние не оговорено в чертеже, оно не должно быть менее 0,5 мм.

Зазор между корпусами микросхем и микросборок не должен быть менее 1,5 мм в одном из направлений установки.

Зазор между основанием многовыводных элементов (реле, модули и др.), выводы которых не подвергаются формовке, и печатной платой не должен быть менее 1 мм, при условии соблюдения требований государственных стандартов и технических условий на элементы.

Для обеспечения зазора между основанием многовыводных элементов и печатной платой рекомендуется применять стойки, колпачки, подставки и т.д. по ОСТ 4 ГО.812.000, допускается использование оригинальных конструкций.

Конструкция применяемых деталей должна обеспечивать возможность удаления флюса, отвод тепла при пайке и покрытие влагозащитным лаком.

Элементы крепить к печатной плате с запайкой выводов (в том числе незадействованных) в металлизированные отверстия или к контактным площадкам платы, к монтажным стойкам, лепесткам и т.п., а в случае необходимости, и путем дополнительного крепления корпуса элемента к плате при помощи проволоки, хомутов, скоб, держателей привязки, заливки компаундами, установки на клей или прилакировка в процессе влагозащиты функционального узла.

Способы дополнительного крепления элементов на плате по необходимости выбирать, исходя из массы, габаритов, конструктивных данных, указанных в технических условиях и государственных стандартах на элементы, и условий эксплуатации аппаратуры. Способ крепления оговаривается в конструкторской документации.

Детали для механического крепления элементов выбирать по

ОСТ4 ГО.812.000. При невозможности использования деталей крепления по ОСТ4 ГО.812.000 допускается конструирование их с учетом особенностей конструкции элементов и механических перегрузок, воздействующих на функциональный узел.

Радиус гибки выводов элементов должен соответствовать требованиям государственных стандартов или технических условий.

При отсутствии этих требований принимаются следующие размеры:

для формовки выводов диаметром или толщиной до 0,5 мм - минимальный радиус 0,5 мм;

для формовки выводов диаметром или толщиной свыше 0,5 до 1,1 мм - минимальный радиус 1 мм.

В технически обоснованных случаях может быть увеличен радиус гибки выводов элементов до величины, равной половине диаметра или толщины корпуса элемента, или уменьшен до величины, равной диаметру или толщине вывода элемента.

У элементов, устанавливаемых на платах, выводы диаметром до 0,7 мм подгибать и отрезать. Подогнутые концы не должны выходить за пределы контактных площадок, а длина подогнутого конца, с учетом толщины выводов, не должна быть менее 1 мм для плат с металлизированными отверстиями или пустотелыми заклепками и не менее 2 мм для плат с неметаллизированными отверстиями.

Выводы элементов диаметром свыше 0,7 мм и обкатые ленточные выводы не подгибать.

Высота выступающих концов выводов (подогнутых и неподогнутых) диаметром до 0,7 мм и свыше 0,7 мм должна находиться в пределах 0,5-2,0 мм.

При установке многвыводных и подборных элементов на платы выводы не подгибать. Высота выступающих концов выводов над платой должна быть в пределах 0,5-2,0 мм.

Высота выступающих концов выводов для микросхем 0,5-1,6 мм.

Установку элементов в аппаратуре народного хозяйственного применения рекомендуется производить без подгибки выводов, максимально допустимая высота неподогнутых концов выводов определяется конструктором и оговаривается в чертеже.

Установку перемычек (объемных проводников) на печатные платы производят согласно рис. 16.





Р и с. 16. Установка пере-  
мычек

узлов плат ограничено по весу: детали весом свыше 60 г устанавли-  
вать на печатные платы не рекомендуется, а для элементов весом  
более 20 г должно быть предусмотрено дополнительное механическое  
крепление.

Для перемычек рекомендуется  
использовать материал ММ (ГОСТ  
2112-76) 0,8 мм с последующим  
лужением в изоляционной трубке.

Использование радиоэлементов  
и деталей в конструкциях печатных

### ОФОРМЛЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ УЗЕЛ С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

Комплект конструкторской документации на изделие состоит из  
чертежей: электрической принципиальной схемы устройства; печатной  
платы; сборочной единицы с печатным монтажом.

Чертеж электрической принци-  
пальной схемы оформляется в соответствии с требова-  
ниями ЕСКД ГОСТ 2.702-75, ГОСТ 2.747-68 и ОСТ 4 ГО.000.075.

Чертеж печатной платы, являющейся спе-  
цифичной деталью, выполняется в соответствии с общими требова-  
ниями стандартов ГОСТ 2.109-73, ГОСТ 2.417-78 и ОСТ4 ГО.010.011.

Чертеж одно- и двусторонней платы имеет наименование "Плата",  
ему присваивается класс ХХ7... Чертеж должен содержать основные  
проекции платы с печатными проводниками и отверстиями.

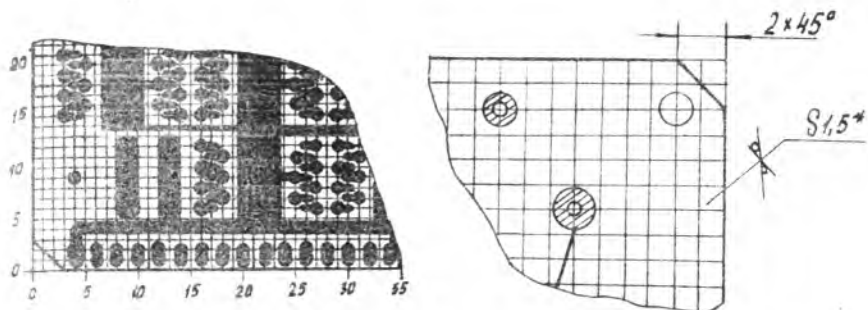
Допускается дополнительная проекция платы без проводников, на  
которой представляют размеры для механической обработки платы, мар-  
кировки и т.п.

Чертежи печатной платы выполняются в масштабе 2:1, 4:1, 5:1  
или 10:1, если шаг координатной сетки 1,25 мм, то используется  
масштаб не менее 4:1.

На чертеже печатной платы размеры указываются одним из сле-  
дующих способов (ГОСТ 2.307-68):

нанесением координатной сетки в прямоугольной системе коорди-  
нат (рис. 17);

нанесением координатной сетки в полярной системе координат;



Р и с. 17. Чертеж печатной платы с нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат

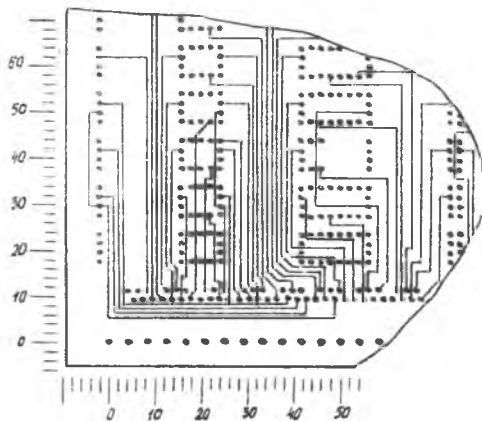
комбинированным способом при помощи размерных и выносных линий и координатной сетки в прямоугольной или номерной системе координат.

При задании размеров нанесением координатной сетки линии сетки должны нумероваться. Шаг нумерации определяется конструктивно с учетом насыщенности и масштаба изображения.

Допускается выделять на чертеже отдельные линии координатной сетки, чередующиеся через определенные интервалы, либо их не наносить, при этом на чертеже следует помещать указания типа: "Линии координатной сетки нанесены через одну".

За ноль в прямоугольной системе координат на главном виде печатной платы следует принимать: центр крайнего левого нижнего отверстия, находящегося на поле платы (рис. 18) в том числе и технологического; левый нижний угол печатной платы; левую нижнюю точку, образованную линиями построения (см. рис. 17).

На чертеже круглых печатных плат за ноль в прямоугольной системе ко-



Р и с. 18. Чертеж печатной платы

ординат допускается принимать центр печатной платы.

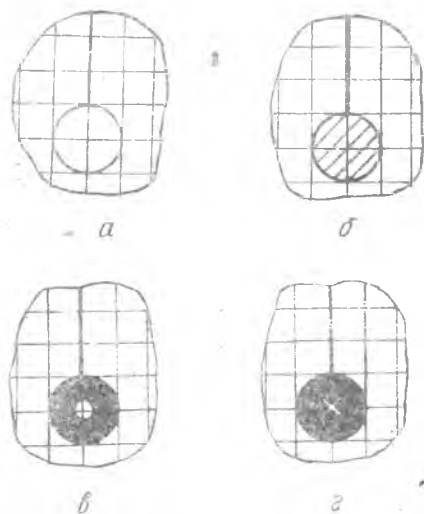
При необходимости указывают границы участков печатной платы, которые не допускается занимать проводниками, на чертеже следует применять штрих-пунктирную утолщенную линию.

Для простановки размеров, обозначений шероховатости поверхности, маркировки и т.п. допускается приводить на чертеже дополнительный вид, на котором рисунок печатной платы следует изображать частично. При этом над таким видом должна помещаться соответствующая надпись, например: "Вид без проводников".

Круглые контактные площадки с круглыми отверстиями следует изображать одной окружностью, как показано на рис. 19, а. Их форму и размеры следует определять на поле чертежа.

Печатную плату с повторяющимися элементами допускается изображать неполностью без ущерба для однозначности восприятия чертежа. При этом должна быть указана закономерность расположения таких элементов.

Проводники на чертеже должны изображаться одной линией, являющейся осью симметрии проводника, при этом на чертеже указывают численное



Р и с. 19. Варианты выполнения контактных площадок.

значение ширины проводника.

Проводники шириной более 2,5 мм могут изображаться двумя линиями, при этом если они совпадают с линиями координатной сетки, численное значение ширины на чертеже не указывается.

Отдельные элементы рисунка печатной платы (проводники, экраны, изоляционные участки и т.п.) допускается выделять на чертеже штриховкой, зачернением, растриванием и т.п. без ущерба однозначности восприятия чертежа (рис. 19, б, в, г).

Отверстия, близкие по диаметру (например, 0,6 и 0,8 или 1,3

и 1,5), изображают окружностью одного диаметра, при этом необходимо обязательно показывать условное обозначение диаметра отверстия.

В технических требованиях на чертеж печатной платы помимо особых требований, вносимых конструктором, необходимо указывать следующее:



1. Плату изготовить . . . . . методом.
2. Шаг координатной сетки . . . . . (указать 2,5 мм или 1,25 мм).
3. Конфигурацию проводников выдерживать по координатной сетке с отклонением от чертежа  $\pm$  . . . . (указать величину отклонения: 1,5; 1,0 или 0,5 мм).
4. Места, обведенные штрих-пунктирной линией, проводниками не занимать.
5. Требования к параметрам элементов платы в соответствии с конструктивными данными рекомендуется оформлять в виде табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Параметры элементов платы, кроме мест, оговоренных особо	Размеры, мм, не менее	
	в свободных местах	в узких местах
Ширина проводников		
Расстояние между двумя проводниками		
Расстояние между двумя контактными площадками или проводником и контактной площадкой		

6. Форма контактной площадки - круглая,  $d =$  . . . .
7. Предельные отклонения расстояний между центрами отверстий, кроме оговоренных особо, в узких местах  $\pm 0,2$  мм, в свободных местах  $\pm 0,3$  мм.
8. Диаметры отверстий, их количество, указания о металлизации и условные обозначения отверстий необходимо свести в табл. 6.
9. Маркировать краской МКЭЧ по ОСТ 4 ГО.028.001 шрифт . . . по НО ОГО.007.

Т а б л и ц а 6

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия, мм	Наличие металлизации в отверстии	Количество отверстий
	0,8 <sup>+0,1</sup>	есть	60
	1,0 <sup>+0,12</sup>	есть	30

Чертеж сборочной единицы с печатным монтажом выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-68 с обязательным оформлением спецификации по ОСТ 4 ГО.000.058 и указанием позиций на поле чертежа. Чертеж обычно состоит из двух основных проекций: одна - вид со стороны установки навесных элементов, другая - вид сбоку, где условно общим контуром должны быть показаны навесные элементы по максимальному габариту. На этом же чертеже в укрупненном масштабе показывается установка навесных элементов, если она не оговорена в табл. 4. Кроме этого, должна быть указана маркировка элементов, при этом нумерация выводов навесных элементов совпадает с их нумерацией на принципиальной схеме.

Технические требования на чертеже записываются, как правило, в следующей последовательности:

1. Подготовку, установку и пайку элементов производить соответственно по ОСТ 4 ГО.054.087, ОСТ 4 ГО.054.088 и ОСТ 4 ГО.054.089.

2. Установку элементов производить по ОСТ 4 ГО.010.030: Шаг координатной сетки ... Элементы поз ... установить по варианту

...

3. Технические требования к объемному монтажу по НО.010.001.

4. Защищенные концы проводов покрыть ПОС-61 ГОСТ 1499-70.

Примечание. Позиции 3, 4 записываются только при наличии объемного монтажа, например, при подпайке гибкого монтажа провода к жестким выводам транзисторов, переменных резисторов и т.д. или при наличии объемных перемычек.

5. Паять ПОС-61 ГОСТ 1499-70.

6. Схемные обозначения элементов и нумерация выводов пока-

заны условно согласно электрической принципиальной схеме .... ЭЗ.

7. Печатные проводники условно не показаны.

П р и м е ч а н и е. Позиция 7 записывается только в случае двустороннего печатного монтажа.

8. Номер блока нанести краской МКЭБ по ОСТ 4 ГО.028.001 шрифт . . . по НО.010.007.

9. Плату покрыть лаком ( Э4100 ТУ ЯН-35-58 по ОСТ 4 ГО.054.029, предохранив от покрытия поз. . . .

П р и м е ч а н и е. От покрытия лаком предохраняются регулировочные элементы, регулировочные винты, выходные контакты и т.д., если необходимо предохранить от покрытия лаком целые участки печатной платы с установленными на них навесными элементами, то на главном виде эти участки выделяются пунктирной линией и им присваивается наименование, например: поверхность К, в технических требованиях записывают " . . . , предохранить от покрытия поверхность К ".

10. Общие технические требования по ОСТ 4 ГО.070.015.

11. Элементы поз. . . . подбираются при регулировке.

П р и м е ч а н и е. Позиция 11 записывается лишь при наличии регулировочных сопротивлений.

12. Размеры для справок.

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРОВОДЯЩЕГО РИСУНКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

I. Расчет диаметра контактных площадок  
и ширины проводников

I.1. Расчет диаметра контактных площадок для односторонних и двусторонних плат; изготавливаемых химическим методом:

Максимальный диаметр неметаллизированного отверстия  $d_{\text{макс}}$  в мм, определяется по формуле

$$d_{\text{макс}} = d + \Delta d,$$

где  $d$  - диаметр сверла, пуансона, мм;  
 $\Delta d$  - погрешность диаметра отверстия, мм.

Минимальный диаметр контактной площадки  $D_{\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$D_{\text{мин}} = \sqrt{1,28 P_0 + d_{\text{макс}}^2},$$

где  $P_0$  - минимальная площадь контактной площадки.

Максимальный диаметр контактной площадки  $D_{\text{макс}}$  в мм определяется по формуле

$$D_{\text{макс}} = D_{\text{мин}} + C,$$

где  $C$  - суммарный коэффициент технологических погрешностей, выбираемый в зависимости от метода изготовления печатной платы и применяемого технологического оборудования. Числовые значения этих погрешностей приведены в табл. I.

Минимальная ширина контактной площадки после подрезки  $B_{\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$B_{\text{мин}} = d_{\text{макс}} + 2\delta_m + 1,5 h_{\text{ф}} + C_1,$$

Т а б л и ц а I

Условное обозначение коэффициента	Значение коэффициентов для классов плотности элементов проводящего рисунка, мм	
	I	2 и 3
$C$	0,12	0,08
$C_7$	0,53	0,26
$C_2$	0,65	0,34
$C_8$	0,72	0,37
$C_{10}$	0,75	0,39
$C_{16}$	0,12	0,03
$C_{18}$	0,03	0,02

где  $b_M$  - расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки данного отверстия, численные значения приведены в табл. 2;

$h_f$  - толщина фольги.

Т а б л и ц а 2

Условное обозначение	Классы плотности проводящего рисунка		
	I	2	3
$b_{ш}$	0,06	0,05	0,03

Максимальная ширина контактной площадки после подрезки  $B_{\max}$  в мм определяется по формуле

$$B_{\max} = d_{\max} + 2b_M + 1,5h_f + C_2.$$

### 1.2. Расчет ширины проводников:

Максимальная ширина проводников  $t_{\max}$  в мм для односторонних и двусторонних плат, изготавливаемых химическим методом, определяется по формуле  $t_{\max} = t_{\min} + C_{16}$ ,



где  $t_{\text{мин}}$  - минимальная ширина проводника, мм, выбираемая из табл. 2.

1.3. Расчет диаметра контактных площадок и ширины проводников для двусторонних печатных плат, изготавливаемых комбинированным позитивным методом:

Минимальный диаметр контактной площадки  $D_{\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$D_{\text{мин}} = d_{\text{м.отв}} + 2\delta_{\text{ш}} + 1,5h_{\text{ф}} + C_{\text{в}},$$

где  $d_{\text{м.отв}}$  - диаметр металлизированного отверстия.

Максимальная ширина проводника

$$t_{\text{макс}} = t_{\text{мин}} + C_{\text{в}}.$$

## 2. Расчет минимальных расстояний между элементами проводящего рисунка

Минимальное расстояние между проводником и контактной площадкой  $S_{1\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$S_{1\text{мин}} = \ell - \left[ \left( \frac{D_{\text{макс}}}{2} + \delta_{\text{ш}} \right) + \left( \frac{t_{\text{макс}}}{2} + \delta_{\text{ш}} \right) \right],$$

где  $\ell$  - расстояние между центрами рассматриваемых элементов на чертеже, мм;

$\delta_{\text{ш}}$  - погрешность расположения элементов проводящего рисунка относительно координатной сетки на фотошаблоне, численные значения приведены в табл. 2.

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками  $S_{2\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$S_{2\text{мин}} = \ell - \left( \frac{D_{1\text{макс}} - D_{2\text{макс}}}{2} + 2\delta_{\text{ш}} \right),$$

где  $D_{1\text{макс}}$  и  $D_{2\text{макс}}$  - максимальные диаметры первой и второй рассматриваемых контактных площадок для соответствующего метода изготовления печатной платы в мм.

Минимальное расстояние между двумя проводниками  $S_{3\text{мин}}$  в мм определяется по формуле

$$S_{3\text{мин}} = r - \left( \frac{t_{1\text{макс}} + t_{2\text{макс}}}{2} + 2\delta_{\text{ц}} \right),$$

где  $t_{1\text{макс}}$  и  $t_{2\text{макс}}$  - максимальная ширина первого и второго рассматриваемых проводников для соответствующего метода изготовления печатной платы в мм.

### 3. Расчет минимального расстояния между элементами проводящего рисунка для прокладки $n$ -го количества проводников

3.1. Расчет минимального расстояния между элементами проводящего рисунка для прокладки  $n$  -го количества проводников на односторонних и двусторонних печатных платах, изготавливаемых химическим методом:

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками неметаллизированных отверстий  $l_{1\text{мин}}$  в мм для прокладки проводников определяется по формуле

$$l_{1\text{мин}} = \left( \frac{B_{1\text{макс}} + B_{2\text{макс}}}{2} + 2\delta_{\text{ц}} \right) + (t_{\text{макс}} + \delta_{\text{ц}})n + S(n+1),$$

где  $B_{1\text{макс}}$  и  $B_{2\text{макс}}$  - максимальные ширины подрезанных контактных площадок неметаллизированных отверстий, мм;  
 $n$  - количество проводников;  
 $S$  - выбирается из табл. 2 для соответствующего класса плотности проводящего рисунка, мм.

Минимальное расстояние между контактной площадкой неметаллизированного отверстия и краем печатной платы  $l_{2\text{мин}}$  в мм для прокладки проводников определяется по формуле

где  $a_1$  - расстояние от края платы до печатного проводника рисунка, мм.

3.2. Расчет минимального расстояния между элементами проводящего рисунка для прокладки  $n$  -го количества проводников на двусторонних печатных платах, изготовляемых комбинированным позитивным методом:

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками металлизированных отверстий  $l_{15\text{мин}}$  мм для прокладки проводников определяется по формуле

$$l_{15\text{мин}} = \left( \frac{D_{1\text{макс}} + D_{2\text{макс}}}{2} + 2\delta_{\text{ш}} \right) + (t_{\text{макс}} + \delta_{\text{ш}})n + S(n+1).$$

Минимальное расстояние между контактной площадкой металлизированного отверстия и краем платы  $l_{10\text{мин}}$  мм для прокладки проводников определяется по формуле

$$l_{10\text{мин}} = \left( \frac{D_{\text{макс}}}{2} + \delta_{\text{ш}} \right) + (t_{\text{макс}} + \delta_{\text{ш}})n + Sn + a_1.$$

#### Л и т е р а т у р а

1. Справочник конструктора РЭА. / Под ред Р.Г.Барламова. - М.: Советское радио, 1980, 480 с.
2. К и р п и ч е н к о в А.И., И з ю м о в а Е.Н. Конструирование и надежность РЭА. - М.: МАТИ, 1979.
3. ГОСТ 23.75I-79. Платы печатные. Требования и методы конструирования.
4. Отраслевой стандарт. Платы печатные. Конструирование. ОСТ4 ГО.010.011. Ред. I-70.
5. Отраслевой стандарт. Установка навесных элементов на печатные платы. ОСТ4 ГО.010.030. Ред. I-73.
6. ГОСТ 2.417-78. Правила выполнения чертежей печатных плат.

Составители: Вячеслав Васильевич Пахомов,  
Татьяна Николаевна Самойлова

КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ  
С ПЕЧАТНЫМ МОНТАЖОМ

Методические указания к лабораторной работе

Редактор Е.Д. Антонова  
Техн. редактор Н.М. Каленюк  
Корректор Н.Куприянова

Подписано в печать 19.03.82 г. Формат 60x84<sup>I</sup>/16  
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 2,56. Уч.-изд.л. 2,4. Тираж 300 экз.  
Заказ № 1606 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени С.П.Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.  
Областная типография им. В.П.Мяги,  
г. Куйбышев, ул. Беннета, 60.