

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»

С.М. Соленко, Т.В. Матюхина, Т.А. Рыжикова

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебно-методическое пособие _ по выполнению лабораторных работ (часть 1)

Санкт-Петербург
2017

УДК 621.396.69

Рецензент
кандидат технических наук, профессор СПбГУТ
Ю.Ф.Болтов

*Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве методических указаний*

Сотенко С.М.,

Основы конструирования электронных средств. :

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ (часть 1)
/ Матюхина Т.В., Сотенко С.М., Рыжикова Т.А. – СПб: Издательство
СПбГУТ, 2017. – 80 стр.

Даны методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы конструирования электронных средств», вопросы для самопроверки и список рекомендуемой литературы.

Предназначен для студентов направлений: **11.03.03** - конструирование и технология электронных средств; **11.03.01** – радиотехника; **11.03.02** – инфокоммуникационные системы и технологии (прикладной бакалавриат); **12.03.04** - биотехнические системы и технологии; **27.03.01** – метрология и стандартизация.

УДК 621.396.69

© Матюхина Т.В., Сотенко С.М., Рыжикова Т.А., 2017

© Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2017

Содержание

1.ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	
Разработка детали по сборочному чертежу изделия	4
2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	
Разработка аналогового узла на печатном монтаже	30
Список используемых источников	79

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

РАЗРАБОТКА ДЕТАЛИ ПО СБОРОЧНОМУ ЧЕРТЕЖУ ИЗДЕЛИЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научить студентов самостоятельно читать сложные сборочные чертежи РЭС. Развить практические навыки выполнения и оформления рабочих чертежей деталей в соответствии с требованиями ГОСТов ЕСКД. Разработать 2-3 детали по предложенному чертежу сборочной единицы.

2. ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Каждому студенту выдается сборочный чертеж радиоэлектронного устройства, оговариваются его назначение, условия эксплуатации и масштаб производства, указываются детали, подлежащие разработке.

Студенту необходимо:

2. 1. Ознакомиться с работой предложенного узла и уяснить назначение входящих деталей. Произвести анализ задания и сформулировать технические требования к детали.

2. 2. Ознакомиться с основными положениями ГОСТов ЕСКД по выполнению чертежей деталей и сборочных единиц.

2. 3. Разработать чертежи деталей в соответствии с требованиями ЕСКД.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

В результате анализа задания студент должен представить технические требования к разрабатываемой детали:

- определить форму и габаритные размеры указанных деталей;
- обосновать способ соединения деталей с другими частями сборочной единицы;

- обосновать выбор материалов и технологических методов изготовления деталей;

- обоснованно выбрать методы защиты деталей от внешних климатических воздействий.

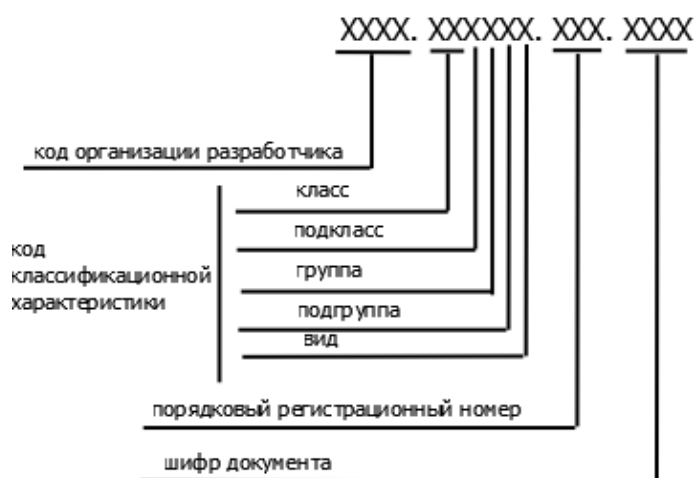
ГОСТ 2.102-2013 (взамен ГОСТ 2.102-68) за основной конструкторский документ для детали принимает чертёж детали, который содержит все необходимые данные для ее изготовления и контроля. ГОСТ 2.109-73 формулирует основные требования к выполнению чертежей деталей:

- форму детали;
- все рабочие размеры с указанием предельных отклонений;
- предельные отклонения формы и взаимные расположения поверхностей;
- класс шероховатости всех поверхностей детали;
- термообработку и требуемую твердость;
- материал и защитное покрытие детали;
- наименование детали и ее обозначение по классификатору.

Чертеж детали выполняется в одном из рекомендованных ЕСКД масштабов (предпочтительным является М1:1). Количество проекций должно быть минимальным для однозначного определения формы детали.

ГОСТ 2.104-2006 устанавливает порядок заполнения основной надписи и дополнительных граф в конструкторской документации на чертеже детали.

Классификационная характеристика является основной частью обозначения изделия и его конструкторского документа, устанавливаемая ГОСТ 2.201–80. Полное обозначение основного конструкторского документа состоит из кода организации-разработчика (четыре знака), кода классификационной характеристики (шесть знаков) и кода порядкового регистрационного номера (три знака) и шифра документа, т.е. XXXX.XXXXXX.XXX.XXX . Структура кода классификационной характеристики изделия представлена ниже:



Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия. Размеры должны проставляться от одной базы (базовой плоскости, оси отверстия) по каждой оси (вертикальной и горизонтальной). Габаритные размеры рекомендуется проставлять снизу и справа от изображения детали.

Точность выполнения детали определяется назначением данной детали и условиями ее работы в конструкции изделия. Достижение требуемой

точности определяется соответствующим технологическим методом изготовления.

Основные показатели точности изготовления деталей установлены единой системой допусков и посадок ЕСДП СЭВ.

ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП.

Поля допусков и рекомендуемые посадки

ГОСТ 25349-88 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП.

Поля допусков деталей из пластмасс

ГОСТ 25348-82 ЕСДП. Ряды допусков, основных отклонений и поля допусков для размеров свыше 3150 мм

ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП.

Общие положения, ряды допусков и основных отклонений

При изготовлении деталей конструкций РЭС принята система отверстия, т.е. совокупность посадок, в которой различные зазоры или натяги получают за счет соответствующего расположения поля допуска сопрягаемой детали - вала. Нижнее отклонение основного отверстия равно нулю, верхнее отклонение - положительно. Основное отклонение основного отверстия обозначается буквой *H*. Систему вала рекомендуется применять при использовании стандартных деталей, посадочные размеры которых выполнены в системе вала (например, посадка наружных колец шарикоподшипников в корпус).

Для получения необходимой степени точности указывают квалитет. Квалитет - совокупность допусков, характеризуемых постоянной относительной точностью для всех номинальных размеров диапазона.

ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88) устанавливает 20 квалитетов: 01, 0, 1, 2 ... 18. Квалитеты обозначают буквами *IT* и цифрой - номером квалитета *IT5, IT14*. Квалитеты (01 - 5) назначают при изготовлении средств измерения; (6 - 13) - для сопрягаемых размеров (посадок); (14 - 17) - для несопрягаемых размеров. При назначении квалитета учитывают эксплуатационные требования, производственные возможности и экономические затраты на изготовление деталей.

Номинальные размеры детали должны соответствовать значениям, указанным в основных или дополнительных рядах ГОСТ 6636-69* (СТ СЭВ 514-77).

В табл.1.1 приведены основные ряды размеров в диапазоне от 1 до 10 мм. При пользовании таблицей следует учитывать, что все размеры ряда меньшего номера входят в ряды больших номеров. Например, ряд Ra5 входит в ряды Ra10, Ra20 и Ra40.

ТАБЛИЦА 1. 1

НОРМАЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ ОТ 1 ДО 10 ММ
(основные ряды размеров)

Основные ряды размеров	Ряд Ra5	1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10
	Ряд Ra10	1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10
	Ряд Ra20	1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1; 8,0; 9,0; 10
	Ряд Ra40	1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,3; 5,6; 6,0; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10
Дополнительный ряд	1,25; 1,35; 1,45; 1,55; 1,65; 1,75; 1,85; 1,95; 2,05; 2,15; 2,3; 2,7; 2,9; 3,1; 3,3; 3,5; 3,7; 3,9; 4,1; 4,4; 4,6; 4,9; 5,2; 5,5; 5,8; 6,2; 6,5; 7,0; 7,3; 7,8; 8,2; 8,8; 9,2; 9,8	
<i>Примечание: Значения размеров в других десятичных интервалах получают умножением значений таблицы на 10, 100, 1000 и т.д.</i>		

В соответствии с ГОСТ 2.307-68* предельные отклонения линейных размеров указывают одним из трех способов:

- условными обозначениями полей допусков в соответствии с ГОСТ 25346-82 - 22H7; 22K6;
- численными значениями предельных отклонений:

$$22 \begin{matrix} +0,021 \\ \cdot \\ +0,015 \\ \cdot \\ +0,002 \end{matrix}$$

- условным обозначением поля допуска с указанием в скобках численных значений:

$$22H7^{(+0,021)}$$

При записи предельных отклонений рекомендуется пользоваться следующим: условное обозначение полей допусков указывается для размеров соответствующих нормальным линейным размерам; во всех остальных случаях рекомендуется указывать допуск в численном выражении, либо условным обозначением с указанием в скобках численного значения.

Отклонения размеров проставляют более мелкими цифрами, чем номинальный размер, но не менее 4 мм. Симметричные отклонения указывают равными по высоте цифрами номинального размера со знаком ±.

Например, $60 \pm 0,23$. Нулевые отклонения на чертежах не указывают, например:

$$22^{+0,021}$$

Отклонения размеров относительно низкой точности (IT12 - IT17) допускается на чертеже не указывать, а оговаривать в технических требованиях на поле чертежа, например: H14 - (для отверстий), h14 - (для валов), "неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий (охватываемых) H12, валов (охватываемых) h12, прочих $\pm \frac{IT12}{2}$ ". Посадки записывают в виде дроби, в числителе которой проставляют предельные отклонения охватываемого размера (отверстия), например, $\varnothing 22H7 / k6$.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОСАДОК

Посадки выбирают в зависимости от назначения и условий работы оборудования и механизмов, их точности, условий сборки. При этом необходимо учитывать и возможность достижения точности при различных методах обработки изделия. В первую очередь должны применяться предпочтительные посадки.

В основном применяют посадки в системе отверстия (сокращается номенклатура размерного режущего и калибровочного инструмента для отверстий). Посадки системы вала целесообразны при использовании некоторых стандартных деталей (например, подшипников качения) и в случаях применения вала постоянного диаметра по всей длине для установки на него нескольких деталей с различными посадками. Допуски отверстия и вала в посадке не должны отличаться более чем на 1 - 2 квалитета. Большой допуск, как правило, назначают для отверстия. Зазоры и натяги следует рассчитывать для большинства типов соединений, в особенности для посадок с натягом, подшипников жидкостного трения и других посадок.

Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему.

Посадки без гарантированного зазора используют в точных подвижных соединениях и в часто разбираемых или регулируемых соединениях. Наиболее распространенные посадки типа H/h. Они установлены в квалитетах (5 - 12) и обеспечивают минимальные зазоры.

Сочетание отверстия H с валом h (скользящие посадки) применяют главным образом в неподвижных соединениях при необходимости частой

разборки (сменные детали), если требуется легко передвигать или поворачивать детали одну относительно другой при настройке или регулировании, для центрирования неподвижно скрепляемых деталей.

Посадку H7/h6, H6/h5 - применяют для точного центрирования зубчатых колес или элементов датчиков угла и т.п.:

- а) для сменных зубчатых колес в станках;
- б) в соединениях с короткими рабочими ходами, например для хвостовиков пружинных клапанов в направляющих втулках (применима также посадка H7/g6);
- в) для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при натяжке;
- г) для точного направления при возвратно-поступательных перемещениях (поршневой шток в направляющих втулках насосов высокого давления);
- д) для центрирования корпусов под подшипники качения в оборудовании и различных машинах.

Посадку H8/h7 - используют для центрирующих поверхностей при пониженных требованиях к соосности и необходимости регулирования узла.

Посадки H8/h8, H9/h8, H9/h9 - применяют для неподвижно закрепляемых деталей при невысоких требованиях к точности механизмов, небольших нагрузках и необходимости обеспечить легкую сборку (зубчатые колеса, муфты, шкивы и другие детали, соединяющиеся с валом шпонкой; корпуса подшипников качения, центрирование фланцевых соединений), а также в подвижных соединениях при медленных или редких поступательных и вращательных перемещениях.

Для неточных соединений, центрирования фланцев и крышек используют посадки H9/h9, H10/h10, H11/h11, H12/h12.

Посадку H11/h11 - используют для относительно грубо центрированных неподвижных соединений (центрирование фланцевых крышек, фиксация накладных кондукторов), для неотчетливых шарниров.

Посадка H7/g6 - характеризуется минимальной по сравнению с остальными величиной гарантированного зазора. Применяют в подвижных соединениях для обеспечения герметичности (например, золотник во втулке пневматической сверлильной машины), точного направления или при коротких ходах (клапаны в клапанной коробке) и др.

В особо точных механизмах применяют посадки H6/g5 и даже H5/g4.

Посадку H7/f7 - применяют в подшипниках скольжения при умеренных и постоянных скоростях и нагрузках, в том числе в коробках скоростей;

центробежных насосах; для вращающихся свободно на валах зубчатых колес, а также колес, включаемых муфтами; для направления толкателей в двигателях внутреннего сгорания. Более точную посадку этого типа - Н6/ф6 - используют для точных подшипников, распределителей гидравлических передач легковых автомобилей.

Посадки Н7/е7, Н7/е8, Н8/е8 и Н8/е9 - применяют в подшипниках при высокой частоте вращения (в электродвигателях, в механизме передач двигателя внутреннего сгорания), при разнесенных опорах или большой длине сопряжения, например, для блока зубчатых колес в станках.

Посадки Н8/д9, Н9/д9 - применяют, например, для поршней в цилиндрах паровых машин и компрессоров, в соединениях клапанных коробок с корпусом компрессора (для их демонтажа необходим большой зазор из-за образования нагара и значительной температуры). Более точные посадки этого типа - Н7/д8, Н8/д8 - применяют для крупных подшипников при высокой частоте вращения.

Посадка Н11/д11 - применяется для подвижных соединений, работающих в условиях пыли и грязи (узлы сельскохозяйственных машин, железнодорожных вагонов), в шарнирных соединениях тяг, рычагов и т. п., для центрирования крышек паровых цилиндров с уплотнением стыка кольцевыми прокладками.

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала.

Переходные посадки предназначены для неподвижных соединений деталей, подвергающихся при ремонтах или по условиям эксплуатации сборке и разборке. Взаимная неподвижность деталей обеспечивается шпонками, штифтами, нажимными винтами и т.п. Менее тугие посадки назначают при необходимости в частых разборках соединения, при неудобствах разборки и возможности повреждения соседних деталей; более тугие - если требуется высокая точность центрирования, при ударных нагрузках и вибрациях.

Посадка Н7/п6 (типа глухой) дает наиболее прочные соединения. Примеры применения:

- а) для зубчатых колес, муфт, кривошипов и других деталей при больших нагрузках, ударах или вибрациях в соединениях, разбираемых обычно только при капитальном ремонте;
- б) посадка установочных колец на валах малых и средних электромашин;
- в) посадка кондукторных втулок, установочных пальцев, штифтов.

Посадка H7/k6 (типа напряженной) в среднем дает незначительный зазор (1-5 мкм) и обеспечивает хорошее центрирование, не требуя значительных усилий для сборки и разборки. Применяется чаще других переходных посадок: для посадки шкивов, зубчатых колес, муфт, маховиков (на шпонках), втулок подшипников.

Посадка H7/js6 (типа плотной) имеет большие средние зазоры, чем предыдущая, и применяется взамен ее при необходимости облегчить сборку.

Посадка с натягом – посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т.е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему.

Выбор посадки производится из условия, чтобы при наименьшем натяге были обеспечены прочность соединения и передача, нагрузки, а при наибольшем натяге - прочность деталей.

Посадку H7/p6 применяют при сравнительно небольших нагрузках (например, посадка на вал уплотнительного кольца, фиксирующего положение внутреннего кольца подшипника у крановых и тяговых двигателей).

Посадки с натягом H/p, H/r, H/t, H/s гарантируют неподвижность соединения. Поля допусков пластмассовых деталей установлены в пределах 8 - 17 квалитетов. Предельные отклонения на установочные размеры определяются по специальным таблицам, составленным с учетом вида соединения (винтовое или болтовое), количества отверстий, диаметров крепежного элемента d и отверстия D .

Соединение крепежными деталями бывают двух типов А и В. В соединениях типа А (болтовом) зазоры предусмотрены в обеих соединяемых деталях (например, в соединениях болтами, заклепками), в соединениях типа В (винтовом) - только в одной детали (в соединениях винтами, шпильками, штифтами).

Таблица 1. 2

ПОЗИЦИОННЫЕ ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЙ ОСЕЙ ОТВЕРСТИЙ (ГОСТ 14140-81), мм

Диаметр стержня крепежно й детали, мм	Зазор S_{min} , мм	Допуск на межцентровый размер при коэффициенте использования зазора K					
		$K=1$		$K=0,8$		$K=0,6$	
		Тип А	Тип В	Тип А	Тип В	Тип А	Тип В
1-1,6	0,2	0,2	0,10	0,16	0,08	0,12	0,06

	0,3	0,3	0,16	0,25	0,12	0,16	0,10
2-3	0,2	0,2	0,10	0,16	0,08	0,12	0,06
	0,4	0,4	0,20	0,30	0,16	0,25	0,12
4 и 5	0,3	0,3	0,16	0,25	0,12	0,16	0,10
	0,5	0,5	0,25	0,40	0,20	0,30	0,16
6-8	0,4	0,4	0,20	0,30	0,16	0,25	0,12
6 и 7	0,6	0,6	0,30	0,50	0,25	0,40	0,20
8	1,0	1,0	0,50	0,80	0,40	0,60	0,30
10	0,5	0,5	0,25	0,40	0,20	0,30	0,16
	1,0	1,0	0,50	0,80	0,40	0,60	0,30
12-22	1,0	1,0	0,50	0,80	0,40	0,60	0,30
	2,0	2,0	1,00	1,60	0,80	1,20	0,60

Примечание: Рекомендуется принимать $K=1$ или $K=0,8$ для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей; $K=0,8$ или $K=0,6$ для соединений, в которых необходима регулировка взаимного расположения деталей.
В таблице приведены симметричные значения допуска (например, $\pm 0,2$).

Допуски расположения сквозных гладких отверстий в соединениях типов А и В рекомендуется назначать зависимыми, если это не ослабляет прочность деталей. Для резьбовых отверстий в соединениях типа В рекомендуются зависимые допуски при малых нагрузках винтов и независимые - для шпилек и тяжело нагруженных винтов. На центрируемые и базовые элементы рекомендуется назначать зависимые допуски. В соответствии с ГОСТ 14140-81 предельные отклонения размеров, координирующих оси отверстий, приведены в табл 1. 2.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.


При предъявлении особых требований, связанных с условиями работы, изготовления или измерения детали, в чертежах нужно указать предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

Группы и виды допусков формы и расположения поверхностей, в соответствии с ГОСТ 24642-81, приведены в табл. 1. 3.

ТАБЛИЦА 1. 3

ДОПУСКИ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ГРУППА ДОПУСКОВ	ДОПУСК	ОБОЗНАЧЕНИЕ ПО ГОСТ 2.308-79*
	Прямолинейности	—
	Плоскостности	

Допуски формы	Круглости	
	Цилиндричности	
	Профиля продольного сечения	
Допуски расположения	Параллельности	
	Перпендикулярности	
	Наклона	
	Соосности	
	Симметричности	
	Позиционный	
	Пересечения осей	
Суммарные допуски формы и расположения	Радиального биения	
	Полного радиального биения Полного торцового биения	
	Формы заданного профиля	
	Формы заданной поверхности	

Допуски на отклонения формы и расположения поверхностей указываются на чертежах условными обозначениями или в тексте технических требований на поле чертежа в соответствии с ГОСТ 2.308-79*.

Если по условиям работы детали нет необходимости предъявлять особые требования к отклонениям формы и расположения поверхностей, то эти отклонения определяются полями допусков на соответствующие размеры.

ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ЧЕРТЕЖАХ.

ГОСТ 2789-73 полностью соответствует СТ СЭВ 638-77 и международной рекомендации по стандартизации ИСО Р 468.

Он устанавливает перечень параметров и типов направлений неровностей, которые должны применяться при установлении требований и контроле шероховатостей поверхности, числовые значения параметров и общие указания.

Структура обозначения шероховатости представлена на рис.1.

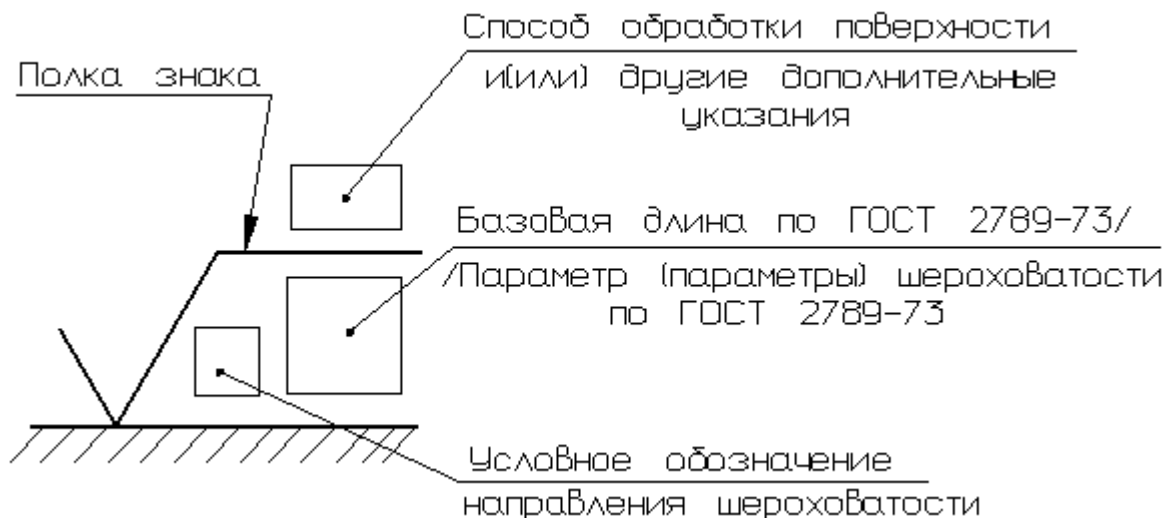


Рис. 1 Структура обозначения шероховатости

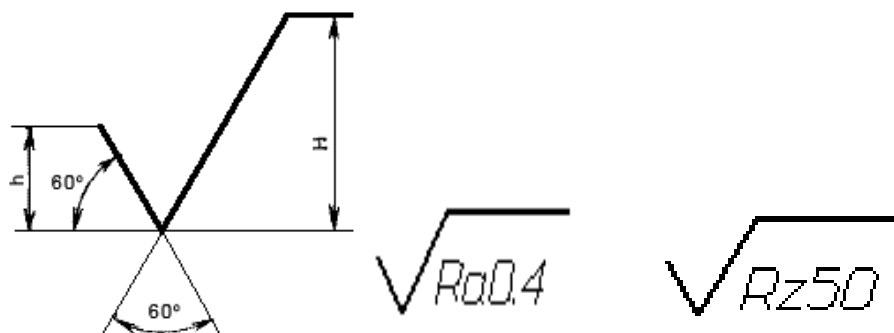


Рисунок 2. Обозначение шероховатости поверхности без указания способа обработки

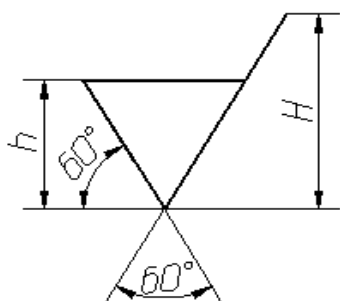


Рисунок 3. Обозначение шероховатости поверхности при образовании которой обязательно удаление слоя материала

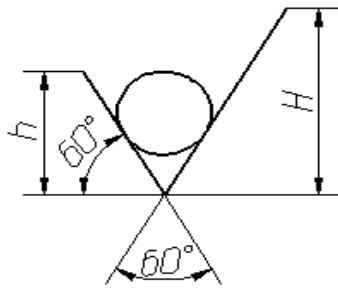


Рисунок 4. Обозначение шероховатости поверхности при образовании которой осуществляется без удаление слоя материала



Рисунок 5. Пример указания вида обработки поверхности

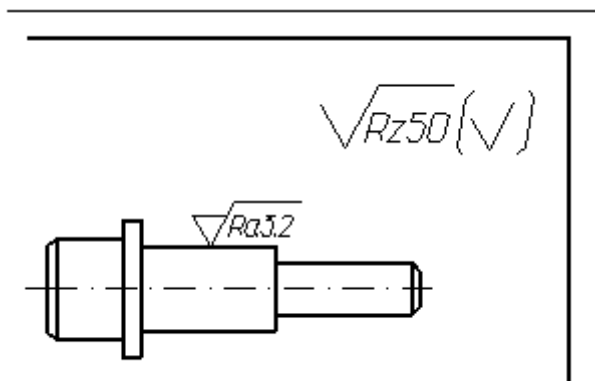


Рисунок 6. Указание шероховатости одинаковой для части поверхностей изделия

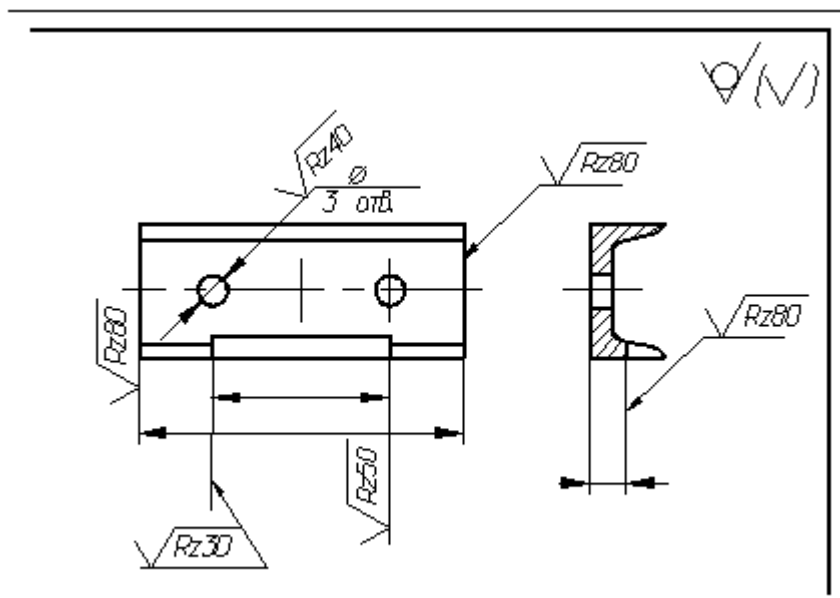


Рисунок 7. Указание шероховатости когда большая часть поверхностей не обрабатывается по данному чертежу

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ И ИХ ЧИСЛЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ

Требования к шероховатости поверхности детали устанавливают исходя из функционального назначения поверхности, конструктивных особенностей детали и возможности их достижения рациональными методами обработки детали. При выборе параметров шероховатости учитывают их влияние на эксплуатационные свойства поверхности (см. табл. 1.4). Наиболее характерны для конструирования РЭС значения параметров Ra и Rz в микронах, причем параметр Ra является предпочтительным.

Таблица 1. 4

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ И
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ
ИХ ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ**

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА	ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ
Износоустойчивость при всех видах трения	Ra (Rz), tp, направление неровностей
Виброустойчивость	То же и дополнительно Sm, S
Контактная жесткость	Ra (Rz), tp
Прочность соединения	Ra (Rz), tp
Усталостная прочность	Rmax, Sm, S, направление неровностей
Герметичность соединения	Ra (Rz), Rmax, tp

В табл. 1. 4 введены следующие обозначения:

t_p - относительная опорная длина профиля;

R_{max} - наибольшая высота неровностей в пределах базовой длины;

Ra - среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz - высота неровностей по десяти точкам измерения;

S_m, S - средний шаг неровностей и средний шаг по вершинам.

ГОСТ 2789-73 устанавливает 14 классов шероховатости. Класс большего номера соответствует меньшей шероховатости.

В табл. 1. 5 представлены численные значения параметров Ra и Rz в зависимости от класса шероховатости

Таблица 1. 5

ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ (по ГОСТ 2789-73)

КЛАСС ШЕРОХОВАТОСТИ	РАЗРЯД	ПАРАМЕТРЫ ШЕРОХОВАТОСТИ, МКМ		БАЗОВЫЕ ДЛИНЫ, МКМ
		Ra	Rz	
1	---	100...50,0	400...200	8
2	---	50...25,0	200...100	
3	---	25...12,5	100... 50,0	
4	---	12,5...10,0	50,0...25,0	2,5
5	---	6,3... 3,2	25,0...12,5	
6	а	3,2...2,0	12,5...10,0	0,8
	б	2,0...1,6	10,0... 8,0	
	в	1,6...1,25	8,0... 6,3	
7	а	1,25...1,0	6,3... 5,0	
	б	1,0 ...0,8	5,0... 4,0	
	в	0,8 ...0,63	4,0... 3,2	
8	а	0,63...0,5	3,2...2,5	
	б	0,5 ...0,4	2,5...2,0	
	в	0,4 ...0,32	2,0...1,6	
9	---	0,32...0,16	1,6...0,8	0,25
10	---	0,16...0,08	0,8...0,4	
11	---	0,08...0,04	0,4...0,2	
12	---	0,04...0,02	0,2...0,1	
13	---	0,02...0,01	0,1...0,05	0,08
14	---	0,01...0,005	0,05...0,025	

Для грубых поверхностей (1...3 класс) и очень чистых (11...14 класс) рекомендуется использовать параметр Rz . Для классов 4...10 используют параметр Ra . Это ограничение связано с используемыми методами измерения шероховатости.

Данные о достижимой шероховатости поверхности при различных видах ее обработки приведены в табл. 1. 6 и табл. 1. 7; в зависимости от функционального назначения - в табл. 1. 8.

Таблица 1.6

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ И ТОЧНОСТЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

ВИД ОБРАБОТКИ		КЛАСС ШЕРОХОВАТОСТИ				КВАЛИТЕТ	
		Стали	Латуни, бронзы	Легкие сплавы	Неметалл. материалы	Экономичные IT	Достижимые IT
Сверление	до Ø15 мм	4 - 6	5 - 6	4 - 6	4 - 6	14	15
	свыше Ø15 мм	3 - 4	4 - 5	4 - 5	4 - 6	11 - 14	до 9
Зенкерование	чистовое	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	9 - 14	до 7 - 8
Точение наружное	получистовое	5 - 6	5 - 7	5 - 7	-----	10 - 14	-----
	чистовое	6 - 7	6 - 8	6 - 8	5 - 6	7 - 12	-----
Растачивание	получистовое	5 - 6	6	6	-----	12 - 14	-----
	чистовое	7 - 9	7 - 9	7 - 8	4 - 6	7-12	-----
Развертывание	получистовое	6 - 7	6 - 7	6 - 7	----	9	-----
	чистовое	7 - 9	7 - 9	8 - 9	----	7 - 8	-----
Фрезерование цилиндрическое	обдирочное	3 - 4	4 - 5	4 - 5	----	9 - 12	-----
	чистовое	7	7 - 8	7 - 8	----	8 - 10	-----
Фрезерование торцевое	обдирочное	3 - 4	4	4	----	9 - 12	-----
	чистовое	7 - 8	8 - 9	8 - 9	----	7 - 11	-----
Подрезание торцов	получистовое	4 - 5	5 - 6	5 - 6	----	----	-----
	чистовое	6 - 7	7 - 8	7 - 8	4 - 6	----	-----
	тонкое	8 - 9	8 - 9	8	----	----	-----
Нарезание резьбы наружное	плашкой	6	6	6	----	7 - 9	-----
	резцом	6 - 8	6 - 8	6 - 8	----	7 - 9	-----
	роликом	8 - 9	----	8 - 9	----	----	-----
Нарезание резь- бы внутреннее	метчиком	5 - 6	5 - 6	5 - 6	----	7 - 9	-----
	резцом	6 - 8	7 - 8	7 - 8	----	7 - 9	-----
Полирование	обычное	7 - 10	7 - 10	----	----	7	-----
	тонкое	11 - 12	----	----	----	----	-----

Таблица 1. 7

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

СПОСОБ ЛИТЬЯ	Масса отливки, кг	Наименьшая толщина стенок, мм	Точность размеров отливки (квалитет)	Класс шероховатости поверхности	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
В песочные (разовые) формы	Не ограничена	3 - 4	IT14 - IT16	1 - 2	Единичное и мелкосерийное производство деталей различных размеров, массы и конфигурации из сплавов цветных металлов.
В металлические постоянные формы (кокиль)	Не ограничена	2 - 3	IT12 - IT14	4 - 7	Серийное и массовое производство деталей из сплавов цветных металлов и стали.
Под давлением	До 10	1,5 - 2,0	IT9 - IT12	7 - 8	Крупносерийное и массовое производство деталей из цветных сплавов.
По выплавляемым моделям	До 10	1,0 - 1,5	IT11 - IT12	4 - 6	Серийное и массовое производство.
В оболочковые формы	До 10	2,0 - 2,5	IT12	3 - 4	Крупносерийное и массовое производство крупногабаритных деталей.
Центробежное	До 10	2.0	IT12 - IT14	6 - 7	Единичное, серийное и массовое производство отливок, имеющих форму тел вращения.

ЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

ТИПОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ	мкм	Класс шер.	
Нерабочие контуры деталей	320-160	1-2	Rz
Отверстия для крепежных деталей	80	3	
Свободные несопрягаемые торцовые поверхности валов и т.д.	40	4	
Поверхности, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся сопряженными	20	5	
Радиусы скругления	2,5	6	Ra
Поверхности разъема герметичных соединений, отверстия подшипников скольжения	1,25	7	
Валы в регулируемых соединениях, точные червячные и зубчатые колеса	0,63	8	
Шейки валов 5-го, 6-го квалитетов	0,32	9	
Поверхности, работающие на трение, от износа которых зависит точность работы механизмов	1,6	6	

ВЫБОР И ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.

При выборе материала для деталей конструкции РЭС необходимо сформулировать технические требования к материалу исходя из условий эксплуатации, хранения и технологии изготовления детали. При этом следует учесть, что при эксплуатации конструкционные материалы испытывают разнообразные внешние воздействия: механические, климатические, работают в электрических, магнитных и тепловых полях. Поэтому от правильного выбора материалов деталей во многом зависят технические характеристики и работоспособность РЭС.

Технические требования к конструкционным материалам можно разделить на три группы:

1. Эксплуатационные.
2. Технологические.
3. Экономические.

Две первых группы требований определяют возможность применения наиболее прогрессивных методов формообразования. Однако, выбор материала предполагает знание его физических, механических и технологических свойств с учетом стоимости.

Эксплуатационные требования определяются условиями работы в РЭС и зависят от основных свойств материалов:

- объемной или поверхностной прочности материала с учетом предела прочности для хрупких материалов, предельной прочности, предела текучести, предела выносливости, твердости;
- жесткости, характеризующейся модулем упругости E
- упругости;
- плотности;
- коррозионной стойкости;
- антифрикционности;
- электропроводности, теплопроводности, магнитных характеристик и т.д.

Технологические требования заключаются в возможности изготовления детали в производстве с минимальной трудоемкостью.

Экономические требования к материалу определяются его себестоимостью и дефицитностью.

Для изготовления деталей конструкций РЭС применяют черные и цветные металлы, пластмассы, волокнистые изоляционные материалы, керамику, слюду, стекла. Металлы поставляются либо в виде определенного сортамента, либо в виде литейных сплавов; неметаллические - в виде порошков, гранул либо в виде сортамента - листов, труб, прутков.

Наиболее часто используются материалы следующих марок.

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Стали:

- углеродистые стали, стали высокой пластичности - СТ10КП, 08КП, 05КП - для малонагруженных, термически необрабатываемых деталей и деталей, получаемых методом холодной штамповки - корпусов, крышек, прокладок, экранов;

- углеродистые стали невысокой прочности - 15КП, СТ20, СТ25 для фланцев, осей, шестеренок, рычагов и т.п., деталей, подвергающихся цементации и цианированию с последующей закалкой;

- углеродистые стали средней прочности, закаливаемые - СТ40, СТ45 используют для изготовления осей, рычагов, шестерен после нормализации, закалки с низким отпуском, поверхностного упрочнения;

- легированные конструкционные стали - 14Х17Н2 для изготовления мелко модульных зубчатых колес, работающих в условиях повышенной влажности; 12Х18Н9Т - немагнитные, обладающие очень высокой коррозионной стойкостью - для осей электромагнитных реле, служащих для коммутации высоковольтных цепей; 12Х18Н10Т - для деталей,

изготавливаемых методами холодной штамповки и сварки, предназначенных для работы в условиях высокой температуры и влажности; сталь 36Н (инвар) - аустенитная сталь с минимальным коэффициентом линейного расширения при изменениях температуры от $t=-70^{\circ}\text{C}$ до $t=+100^{\circ}\text{C}$ - применяется в коаксиальных контурах;

- стали для пружин - СТ60, СТ70, СТ50, Г65.

Алюминиевые сплавы:

алюминиевые сплавы марок АМц, АМг, Д16, АД1, В95 поставляются в виде определенного сортамента - плит, прутков, листов, труб, фасонного профиля - для изготовления деталей несущих конструкций различного назначения; АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34 - в виде литейных сплавов для изготовления деталей сложной формы.

Магниевые сплавы:

магниевые сплавы обладают низкой плотностью ($1,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) по сравнению с другими металлическими сплавами; сплавы марок МА1, МА2, МА8, МА15 выпускаются в виде листов, прутков, плит, профилей, труб и в виде литейных сплавов. Сплавы магния обладают малой усадкой, высокими механическими свойствами, но склонны к окислению и образованию макро- и микротрещин;

титановые сплавы марок В4Т, ВТ5 пригодны для изготовления деталей методом холодной штамповки, имеют высокую коррозионную стойкость, обладают малым коэффициентом теплопроводности и низким модулем упругости.

Медные сплавы:

медные сплавы (латуни, бронзы) характеризуются высокими механическими свойствами, электропроводностью, немагнитностью, хорошими коррозионными свойствами, надежно работают при отрицательных температурах:

- латунь Л63 применяется для изготовления деталей (корпусов, крышек, фланцев, экранов, кожухов, шин), работающих в ВЧ полях при больших механических нагрузках;

- латунь ЛС59-1 используется для изготовления токопроводящих деталей, работающих в ВЧ полях, хорошо обрабатывается резанием;

- латунь ЛК80-3Л - кремнистая литейная латунь применяется для изготовления токоведущих деталей сложной формы, работающих в ВЧ полях, обладает хорошими антифрикционными свойствами;

бронза БрБ2 применяется для изготовления токонесущих пружин сложной конфигурации, работающих в ВЧ полях, не требует защитного покрытия;

- бронза БрОФ65-0,15 применяется для изготовления токоведущих деталей, работающих в ВЧ поле при высоких удельных нагрузках и высоких скоростях вращения, не требует антикоррозионного покрытия.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Пластмассы на основе полиолефинов - полиэтилен, полипропилен используются как конструкционные и изоляционные. Они допускают изготовление детали литьем под давлением или прессованием.

Пластмассы на основе полистирола менее пластичны, чем полиэтилен или полипропилен. На основе полистирола выпускают пластики, отличающиеся высокими механическими свойствами, тепло- и химической стойкостью, способностью работать в тропических условиях. Фольгированный полистирол используют для печатного монтажа.

Пластмассы на основе фторопластов (фторопласт-4) обладают хорошими изоляционными свойствами в ВЧ полях, хорошо обрабатываются механически, но склонны к холодной текучести. Поставляются в виде листов, труб, прутков.

Стеклопластики:

- марки ДСВ - используются для изготовления тонкостенных кожухов и установочных деталей сложной формы;

- марки АГ-4 - обладают хорошей теплостойкостью и механической прочностью - используются для несложных по форме деталей;

- К-214-52 - обладают водостойкостью и повышенной механической прочностью.

Листовые стеклопластики:

- СТ, СТ-Б, СТ-1, СТ-П используют в нормальных условиях, СТБК, СТК, СТЭФ-1 - в тропических;

СФ-1, СФ-2 - фольгированные листовые стеклопластики применяются для печатных плат.

Если деталь будет изготовлена путем механической обработки из цветного металла, поставляемого в виде сортамента - листа, плиты, квадрата трубы и т.п., то при записи материала необходимо указать сортament, марку материала и номер стандарта на сортament, например, лист из сплава алюминия марки АД1 толщиной 2мм:

Лист АД1-2 ГОСТ 21488-76;

труба из латуни марки Л63. мягкой, наружного диаметра 28 мм, толщиной стенки 3 мм, длиной 150 мм:

Труба Л63 М 28х3х150 ГОСТ 94-76;
проволока из алюминиевого сплава марки АД1 диаметром 3 мм:

Проволока АД1-3 ГОСТ 14838-78;

плита из алюминиевого сплава Д16 толщиной 12 мм:

Плита Д16-12 ГОСТ 17232-71.

Для черных металлов в технической документации указывают марку, категорию и подгруппу стали, типоразмер проката и номер стандарта. Например, квадрат со стороной 50 мм горячекатанной стали (В) марки 30, 2-й категории подгруппы "а":

квадрат $\frac{В - 50 \text{ ГОСТ } 2591-71^}{30 - 2 - а \text{ ГОСТ } 1050 - 74^{**}}$,*

или лист толщиной 1,4 мм горячекатанной стали (В) нормальной группы отделки поверхности (ГУ), нормальной группы вытяжки (Н) марки 10КП:

лист $\frac{В - 1,4 \text{ ГОСТ } 14918-69}{ГУН 10КП \text{ ГОСТ } 16523-70}$.

При изготовлении детали из любого материала методами штамповки, литья или прессования, в обозначении указывают марку сплава или прессматериала. Например, литье под давлением из магниевого сплава МЛ5:

Сплав МЛ5 ГОСТ 2856-68;

литье под давлением или прессование из эпоксидной пластмассы:

Прессматериал ГУП-264П ГОСТ 10587-84.

Условное обозначение неметаллических материалов, например, лист толщиной 1,5 мм фольгированного с одной стороны стеклотекстолита:

Лист СФ-1,5 ГОСТ 10316-70.

Труба из фторопласта-4-Н наружным диаметром 20 мм, толщиной стенки 2 мм:

Заготовка из фторопласта 4Н-О20х2 ГОСТ 13744-76.*

Пластмасса на основе эпоксидной смолы марки УП-264П ГОСТ 10587-84:

Прессматериал УП-264П ГОСТ 10587-84.

ВЫБОР И ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОКРЫТИЯ.

Выбор защитного покрытия производится с учетом функционального назначения детали, условий хранения и эксплуатации изделия, с учетом взаимодействия с соприкасающимися деталями в конструкции. Детали, расположенные внутри блоков, должны защищаться металлическими оксидными или пассивными пленками; поверхности деталей, соприкасающиеся с внешней средой, должны быть дополнительно защищены лакокрасочными покрытиями.

ГОСТ 9.306-85 классифицирует металлические и неметаллические неорганические покрытия по способу получения, функциональным и декоративным свойствам и по способу дополнительной обработки покрытия.

Классификация покрытий в зависимости от условий эксплуатации приведена в табл. 1. 9.

Таблица 1. 9

УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ

ГРУППА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ (обозначение)	УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ	ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, °С
Легкие (Л)	Отапливаемые помещения и склады	от +1 до +40
Средние (С)	Помещения без регулируемых климатических условий с большими колебаниями температуры и влажности	от -50 до +40
Жесткие (Ж)	Открытые площадки, навесы в районах с умеренным и холодным климатом. Помещения без регулируемых климатических условий в районах с тропическим климатом.	от -50 до +50
Особо жесткие (ОЖ)	Открытые площадки с любым климатом (включая тропический), с большими колебаниями температуры и влажности.	от -50 до +60

При выборе покрытий следует учитывать изменение размеров деталей, а также изменение свойств материалов детали в процессе покрытия, разность потенциалов между металлом покрытия и деталью и между покрытиями сопрягаемых деталей.

Детали, изготовленные по квалитетам точности 01 - 4 следует изготавливать из материалов, не требующих покрытий: детали, изготовленные по 5 - 8 квалитетам, можно защищать покрытиями, полученными химическим способом (например, никелированием) и некоторыми покрытиями, полученными гальваническим способом (цинкование, кадмирование и др.); детали, выполненные по 9 - 17 квалитетам, можно защищать покрытиями всех видов.

Материал детали может изменять свои свойства в процессе нанесения покрытия (например, при нанесении диффузионных покрытий на деталь воздействуют высокие температуры, вызывающие структурные изменения в материале детали - отжиг, отпуск, потерю твердости; при гальванических

покрытиях углеродистых сталей происходит насыщение водородом, что увеличивает хрупкость деталей).

Разность потенциалов металла покрытия и основного металла (или сопрягаемых деталей с покрытиями) должна быть возможно меньшей. В зависимости от поляризуемости пленки металла различают *катодные и анодные покрытия*. **Катодное покрытие** (если электродный потенциал металла покрытия в данной среде более положительный, чем электродный потенциал основного металла) обеспечивает только механическую защиту детали. **Анодное покрытие** (если электродный потенциал металла покрытия более отрицательный) обеспечивает и механическую и электрохимическую защиту основного металла детали.

В табл.1.10 приведены электрохимические потенциалы ряда металлов в различных средах.

Таблица 1. 10

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ МЕТАЛЛОВ

Металл	Электрохимический потенциал, мВ	Металл	Электрохимический потенциал, мВ
Среда: пресная вода		Среда: морская вода	
Серебро	+ 194	Серебро	+ 149
Медь	+ 140	Никель	+ 46
Никель	+ 118	Медь	+ 10
Алюминий	- 169	Свинец	- 259
Олово	- 175	Цинк	- 284
Свинец	- 284	Сталь	- 335
Сталь	- 350	Кадмий	- 509
Кадмий	- 574	Алюминий	- 667
Цинк	- 823	Олово	- 809

В табл. 1. 11 приведены пары металлов с точки зрения их конструкционной совместимости друг с другом.

Для стали в обычных условиях эксплуатации и отсутствия в атмосфере хлористых соединений применяют цинковые покрытия, в жестких условиях (морской климат) - кадмирование. Для увеличения твердости используется хромовое покрытие. Оно может использоваться в любых условиях работы при наличии никелевого и медного подслоя (например, *M9.H6.X; M18.H9.X*). То же относится и к хромовым покрытиям по меди и медным сплавам (латуням).

Таблица 1. 11

ПАРЫ МЕТАЛЛОВ

ПАРА МЕТАЛЛОВ	СВОЙСТВА И РЕКОМЕНДАЦИИ
Алюминий - медь	Сильно корродирует алюминий. Пары недопустимы.
Алюминий - латунь	
Алюминий - бронза	

Алюминий - магний	Нежелательная пара, т.к. при контактных соединениях корродирует магний.
Алюминий - сталь	Используется благодаря небольшой разности потенциалов.
Алюминий - нержавеющая сталь	Пара может работать в нормальных условиях, в морской среде сильно корродирует алюминий.
Титан - алюминий	Допустимая пара во всех условиях, кроме погружения в морскую воду (титан усиливает коррозию алюминия).
Магниевого сплавы - любые металлы	Сильная коррозия магния. В зоне соединения рекомендуется хорошая защита - грунтовка, шпаклевка, окраска.

Для коррозионной защиты хромовое покрытие наносят только на подслоу никеля (*H6.X; хим.H9.X*) для всех условий эксплуатации. Подслоу никеля обязателен при нанесении хромового покрытия по алюминиевым сплавам (*H18.X; хим.H24.X*).

Никелевое покрытие хорошо защищает сталь по подслоу меди (*M6.H6*). Для защиты деталей из алюминиевых сплавов используется многослойное покрытие медь-никель-олово-висмут. При этом медь необходима для хорошей адгезии к основному металлу, никель - для придания твердости, олово - для паяемости и висмут - для защиты покрытия от "оловянной чумы" (разрушения олова под действием низкой температуры).

Для алюминия и его сплавов в нормальных условиях эксплуатации используют оксидное покрытие (неметаллическое) как антикоррозионное и декоративное.

Ряд металлов и сплавов в условиях климата средних широт могут работать без защитных покрытий: титановые сплавы ВТ-0, ВТ-1; бронзы БрБ2, БрКМц3-1, БрБг; нержавеющие стали Х18Н9Т, ОХ13.

Лакокрасочные покрытия обладают лучшими антикоррозионными свойствами, но меньшей механической прочностью по сравнению с гальваническими. Лакокрасочные покрытия являются, кроме того, декоративными, поэтому выбираются с учетом требований технической эстетики. В жестких условиях эксплуатации гальванические покрытия используются как подслоу лакокрасочных.

Условное обозначение покрытия записывается в примечании на поле чертежа. Металлические и неметаллические покрытия записываются в следующем порядке:

- способ обработки основного металла под покрытие;
- способ получения покрытия;
- толщина;
- материал;

- функциональные или декоративные свойства; дополнительная обработка покрытия.

В обозначении покрытия не обязательно наличие всех перечисленных пунктов.

Пример обозначений:

Хромовое покрытие с подслоем меди толщиной 18 мкм и слоем никеля толщиной 15 мкм, зеркальное

M18.N15.X.зк.

Цинковое покрытие толщиной 9 мкм, оксидированное в черный цвет

Ц9.окс.ч.

Химическое оксидное покрытие

Хим.окс.

Оксидное блестящее покрытие с последующей окраской пленки черным красителем

Ан.окс.б.черное.

Комбинированное покрытие - гальваническое и лакокрасочное: защитное кадмиевое толщиной 9 мкм с хроматированием и окраска серой пентафталевой эмалью ПФ-218 по II классу для эксплуатации внутри помещения

Кд 9.хр.

эмаль ПФ - 218, серый II. П.

В случае, если какие либо поверхности детали не окрашиваются, на чертеже стрелкой и буквой указывают эти поверхности, а в знаменателе условного обозначения делается дополнительное указание

Кд 9. хр

эмаль ПФ - 218, серый II. П, кроме поверхности А

Таблица 1. 12

ТИПЫ РЕЗЬБЫ

ТИП	НОМЕР ГОСТА	НОМИНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР	НАЗНАЧЕНИЕ	ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ
Метрическая основная	24705-81	1-600	Для крепежных деталей из металла и пластмасс, резьбовых соединений, винтовых механизмов	<i>M12</i> - метрическая резьба, диаметром 12 мм
	24706-81	3,5-400	В приборостроении, когда резьбы по ГОСТ 24705-81 не удовлетворяют конструктивным требованиям	<i>M12x1</i> - диаметр 12 мм, шаг 1 мм
	9000-81	0,25-0,9	Часовая резьба для малых диаметров	
Коническая	25229-82	6-600	В герметических соединениях	<i>MK12x1,5</i> - диаметр 12 мм, шаг 1,5 мм

Окулярная	5359-77	5-80	Для соединения тонкостенных деталей цилиндрической формы (в оптических приборах)	<i>OK40x6(P1,5)</i> - диаметр 40 мм, шаг 1,5 мм, ход 6 мм, исполнение 1
Трубная	6357-81	1/16-6	Для герметичного соединения трубопроводов	$GI\frac{1}{2}=A$ - размер резьбы и класс точности
Для объективов	3469-83	4/5"	Для объективов микроскопов	<i>OB4,5x1/36"</i> - размер резьбы
Трапецеидальная	24738-81	10-640	В винтовых механизмах	<i>Tr40x6</i> - диаметр 40 мм, шаг 6 мм
<i>Примечание: Для левой резьбы после условного обозначения размера резьбы указывают буквы LH.</i>				

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рабочие чертежи деталей разрабатываются на основе эскизов, согласованных с преподавателем. Чертежи деталей выполняются в AvtoCad 2014-2015 или Solidvoks 2014-2015, на соответствующих форматах ЕСКД, в выбранном масштабе.

Проектирование детали начинается с модели детали в 3D-моделировании соответствующих пакетов программ, затем в разрабатывается чертёж детали в соответствии с требованиями ЕСКД. Модель и рабочий чертёж детали должны быть связаны между собой и сделаны в одном файле.

На чертежах должно быть необходимое количество проекций и, если требуется, дополнительные виды, разрезы или сечения. На чертеже указываются все размеры, необходимые для изготовления детали, точность и шероховатость поверхностей.

На поле чертежа записывают технические требования, в которых указывают покрытие и особые требования по изготовлению.

В основной надписи нужно указать обозначение (децимальную характеристику и номер чертежа), наименование детали, материал, масштаб, массу детали, количество листов чертежа, фамилии студента-разработчика и проверяющего преподавателя.

Отчетом по работе являются чертежи и пояснительная записка, в которой нужно дать анализ задания и обосновать выбор материала, покрытия, степени точности и класса шероховатости детали.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Какие основные сведения должен содержать чертеж детали?
- 5.2. Как заполняется основная надпись чертежа?
- 5.3. Как располагаются на поле чертежа основные проекции детали?
- 5.4. Чем определяется точность изготовления детали?
- 5.5. Каковы правила простановки размеров на чертежах?
- 5.6. Как проставляется на чертеже точность изготовления?
- 5.7. Какие размеры называются охватывающими, охватываемыми и прочими?
- 5.8. Как определяются предельные отклонения на установленные размеры?
- 5.9. Как определяется класс шероховатости поверхностей?
- 5.10. Как обозначается шероховатость поверхностей на чертеже?
- 5.11. Из каких соображений выбирается материал и покрытие детали?
- 5.12. Как условно записываются материал и покрытие в чертеже?
- 5.13. Как обозначаются на чертеже отклонения формы детали?
- 5.14. Как обозначаются на чертеже предельные отклонения формы и расположения поверхностей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РАЗРАБОТКА АНАЛОГОВОГО УЗЛА НА ПЕЧАТНОМ МОНТАЖЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение современных методов конструирования аналоговых функциональных узлов, работающих на частотах в десятки мегагерц и выполненных с использованием печатного монтажа.

2. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Студенту выдается индивидуальное задание которое содержит:

- схему электрическую принципиальную с указанием основных параметров используемых элементов;
- величину напряжений источников питания;
- вид радиоэлектронного средства в котором используется данный функциональный узел;
- условия эксплуатации радиоэлектронного средства.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В зависимости от назначения, условий эксплуатации и объекта установки ЭС определяются ограничения и принципиальные возможности конструирования, изготовления и эксплуатации изделия.

Условия эксплуатации также накладывают ряд дополнительных ограничений на выбор элементной базы. Так, изделия, эксплуатируемые в условиях умеренного климата, должны сохранять свои технические параметры при положительных (до $+40^{\circ}\text{C}$) и отрицательных температурах (до -45°C), относительной влажности воздуха не более 75%. В случае эксплуатации ЭС в тропическом влажном климате требуется устойчивость электрорадиоэлементов и материалов к повышенной влажности, температуре, образованию конденсата. Следовательно, зная объект установки и условия эксплуатации проектируемого устройства, необходимо при выборе элементной базы учитывать её климатическое исполнение, конструкцию и материал корпуса, устойчивость к тепловым и механическим воздействиям.

ГОСТ 16019-2001 устанавливает требования к аппаратуре по стойкости к воздействию механических и климатических факторов и определяет семь групп аппаратуры в зависимости от объекта установки:

- С1 - стационарная, эксплуатируемая в отапливаемых наземных и подземных сооружениях;

- С2 - стационарная, размещаемая под навесом на открытом воздухе, а также в неотапливаемых наземных и подземных сооружениях;
- В3 - возимая во внутренних помещениях на речных судах;
- В4 - возимая на автомобилях, мотоциклах, сельскохозяйственной, дорожной и строительной технике;
- В5 - возимая на железнодорожном транспорте;
- Р6 - носимая в одежде или под одеждой оператора, а также в отапливаемых наземных и подземных сооружениях;
- Н7 - носимая на открытом воздухе или в неотапливаемых наземных и подземных сооружениях.

Например, персональный компьютер относится к группе С1, автомагнитола - к группе В4, а сотовый телефон - к группе Р6.

ГОСТ 15150-69 определяет исполнения машин, приборов и других технических изделий для различных климатических районов, устанавливает категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования с учётом воздействия климатических факторов внешней среды. Стандартом предусмотрено одиннадцать вариантов климатических исполнений, внутри которых дополнительно выделяются категории:

- У - макроклиматический район с умеренным климатом с температурой $-45...+45^{\circ}\text{C}$;
- УХЛ - макроклиматический район с умеренным и холодным климатом с температурой $-60...+40^{\circ}\text{C}$;
- ХЛ - макроклиматический район с холодным климатом;
- ТВ - макроклиматический район с тропическим влажным климатом с температурой более $+20^{\circ}\text{C}$ в сочетании с относительной влажностью более 80%, действующее на изделие более 12 часов в течение более двух месяцев ($+1...+45^{\circ}\text{C}$);
- ТС - макроклиматический район с тропическим сухим климатом с температурой $+40^{\circ}\text{C}$;
- Т - макроклиматический район как с влажным, так и с сухим тропическим климатом;
- О - общеклиматическое исполнение для макроклиматических районов суши, кроме районов с очень холодным климатом ($-60...+40^{\circ}\text{C}$);
- М - макроклиматический район с умеренно-холодным морским климатом с расположением севернее или южнее 30° широты ($-10...+45^{\circ}\text{C}$);
- ТМ - макроклиматический район с тропическим морским климатом с расположением между 30° северной широты и 30° южной широты ($+1...+45^{\circ}\text{C}$);
- ОМ - макроклиматический район с умеренно-холодным и тропическим морским климатом, для кораблей и судов с неограниченным районом плавания ($-40...+45^{\circ}\text{C}$);

- В - всеклиматическое исполнение для всех макроклиматических районов суши и моря, кроме районов с очень холодным климатом (кроме Антарктиды) с температурой - 60...+45°C.

Например, для климатического исполнения УХЛ 4.1 нормальными значениями климатических факторов внешней среды при эксплуатации являются рабочие температуры воздуха от +10°C до +25°C при относительной влажности не более 80%.

Рассмотренные стандарты взаимно дополняют друг друга и используются совместно.

Получив задание студент должен выяснить, по имеющимся в конструкторском кабинете нормативным документам (ГОСТы и ОСТы) количественные величины воздействующих дестабилизирующих факторов по климатическому и механическому воздействию на данную РЭС.

Проанализировать работу принципиальной электрической схемы и в случае необходимости, провести прикидочные расчеты по определению номиналов и мощности отдельных элементов.

С учетом работы элементов в схеме и условий эксплуатации РЭС, по имеющимся справочникам, произвести выбор всех используемых электрорадиоэлементов

Изучить последовательность и основные этапы разработки печатных плат, варианты установки на них навесных элементов, правила трассировки печатных проводников, используемые материалы в печатных платах и технологию получения печатного рисунка и платы в целом.

Ознакомиться со спецификой выполнения высокочастотного печатного монтажа, обратив внимание на особенности выполнения печатных плат с двухсторонним печатным монтажом.

Только после изучения этих вопросов можно переходить к выполнению компоновочного чертежа. Рекомендуется этот чертеж выполнять в масштабе 4:1 (допускается использовать масштаб 2:1). Чертеж выполняется со стороны размещения навесных элементов.

После утверждения преподавателем компоновочного чертежа, студент приступает к разработке сборочного чертежа узла и чертежа электрической принципиальной схемы.

По заданию преподавателя студент проводит один или несколько конструкторских расчетов. Определение резонансной частоты платы с элементами, расчет паразитных параметров печатного монтажа, расчет теплостока и т.п.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В задании на лабораторную работу указывается вид аппаратуры (приемная, передающая и т.д.) и вид носителя. При разработке ТТТ следует внимательно прочитать лекционный материал и разделы учебника [1], где описывается особенность работы РЭС на различных объектах-носителях. После этого, в зависимости от задания, ознакомиться с нормативными документами, соответствующим данной аппаратуре.

ГОСТ 11478-88. Бытовая радиоэлектронная аппаратура;

ГОСТ 16019. Связная радиоэлектронная аппаратура;

НО.000.005. Военная радиоэлектронная аппаратура;

ГОСТ 15150-69. Категории исполнения РЭС по климатическому воздействию.

Выписки из перечисленных ГОСТов в части дестабилизирующих факторов имеются в конструкторском кабинете кафедры КРЭА и МЭ.

Анализируя работу принципиальной электрической схемы следует определить ориентировочные значения индуктивностей частотнозадающих цепей, исходя из указанной рабочей частоты функционального узла и заданных номиналов контурных конденсаторов. После этого следует выбрать каркас катушки индуктивности и провести расчет числа витков обмоточного провода. Целесообразно диаметр обмоточного провода выбирать в пределах 0,2...0,4 мм, используя провод марки ПЭВ-1 или ПЭВ-2.

Число витков однослойной катушки можно найти используя выражение

$$L = \mu \cdot S \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot n^2 \cdot 10^{-2}}{l} \text{ [мкГн]},$$

где S - площадь сечения катушки, мм²;

l - длина обмотки, мм: $l = n \cdot g$;

g - шаг намотки (расстояние между витками), мм;

n - число витков;

μ - магнитная проницаемость среды.

Необходимо помнить, что использование магнитного сердечника в катушке приводит к увеличению индуктивности, а диамагнитного (латунного) вызовет ее уменьшение.

Для защиты окружающего пространства от электромагнитного поля катушки необходимо предусмотреть экран, внутренний размер которого должен быть не менее 2-х диаметров катушки индуктивности. В этом случае потерями добротности катушки, за счет вносимого сопротивления материала экрана, можно пренебречь. В качестве материала экрана можно использовать латунь или пластичный алюминиевый сплав. При этом необходимо помнить, что экран должен быть соединен с корпусом.

Мощность резисторов должна быть определена исходя из напряжения источников питания и допустимых коллекторных токов активных элементов (транзисторов).

Печатная плата является основным несущим элементом функционального узла и представляет собой изоляционное или металлическое основание на котором нанесен рисунок проводников, земляного поля и контактных площадок. С помощью контактных площадок осуществляется электрическое соединение печатного проводника с выводом навесного элемента. Применение печатных плат позволяет автоматизировать процесс проектирования, производственного изготовления и монтажа функциональных узлов. Это создает условия высокой повторяемости изделий и в конечном счете, повышает их надежность. По конструкции печатные платы с жестким и гибким основанием делятся на типы: односторонние, двусторонние и многослойные. При выборе типа печатной платы для разрабатываемой конструкции печатного узла следует учитывать технико-экономические показатели.

После определения всех типов используемых элементов (SMD элементы или с гибкими выводами) необходимо определить требуемую площадь печатной платы для их размещения. По ОСТ 4Г0.010.030 часть 1 и 2 и справочникам определяют для каждого элемента его установочные размеры. При этом следует иметь в виду, что для бортовых и корабельных РЭС рекомендуется шаг координатной сетки 1,25 мм, для всех остальных РЭС - шаг 2,5 мм.

ГОСТ 2.3751-81 на основные параметры конструкции печатных плат устанавливает пять классов точности печатных плат (ПП) и гибких печатных кабелей (ГПК). Точность изготовления ПП зависит от комплекса технологических параметров и с практической точки зрения определяет основные параметры элементов ПП(табл.2.1). В конструкторской документации на ПП должно содержаться указание на соответствующий класс точности, который обусловлен только уровнем технологического оснащения производства. Поэтому выбор класса точности всегда связан с конкретным производством.

Таблица 2.1

Номинальные значения основных параметров элементов проводящего рисунка

Условные обозначения	Класс точности				
	1	2	3	4	5
Ширина проводящей дорожки	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
Ширина кольца металлизации контактной	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025

площадки					
Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы	0,40	0,40	0,33	0,33	0,20
Шаг координатной сетки, мм (в скобках даны неpreferred значения)	2,50 (1,25)	2,50 (1,25)	1,25 2,50 (0,50)	1,25 2,50 (0,50)	1,25 2,50 (0,50)

Изготовление печатных плат **пятого класса** требует применения уникального высокоточного оборудования, специальных (как правило, дорогих) материалов, безупрочной фотопленки и даже создания в производственных помещениях «чистой зоны» с термостатированием. Таким требованиям отвечает далеко не каждое производство. Но ПП небольшого размера могут выполняться по пятому классу на оборудовании, обеспечивающем производство плат четвертого класса. Комплексно решить все эти проблемы удастся только на реальном производстве.

Печатные платы **четвертого класса** выпускаются на высокоточном оборудовании, но требования к материалам, оборудованию и производственным помещениям ниже, чем для пятого класса.

Печатные платы **третьего класса** - наиболее распространенные, поскольку, с одной стороны, обеспечивают достаточно высокую плотность трассировки и монтажа, а с другой - для их производства достаточно рядового, хотя и специализированного, оборудования.

Разработка печатных плат 2-го и 1-го классов в новых проектах не рекомендуется.

Студент самостоятельно или с помощью преподавателя решает вопрос, будет ли печатная плата с односторонним или двухсторонним расположением печатных проводников и только после этого окончательно выбирает варианты установок навесных элементов и по ОСТ 4.Г0.010.ОЗО определяет установочные размеры ЭРЭ.

Для определения потребной площади для размещения всех элементов функционального узла необходимо руководствоваться следующим. Коэффициент заполнения печатной платы

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n S_{gi}}{S_{н.о.л.п.л.}},$$

где S_{gi} - площадь, занимаемая элементом, определяемая по установочным размерам;

$S_{н.о.л.п.л.}$ - полезная площадь платы, занимаемая навесными элементами.

Ориентировочно можно считать, что величина коэффициента заполнения для бортовых РЭС - $K_3 = 0,7$; для корабельных РЭС - $K_3 = 0,6$;

остальные РЭС имеют коэффициент заполнения $K_3=0,5$. Тогда полезная площадь печатной платы будет

$$S_{n.o.l.n.l.} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{gi}}{K_3} .$$

Соотношение сторон печатной платы рекомендуется выдерживать $b : a = 1 : (1,5 \pm 0,5)$. При определении окончательных размеров печатной платы необходимо помнить, что по периметру должны быть технологические зоны, в которых не должно быть печатных проводников и не должны попадать проекции навесных элементов. С одной из сторон печатной платы должны быть размещены контакты внешних соединений (зона коммутации). Эти контакты необходимы для соединения внешнего монтажа с печатными проводниками платы. Сопрягаемые размеры печатной платы должны иметь предельные отклонения по 12 качеству ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ145-75). Несопрягаемые размеры контура печатной платы должны иметь предельные отклонения по 14 качеству ГОСТ 25347-82 (СТ СЭВ145-75). Толщина печатной платы определяется толщиной исходного материала и выбирается в зависимости от используемой элементной базы и действующих механических нагрузок. Предпочтительными значениями номинальных толщин одно- и двухсторонних печатных плат являются 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм.

Большую номенклатуру размеров ПП содержит ГОСТ 26.765.12-86 (табл. 2.2). Строгой системы размеров в данном стандарте нет

Стандартные размеры печатных плат

Таблица 2.2

Н, высота(мм)	L, длина(мм)
140	280
160	220
	280
170	75
	110
	150
	200
	220
	240
	280
	320
	150
240	160
280	150
300	160
	150

360	200
	280
390	240
	280

Материал для печатной платы выбирают по ГОСТ 10316-78, ГОСТ 23751-79 или техническим условиям. Марки и номенклатура некоторых отечественных материалов представлены в табл. 2.3, а импортных — в табл. 2.4.

Таблица 2.3

Материалы отечественные, применяемые для печатных плат

Наименование	Марка	Тип печатной платы
Гетинакс фольгированный	ГФ-1-35 ГФ-2-35 ГФ-1-50 ГФ-2-50	Односторонние и двусторонние печатные платы. Толщина фольги : 0,050 мм, 0,035 мм
Стеклотекстолит фольгированный	СФ-1-35 СФ-2-35 СФ-1-50 СФ-2-50 СФ-1Н-50 СФ-2Н-50 СФ-1-35Г СФ-2-35Г СФ-1-50Г СФ-2-50Г СФ-1Н-50Г СФ-2Н-50Г	Односторонние и двусторонние печатные платы. Толщина фольги : 0,050 мм, 0,035 мм Толщина материала 0,5..3,0мм
Стеклотекстолит фольгированный повышенной нагревостойкости	СФПН-1-50 СФПН-2-50	Односторонние и двусторонние печатные платы повышенной нагревостойкости
Стеклотекстолит фольгированный теплостойкий	СТФ-1 СТФ-2	Двусторонние, гибкие и многослойные печатные платы
Стеклотекстолит для полуаддитивной технологии	СТПА-5-1 СТПА-5-2	Толщина материала 0,15..2,0мм Толщина фольги 0,050 мм
Стеклотекстолит травящийся для МПП	ФТС-1-18А ФТС-2-18А ФТС-1-35(А,Б) ФТС-2-35(А,Б)	Односторонние и двусторонние печатные платы. -Толщина материала 0,09..0,5мм Толщина фольги 0,018мм, -Толщина материала 0,1...0,5мм Толщина фольги 0,035мм
Стеклотекстолит фольгированный нагревостойкий	СТНФ-1-18, СТНФ-2-18, СТНФ-1-35, СТНФ-2-35, СТФ-1-18, СТФ-2-18, СТФ-1-35, СТФ-2-35	Односторонние и двусторонние печатные платы. Толщина фольги : 0,018 мм, 0,035 мм Толщина материала: 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мм
Стеклотекстолит для МПП и ДПП	СТАП-1-5, СТАП-2-5. СТАП-2-18	Толщина фольги : 0,018 мм, 0,050 мм Толщина материала: 0,08..2,0

Марки импортных материалов для печатных плат

Таблица 2.4

Марка	Производитель	Толщина мм	
		подложки	фольги
Склотекстолит фольгированный. Тип FR-4, Марка DURAVER-E-CU 104	Фирма IZOLA	0,86	0,018-0,035
		0,51	
		0,46	
		0,25	
		0,2 0,15 0,125	
Стеклоткань прокладочная. Тип FR-4, марка DURAVER- E-104-ML PREPREG 1080 05 AT 01		0,063	

Для крепления печатной платы в ее углах должны быть предусмотрены отверстия для прохода крепежных винтов. Вокруг этих отверстий металлизация не допускается. Примерные размеры технологических зон и зоны коммутации показаны на рис. 2.1.

Полученные размеры печатной платы округляются до ближайшего большего значения из ряда предпочтительных чисел.

Размещение навесных элементов на печатной плате следует согласовывать с конструктивными требованиями на печатный узел, блок и устройство в целом. При расположении навесных элементов необходимо предусматривать: обеспечение основных технологических требований, предъявляемых к аппаратуре (автоматизированную сборку, пайку, контроль); обеспечение высокой надежности, малых габаритных размеров и массы, быстродействия, теплоотвода, ремонтпригодности.

Вначале разрабатывается совмещенный эскиз размещения элементов и их соединений между собой. Этот документ называют топологическим эскизом. Он выполняется на сетчатом ватмане или на миллиметровке в масштабе 4:1 (в некоторых случаях допускается выполнение в масштабе 2:1). Для различия печатных проводников, расположенных в разных слоях, используют цветовую маркировку. При выполнении топологического эскиза предполагается, что печатная плата и навесные элементы прозрачны. Изображение дается со стороны навесных элементов.

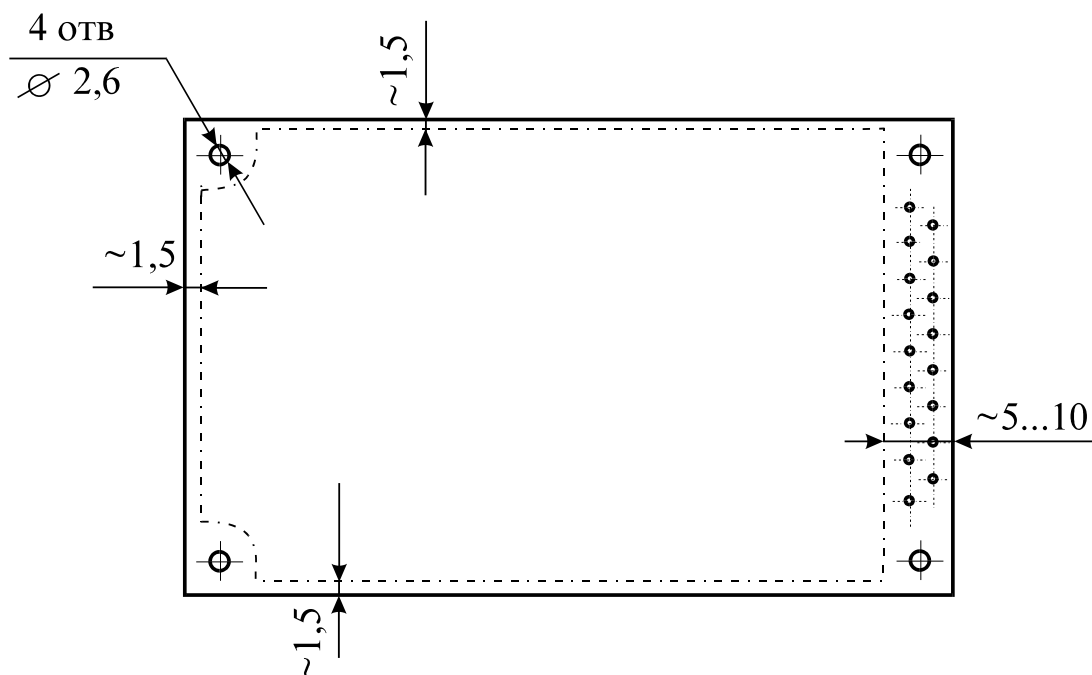


Рис. 2.1. Примерные размеры технологических зон и зон коммутации на печатной плате

Такой топологический эскиз характерен для ручной и машинной разработки. В последнем случае он выводится на принтер, и получают распечатку, или воспроизводится на экране дисплея для возможности анализа и корректировки его конструктором.

Компоновку удобнее начинать с активного элемента, расположенного на входе схемы, располагая вокруг него пассивные элементы. При этом следует иметь в виду, что контакт входного сигнала должен быть максимально удален от контакта выходного сигнала, чтобы исключить возможное влияние выходного сигнала на вход схемы.

При разработке топологического эскиза необходимо учитывать целый ряд факторов, влияющих на устойчивую работу функционального узла. К таким факторам можно отнести:

- величина паразитных индуктивностей и емкостей пропорциональна длине проводника, поэтому задача сводится к минимизации длины соединительных проводников;
- в двухсторонних печатных платах проводники, расположенные в разных слоях должны быть ортогональны;
- заземляющие проводники должны иметь предельно возможную ширину, что позволяет получить экранирование проводников, по которым протекают высокочастотные токи. Сигнальные проводники целесообразно располагать вблизи заземляющих участков;
- при разводке сигнальных цепей навесные элементы следует располагать таким образом, чтобы уровень сигнала возрастал с одного конца платы к другому. Контакты, соединяющие функциональный узел с

источником питания должны располагаться ближе к выходным сигнальным контактам;

- при наличии в схеме развязывающих фильтров, их конденсаторы следует размещать так, чтобы токи сигнальных цепей циркулировали в замкнутых контурах. Это позволит защитить остальные элементы от случайных наводок и подавить случайные помехи, наведенные в данном участке другими цепями. Сказанное поясняется на рис. 2.2.

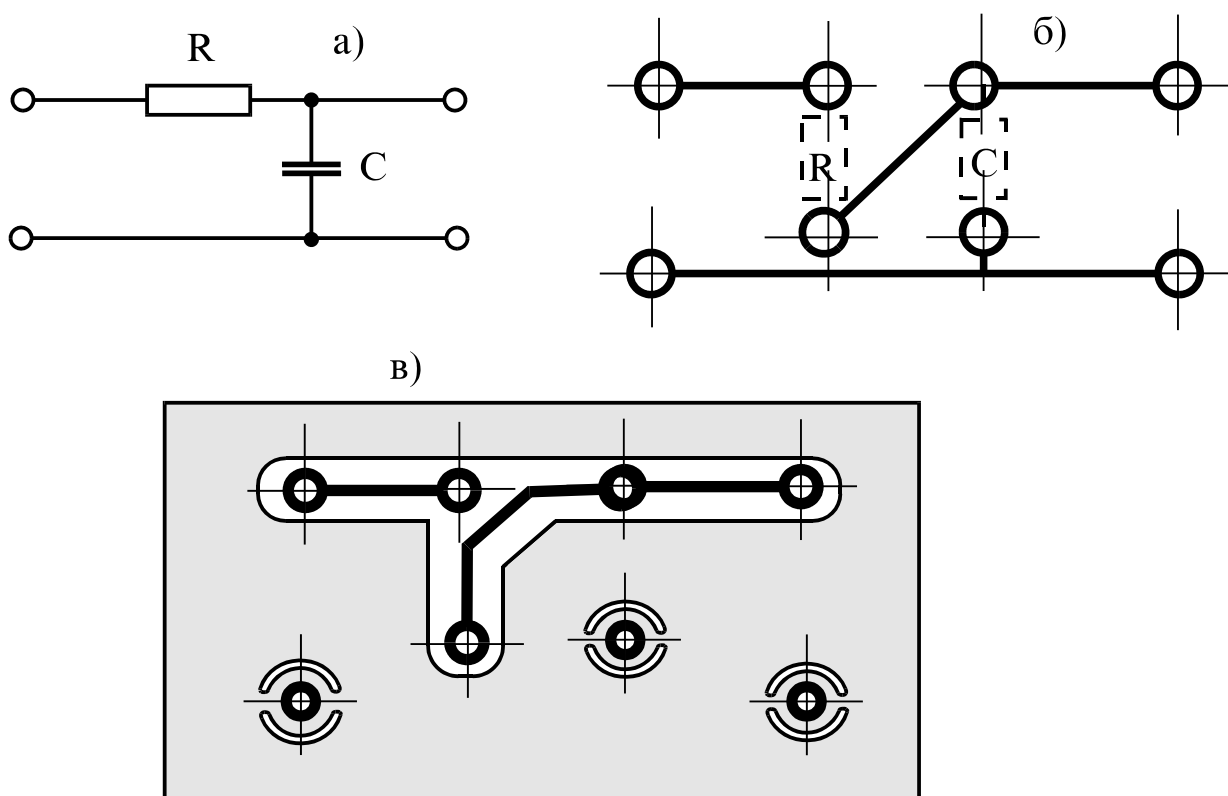


Рис. 2.2. Фрагмент печатной платы с развязывающим фильтром:

а - схема фильтра;

б - разомкнутая схема разводки;

в - замкнутая схема разводки.

Все навесные элементы следует располагать на печатной плате таким образом, чтобы их контурные проекции на печатную плату не перекрывали друг друга и не заходили в технологические зоны или зону коммутации.

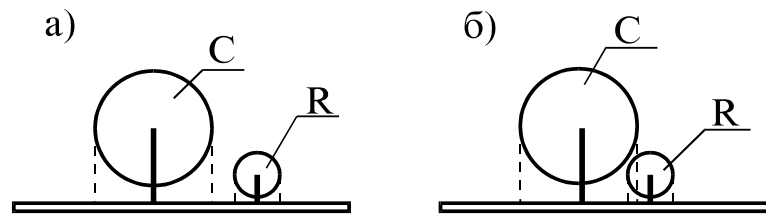


Рис. 2.3. Размещение элементов на печатной плате:

- а - правильное;
- б - неправильное.

В промышленности наибольшее распространение получили три метода изготовления печатных плат: фотохимический, фотоэлектрохимический и комбинированный. При первом и третьем способе в качестве заготовки используется фольгированный диэлектрик, односторонний или двухсторонний. При втором способе изготовления проводящий рисунок наносится путем осаждения металла на диэлектрическое основание и предварительной металлизации поверхности диэлектрика не требуется, поэтому в качестве заготовки используется листовой диэлектрический материал толщиной от 0,5 до 2 мм. Принципиальное отличие печатных плат, полученных этими способами состоит в конструкции контактного узла (вывод навесного элемента - монтажное отверстие печатной платы). На рис. 2.4 представлены варианты конструкций контактных узлов в зависимости от используемого способа получения печатной платы. В варианте а) монтажное отверстие имеет внутреннюю металлизацию и при пайке вывода припой заполняет зазор между выводом и внутренней поверхностью металлизированного отверстия. В этом случае контакт получается хороший и надежный. В варианте б) вывод элемента оказывается перпендикулярен плоскости контактной площадки и такое паянное соединение оказывается менее надежным чем при варианте а).

Металлизированное монтажное отверстие получают при комбинированном или фотоэлектрохимическом методе получения печатных плат, вариант - а); вариант б) - при фотохимическом способе.

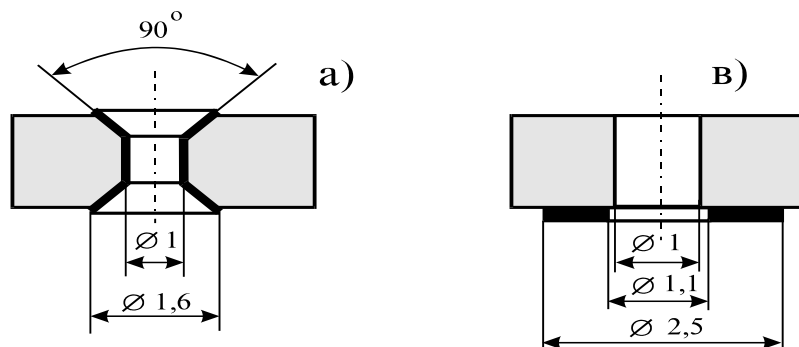


Рис. 2.4. Контактные узлы печатных плат

Следует иметь в виду, что фотохимический способ изготовления печатных плат используется только для недорогой РЭС бытового назначения.

Из приведенных рисунков видно, что размер контактной площадки определяется диаметром отверстия и шириной металлизации, окружающей это отверстие. При разработке компоновочного эскиза, а в последующем и чертежа печатной платы, необходимо знать площадь, занимаемую контактной площадкой. Диаметр контактной площадки определяется по выражению

$$D_{КП} = d_B + (0,1..0,2) + 2 \cdot 0,3, \text{ [мм]}$$

для комбинированного и фотоэлектрохимического способа и

$$D_{КП} = d_B + (0,1..0,2) + 2 \cdot 0,7, \text{ [мм]}$$

для фотохимического способа,

где $D_{КП}$ - диаметр контактной площадки, мм;

d_B - диаметр (либо диагональ) вывода навесного элемента.

Зазор между выводом элемента и внутренним диаметром монтажного отверстия необходим для легкой установки ЭРЭ на печатную плату и для обеспечения проникновения припоя в зазор за счет сил смачивания (при комбинированном и фотоэлектрохимическом способах).

При использовании ЭРЭ с планарными выводами, контактные площадки выполняются удлиненной формы, как показано на рис. 2.5.

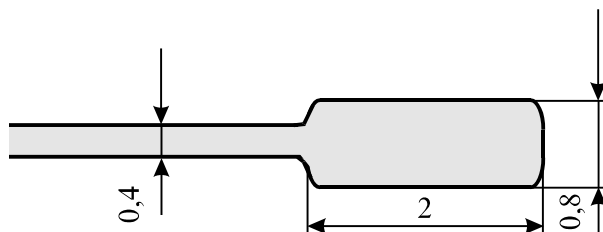
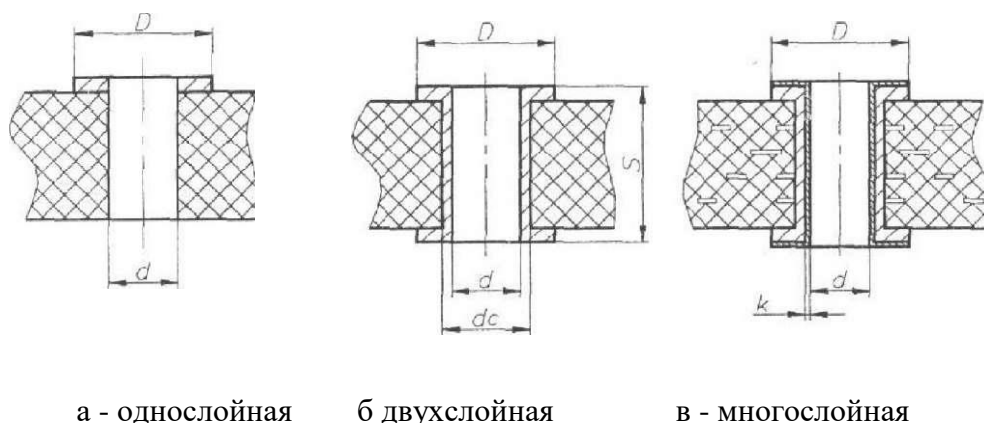


Рис. 2.5. Контактная площадка для планарного вывода

Контактные площадки и металлизация отверстий выполняются исключительно из меди. Все металлизированные поверхности могут иметь дополнительное гальваническое покрытие, часто выполняющее в технологическом процессе функцию маски, защищающей участки медной фольги при травлении, что обеспечивает формирование элементов проводящего рисунка. При конструировании ПП, в частности при расчете размеров металлизированных отверстий, необходимо учитывать дополнительную толщину гальванического покрытия.

Основные варианты конструкции отверстий ПП показаны на рис. 2.6



а - однослойная б двухслойная в - многослойная

Рис. 2.6— Варианты конструкций отверстий ПП

Главный параметр отверстия - его диаметр (d), который у не металлизированных отверстий совпадает с диаметром сверления (d_c). Для металлизированных отверстий диаметр отверстия отличается от диаметра сверления на двойную толщину металлизации, а в случае применения гальванического покрытия еще и на двойную толщину этого покрытия. В конструкторской документации, как правило, указывается диаметр отверстия в готовой плате (контролируемый размер), а диаметр сверления обычно отсутствует, хотя он имеет важное значение для многослойных печатных плат. Минимальный диаметр металлизированных отверстий определяется соотношением Кдт (диаметр отверстия к толщине платы), которое оговорено ГОСТ 23751-86 и зависит от класса точности. Эти данные содержатся в табл. 2.5

Таблица 2.5

Зависимость Кдт от класса точности

Кдт		Класс точности			
		1 и 2	3	4	5
		0,4	0,33	0,25	0,2
Толщина платы	1,5	0,6	0,5	0,4	0,3
	2,0	0,8	0,7	0,5	0,4

Рекомендуемые диаметры монтажных отверстий и контактных площадок приведены в табл. 2.7(ГОСТ 10317-79).

Рекомендуемые диаметры отверстий и контактных площадок

Диаметр отв., мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	Метод изготовления
Диаметр конт.пл. мм	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	Комбинированный и фото-электрохимический способ.
Диаметр конт.пл. мм	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	Фотохимический способ.

Не рекомендуется на одной печатной плате иметь более трех различных диаметров отверстий.

Основные параметры (размеры и допустимые отклонения) проводников и зазоров между элементами проводящего рисунка оговорены в ГОСТ 23751-86 и непосредственно зависят от принятого класса точности ПП.

Минимальная ширина проводников и величина зазоров являются определяющими факторами, влияющими на трассировочную способность печатной платы. Однако это относится только к слаботочным цепям, для которых сечение печатных проводников, исчисляемое значением порядка 0,005 мм², не станет ограничением. Но на ПП часто присутствуют цепи, несущие достаточно большие токовые нагрузки. Их следует конструировать не с минимальными значениями печатных проводников, а с учетом конкретной токовой нагрузки из условий исключения опасного перегрева этих проводников. Кроме того, не исключено, что смежные проводники будут находиться под высоким потенциалом, поэтому зазоры между ними должны выдерживать максимальное возможное напряжение между такими проводниками.

ГОСТ 23751-86 устанавливает допустимую токовую нагрузку на элементы проводящего рисунка, выполненные из медной фольги. Это значение лежит в интервале 100...250 А/мм². Обычно нижний предел принимается для внутренних проводников многослойных печатных плат, а верхний - для наружных слоев. Считается, что теплообмен проводников на наружных слоях лучше, и они способны пропускать большие токовые нагрузки без опасного перегрева.

Конкретные размеры печатных проводников в зависимости от токовой нагрузки.

В слаботочной и низковольтной аппаратуре (а это большинство устройств, построенных с применением цифровых и аналоговых микросхем) ширина печатных проводников и зазоры выбираются минимальными для принятого класса точности, которые приведены в табл. 2.8.

Ширина печатных проводников и зазоры между ними

Таблица 2.8

Класс точности	Ширина проводника, мм			Минимальный зазор, мм
	Номинальное значение	минимальное значение		
		без порытия	с покрытием	
1	0,75	0,6	0,55	0,75
2	0,45	0,35	0,35	0,45
3	0,25	0,2	0,15	0,25
4	0,15	0,12	0,1	0,15
5	0,1	0,07	0,07	0,1

Размеры (ширина) печатных проводников, зазоры между ними и величина допусков на такие элементы влияют на шаг трассировки. Формально на печатной плате возможен любой шаг трассировки, но чтобы получить максимальную трассировочную способность, необходимо этот шаг согласовать с шагом металлизированных отверстий.

При разработке топологического эскиза необходимо всемерно уменьшать длину печатных проводников. Максимально допустимая длина проводника не должна превышать 40% длины печатной платы. Это связано с необходимостью уменьшения паразитных параметров печатных плат.

Печатные проводники должны быть параллельны линиям координатной сетки. Допускается проводить проводник под углом, кратным 15° к линиям координатной сетки в пределах трех-четырёх основных шагов (10 мм).

Рекомендуемые варианты соединения печатных проводников с контактными площадками представлены в табл. 2.9.

Печатные проводники, находящиеся под высоким потенциалом не должны иметь острых углов. Все изломы проводника выполняются скругленными, как показано на рис. 2.6.

Паразитную емкость и индуктивность печатных проводников можно рассчитать пользуясь данными табл. 2.10. Характеристики некоторых диэлектрических материалов приведены в табл. 2.11.

Собственную резонансную частоту функционального узла можно определить, зная вариант крепления платы и массу всех ЭРЭ. Если возможно, то целесообразно выполнить равномерное распределение масс навесных элементов по поверхности платы с установкой элементов с большой массой вблизи мест механического крепления платы.

Приближенный расчет резонансных частот собственных колебаний функционального узла (с учетом высших гармоник), выполненного на

печатной плате, закрепленной на основании в четырех точках по углам с помощью винтов, можно произвести по выражению

$$f = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1 + (b/a)^2}{b^2} \cdot [n^2 \cdot (b/a)^2 + m^2] \cdot \sqrt{\frac{D}{\rho \cdot \Delta}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + Q_э/Q_п}},$$

где n и m - целые числа, $n, m = 1, 2, 3, \dots$;

b/a - отношения меньшей стороны платы к большей;

ρ - плотность материала платы;

Δ - толщина платы;

D - цилиндрическая жесткость: $D = \frac{E \cdot \Delta^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$;

E - модуль упругости материала платы;

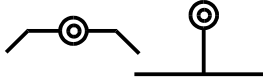
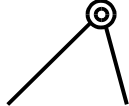
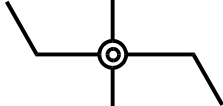
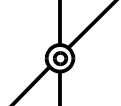
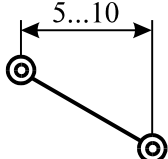
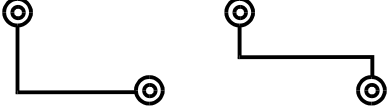
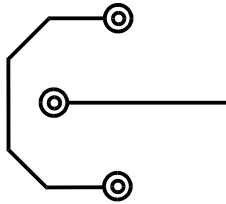
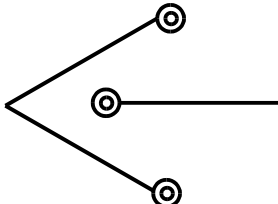
μ - коэффициент Пуассона, для расчетов можно принять $\mu = 0,3$;

$Q_э$ - масса навесных элементов, расположенных на плате;

$Q_п$ - масса платы.

Таблица 2.9.

Варианты соединения печатных проводников с контактными площадками

Рекомендуется	Не рекомендуется
	
	
	
	

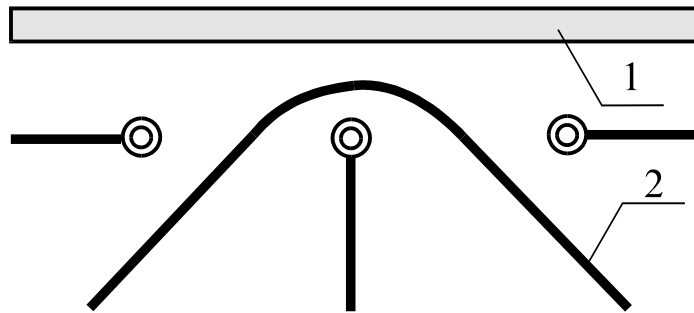
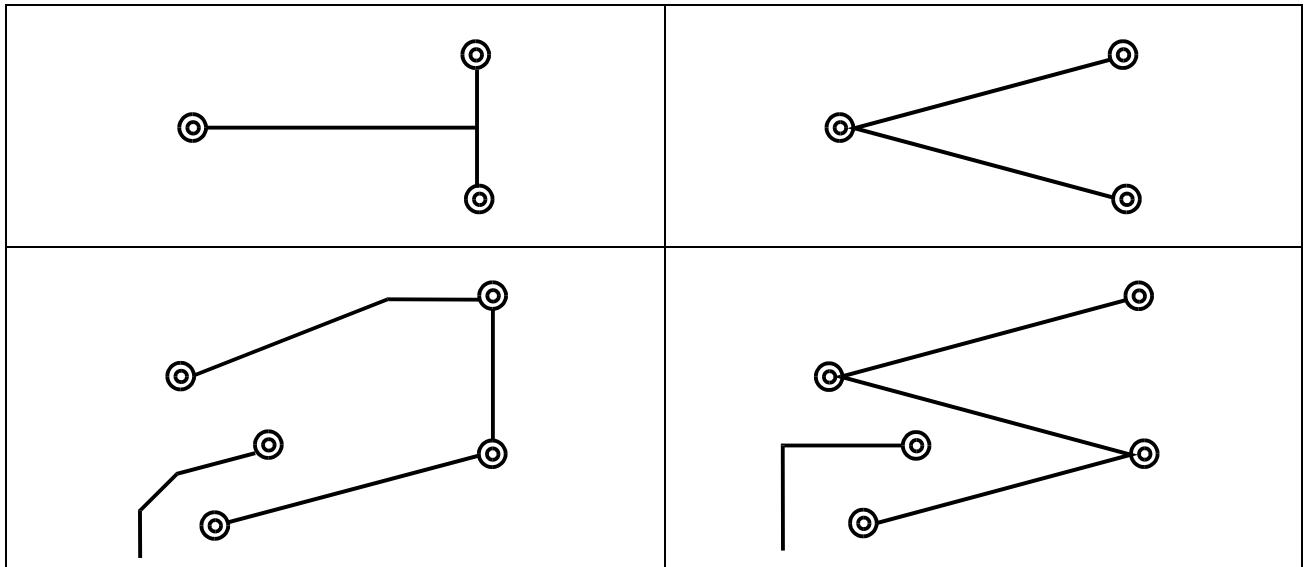


Рис.2.6. Излом печатного проводника, находящегося под высоким потенциалом:

- 1 - металлизированный участок платы, корпус;
- 2 - печатный проводник под высоким потенциалом.

Таблица 2.10.

Расчетные формулы паразитных параметров печатной платы

Схема расположения печатных проводников	Формулы для расчета паразитных параметров
	$C = \frac{0,12 \cdot \epsilon_r \cdot l_n}{\lg[2 \cdot a / (b + t_n)]}, [\text{пФ}]$

	$C = 0,008842 \cdot \varepsilon_r \cdot l_n \cdot (b/a) \cdot \left[1 + \frac{a}{\pi \cdot b} \cdot \left(1 + \lg \frac{2 \cdot \pi \cdot b}{a} \right) \right], [\text{пФ}]$
	$C = 0,008842 \cdot \varepsilon_r \cdot l_n \cdot (b_1/a) \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot a}{\pi \cdot b_1} \cdot \left(1 + \lg \frac{\pi \cdot b_1}{a} \right) \right],$ <p style="text-align: center;">[пФ]; формула справедлива при $b_2 \geq 3 \cdot b_1$</p>
	$L = 0,0002 \cdot l_n \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_n}{t_n + b} + 0,2235 \cdot \frac{t_n + b}{l_n} + 0,5 \right), [\text{мкГн}]$
<p>где l_n - длина печатного проводника, мм; ε_r - диэлектрическая проницаемость среды: $\varepsilon_r = 0,5 \cdot (1 + \varepsilon_n)$; ε_n - диэлектрическая проницаемость платы.</p>	

Таблица 2.11.

Характеристики диэлектрических материалов, применяемых для печатных плат

Материал	Относит. диэл. проницаемость, ε	Плотность γ , $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Модуль упругости E , ГПа	Предел прочности, МПа		
				растяжения $\sigma_{\text{А}}$	сжатия, $\sigma_{\text{Н/Е}}$	изгиба, $\sigma_{\text{Е}}$
Фторопласт-4	2-2,1	2,19	8,6	22,1	19,6	13,7
Полиэтилен	2,3	0,948	0,8	20-22	20-36	---
Полистирол	2,55	1,1	2,7	37-45	80-100	---
Лавсан (пленка, литьевой)	3,1	1,32	---	60-80	---	---
Винипласт (поливинилхлорид)	3,1-3,5	1,38	2,6	70-120	---	40-70
Стеклотекстолит	4-6	1,85	20	334,0	77,0	245,0
Поликор	9,8	---	---	---	---	---
Ситалл КП-10	10	---	---	---	---	---
Ферриты	9-14	---	---	---	---	---
Гетинакс	6	1,4	20,6	88	---	98,1

$\sigma_{\text{А}}$ - предел прочности при растяжении;
 $\sigma_{\text{Н/Е}}$ - предел прочности при сжатии;
 $\sigma_{\text{Е}}$ - предел прочности при изгибе.

В случае иных способов крепления платы, необходимо обратиться к литературе, например [1].

После согласования с преподавателем компоновочного эскиза и проведения расчетов следует приступать к разработке сдаточной документации. При этом следует иметь в виду, что принципиальная электрическая схема должна быть выполнена по ГОСТ 2.702-75 и ГОСТ 2.701-84 и содержать все позиционные обозначения элементов. Выводы индуктивностей, выполненные на каркасе и трансформаторов должны иметь оцифрованное обозначение.

Последовательность заполнения перечня элементов производится в порядке латинского алфавита по названиям элементов. В каждой группе элементов последовательность записи должна соответствовать позиционному обозначению элемента на принципиальной схеме. Каждый элемент, записанный в перечне элементов, должен иметь номер ГОСТа или номер технических условий по которым он выпускается заводом-изготовителем.

Сборочный чертеж печатного узла должен соответствовать ГОСТ 2.109-73 с учетом требований ГОСТ 2.413-72.

Необходимо помнить, что позиционные обозначения на сборочном чертеже проставляются после составления спецификации. Спецификация должна содержать следующие последовательно расположенные разделы: документация - сборочные единицы - детали - стандартные изделия - прочие изделия - материалы.

В разделах "сборочные единицы" и "детали" заполнение строк спецификации производится по возрастанию десятичной характеристики изделия. Разделы "стандартные изделия" и "прочие изделия" заполняются по названию элементов в латинском алфавите, а в каждой группе изделий - по возрастанию номеров в обозначении элемента. Например, резисторы С1-20-1кОм \pm 10% и затем следует резистор С1-20-1,2 кОм \pm 10%, и т.д.

Весь разработанный материал предъявляется преподавателю, который после беседы со студентом решает вопрос о возможности зачета по данной работе.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

К защите лабораторной работы необходимо представить разработанные чертежи, результаты проведенных расчетов, обоснование выбора комплектующих элементов и разработанные требования к функциональному узлу.

Текстовый материал оформляется в виде пояснительной записки, в которой должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- анализ ТЗ (технического задания) и разработка тактико-технических требований к конструкции.

- обоснование выбора электрорадиоэлементов (ЭРЭ).

- проведенные расчеты и выводы по ним.

Графический материал выполняется на листах бумаги стандартного формата и состоит из следующих документов:

- компоновочный эскиз платы с ЭРЭ и печатным монтажом;

- сборочный чертеж узла;

- спецификация;

- чертеж схемы принципиальной электрической;

- перечень элементов.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Какие методы изготовления печатных плат Вы знаете? Приведите их характеристики.

Как крепятся и устанавливаются навесные элементы на печатных платах?

Какие приемы расположения печатных проводников позволяют уменьшить паразитные связи при одностороннем и двухстороннем монтаже?

Как должны быть ориентированы навесные детали на печатных платах?

Какие вы знаете конструктивные меры, позволяющие повысить резонансную частоту печатного узла?

Как осуществляется переход от печатных проводников к объемному монтажу?

Роль координатной сетки. Как и чем определяется шаг координатной сетки?

Как осуществляется экранирование печатных проводников?

Для какой цели и как выполняются твердые теплостоки в печатных узлах?

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СБОРОЧНОЙ ЕДИНИЦЫ ВТОРОГО СТРУКТУРНОГО УРОВНЯ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с современными конструкциями сборочных единиц второго структурного уровня РЭС и разработать конструкцию кассеты (ячейки) на основе ранее спроектированного печатного узла (лабораторная работа №2) и предложенных условий эксплуатации.

2. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Задание на лабораторную работу содержит:

- количество функциональных узлов размещаемых в кассете (ячейке);
- количество низкочастотных и высокочастотных соединителей кассеты (ячейки);
- конструктивные особенности кассеты (ячейки), связанные с ее входимостью в блок;
- условия эксплуатации и входимости блока в РЭС;
- программу выпуска.

Задание может содержать указания по способу формообразования несущих конструкций кассеты (ячейки), кроме того задание должно содержать указания о конструктивном исполнении блока, которые влияют на конструкцию кассеты (ячейки). В задании указывается схема расположения и соединения кассет (ячеек) в блоке.

Студенту необходимо:

2.1. Проанализировать исходные данные технического задания и разработать тактико-технические требования к конструкции кассеты (ячейки).

2.2. Разработать эскиз кассеты (ячейки), ориентируясь на выбранный прототип типовой конструкции и согласовать его с преподавателем.

2.3. Разработать сборочный чертеж кассеты (ячейки) с учетом требований технического задания и тактико-технических требований к конструкции.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с ГОСТ 26.632-85 «Уровни разукрупнения РЭС» кассеты (ячейки) относятся к элементам второго структурного уровня, т. е. они состоят из электрорадиоэлементов (ЭРЭ), печатных плат и элементов конструктивного исполнения.

Кассеты и ячейки являются основной единицей первого и второго уровня разукрупнения радиоэлектронных средств. Конструкции кассет весьма разнообразны как по числу и форме деталей, так и по применяемым материалам. Так, конструкции кассет для морских РЭС отличаются большей жесткостью и сложностью. Это связано с обеспечением ударопрочности этих конструкций. Аналогично можно отметить большую сложность кассет наземной РЭС, эксплуатируемой на открытом воздухе. Кассеты бортовых РЭС отличаются облегченной конструкцией с сохранением высокой механической прочности.

При проработке конструкции рамки ячейки или кассеты следует иметь в виду следующие основные моменты.

Каждая плата с элементами, размещаемая на рамке ячейки должна устанавливаться таким образом, чтобы исключить ее боковое перемещение. Это достигается за счет создания боковых упоров по периметру печатной платы, либо упоров, располагаемых в углах печатной платы. Эти упоры можно получить за счет установки небольших угольников (2x5 мм) на рамке ячейки, а если рамка ячейки изготавливается путем литья или прессования, соответствующих выступов по контуру печатных плат.

Введение таких упоров разгружает винты крепления печатных плат от срезающих нагрузок в условиях механических воздействий.

Платы располагают на рамке ячейки таким образом, чтобы между ними было небольшое расстояние (приблизительно 10...12 мм) где должен располагаться жгут проводников, соединяющих платы между собой и с выходными контактами ячейки. Желательно в рамке предусмотреть углубление в котором будет располагаться жгут. Жгут должен быть механически закреплен на рамке.

Плата должна опираться на рамку только по контуру, чтобы не повредить контактные узлы печатной платы и сделать конструкцию рамки менее материалоемкой.

Электрическое соединение кассеты с монтажом блока осуществляется с помощью врубного разъема, а соединение ячейки - с помощью жгута либо плоского кабеля (шлейфа). Для этого на рамке ячейки или кассеты необходимо предусмотреть место для расположения переходной колодки от

жгутового монтажа на плоский кабель (шлейф) или для расположения разъема.

Ячейкой называют сборочную единицу, в которой печатная плата обеспечивает электрические соединения между ЭРЭ и одновременно является несущей конструкцией, воспринимающей все механические нагрузки. Ячейка может иметь печатный или объемный соединитель. В этом случае такую конструкцию называют врубной. В качестве направляющих используются два противоположных края печатной платы (см. рис. 1, рис. 2).

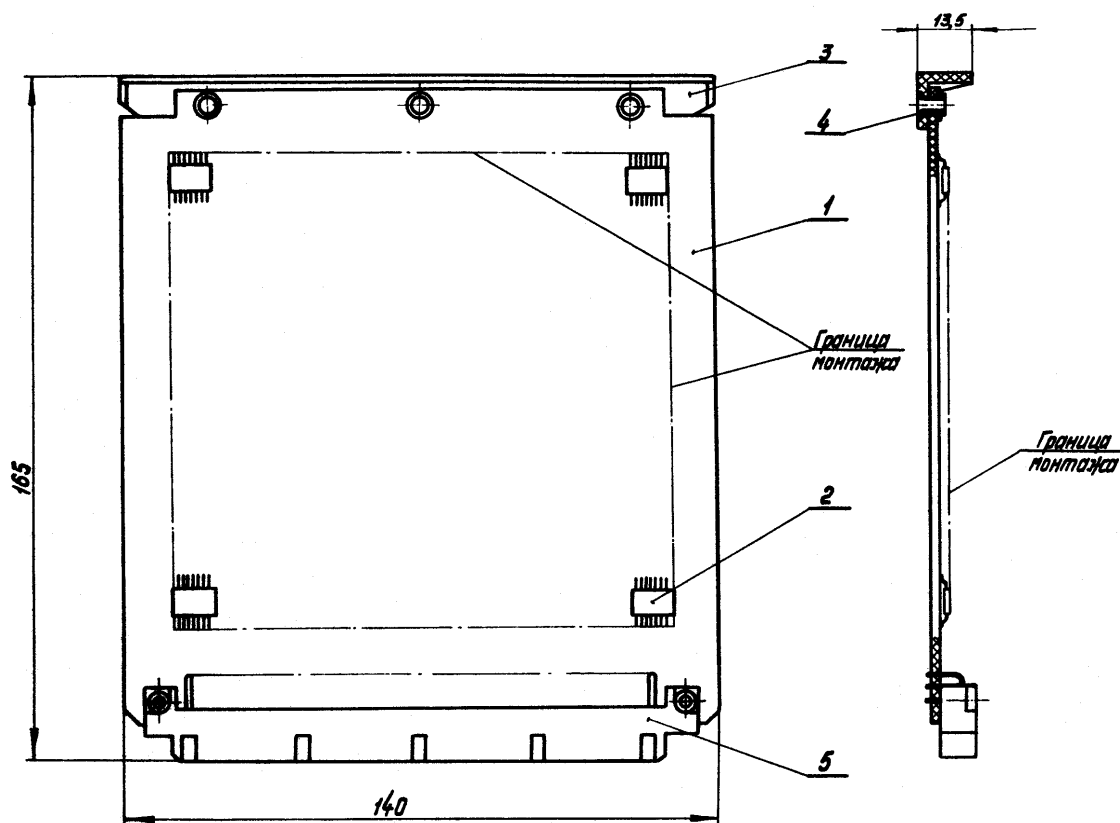


Рис. 1. Одноплатная ячейка с разъемом СНП-34.

1 - плата печатная; 2 - микросхема; 3 - верхняя планка; 4 - заклепка трубчатая; 5 - розетка разъема СНП-34

На стороне печатной платы, противоположной врубному соединителю, располагается планка для установки и фиксации ячейки в блоке. Для электрического соединения врубных ячеек наиболее часто используют соединители типа ГРПМ с гиперболическими контактными группами, которые обладают повышенной надежностью. В ряде случаев на передней планке располагают индикаторы (например светодиоды), сигнализирующие об отказе или состоянии ячейки.

Ячейка может не иметь врубного разъема. В этом случае для электрического соединения используют гибкий печатный кабель или шлейф (см. рис. 3 и рис. 4). Соединение гибких печатных кабелей с ячейкой (печатной платой) осуществляется с помощью колодки для подпайки гибкого печатного кабеля (рис. 5).

Пример использования колодки для соединения гибкого печатного кабеля с печатной платой приведены на рис.6.

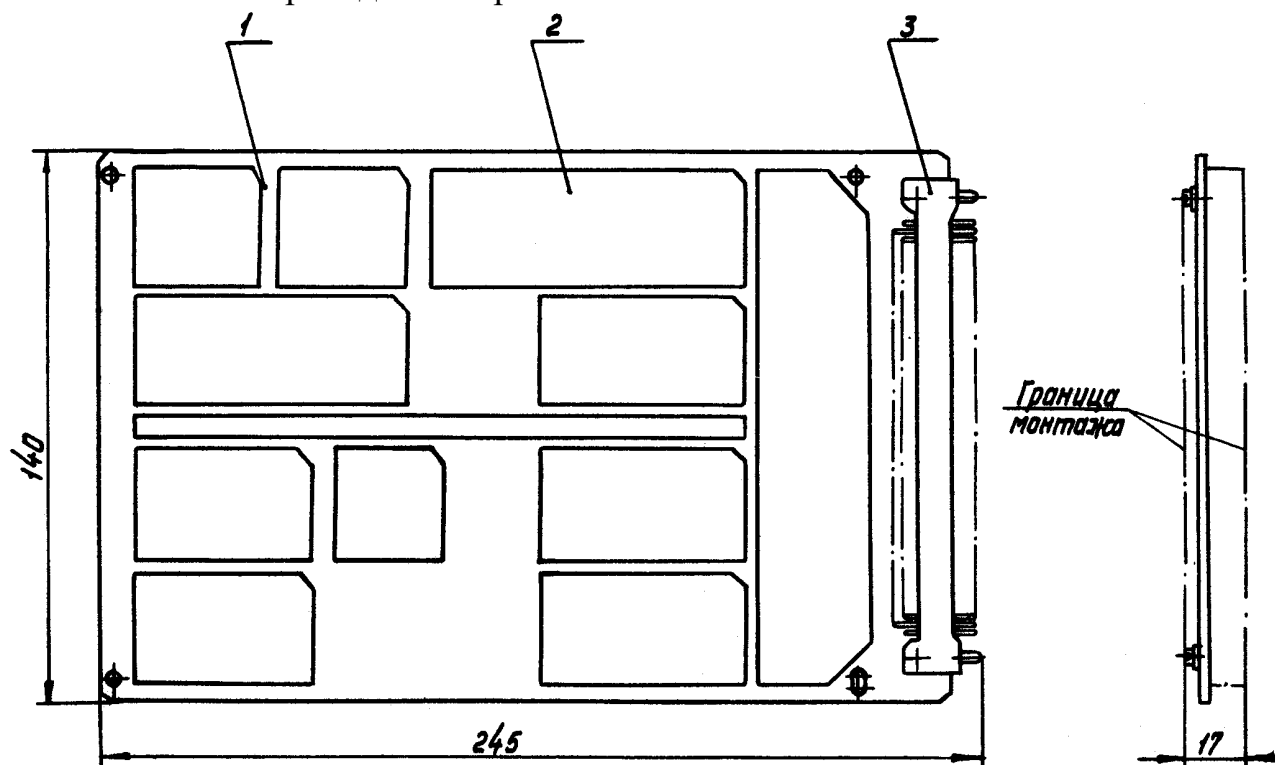


Рис.2. Гибкий печатный кабель с двухрядными контактными лепестками.
 n - число шагов (не более 44); l - ширина печатного кабеля (не более 57,5 мм);
 L - длина печатного кабеля (не более 250 мм)

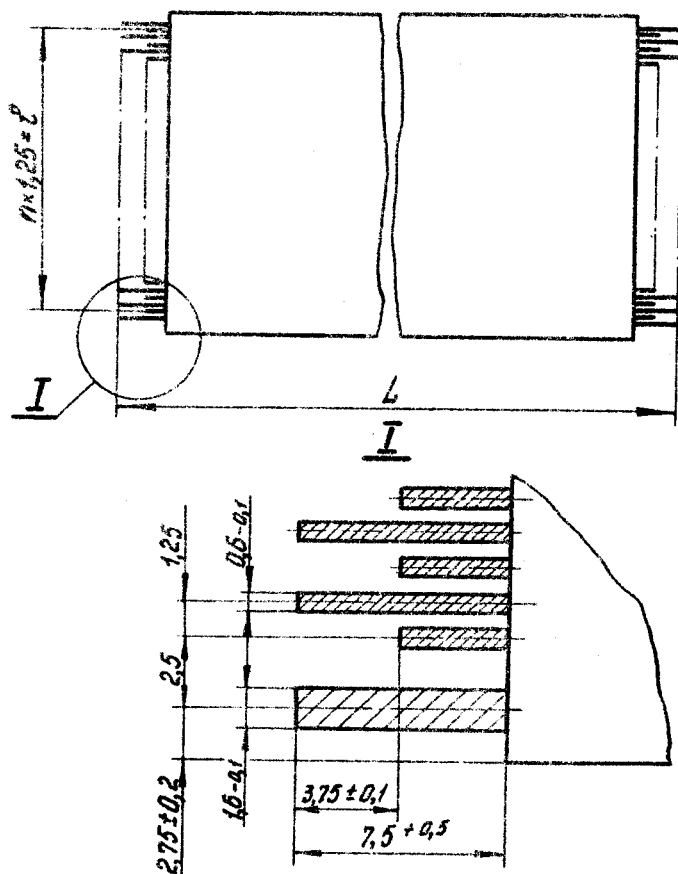


Рис. 3. Гибкий печатный кабель с двухрядными контактными лепестками.
 n - число шагов (не более 44); l - ширина печатного кабеля (не более 57,5 мм);
 L - длина печатного кабеля (не более 250 мм)

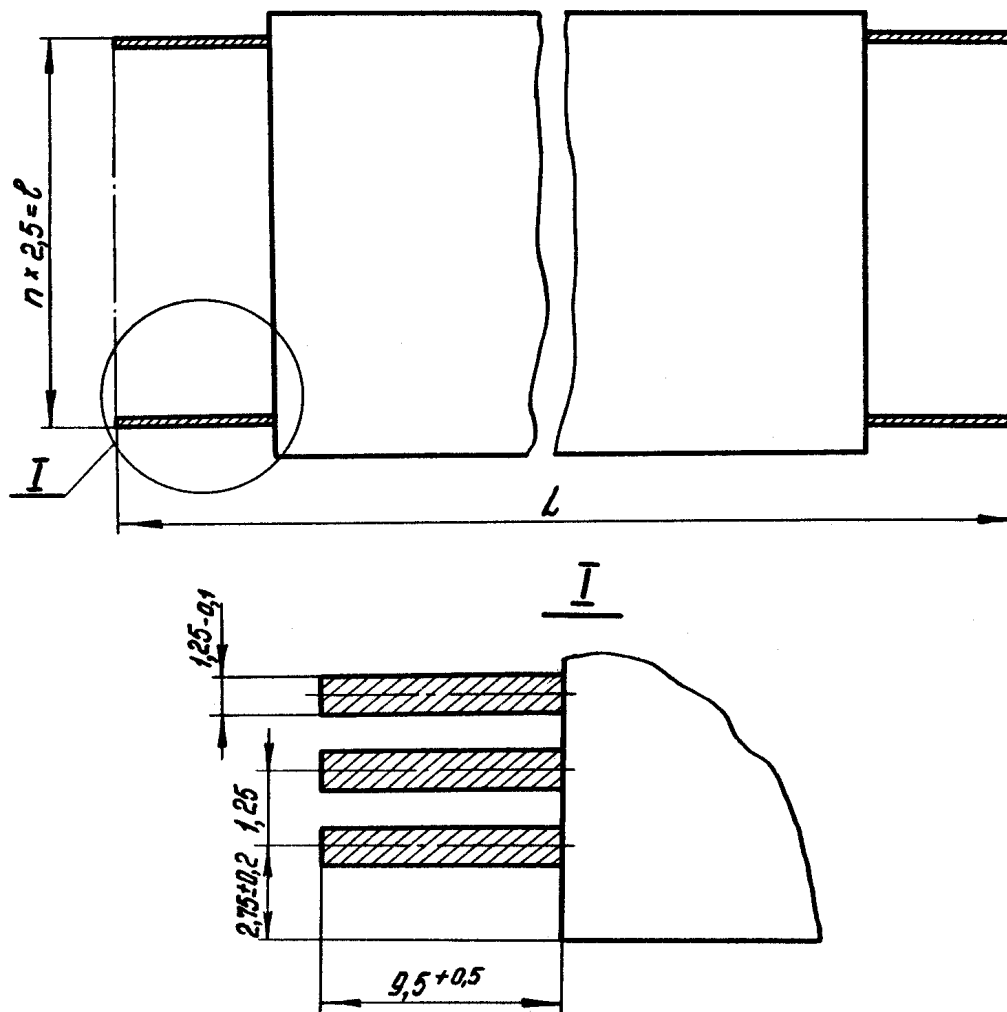


Рис. 4. Гибкий печатный кабель с однорядными контактными лепестками одинаковой длины: L - длина кабеля (не более 348 мм); l - ширина кабеля (не более 57,5 мм)

Рис. 5. Колодка для соединения гибкого печатного кабеля с печатной платой

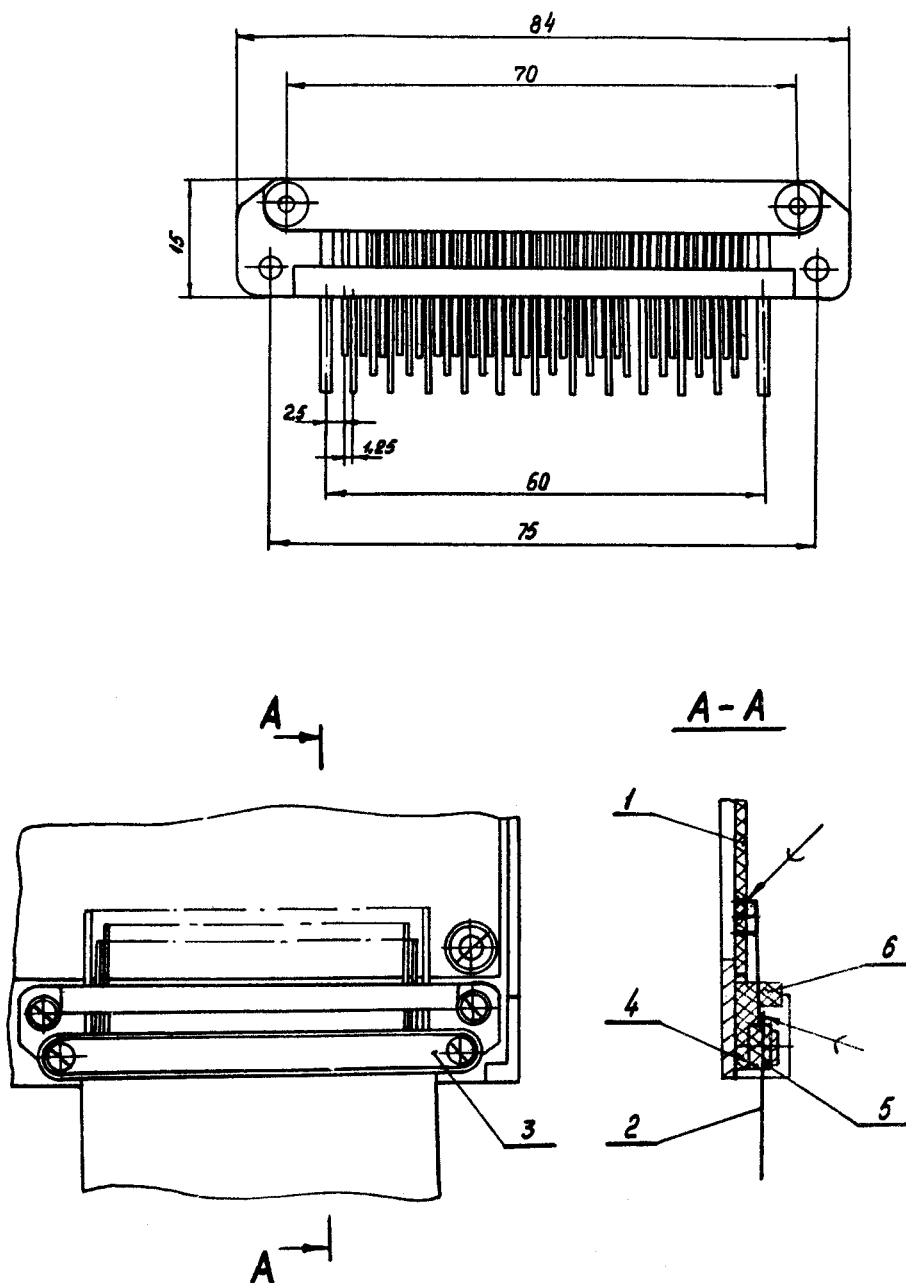


Рис. 6. Гибкий печатный кабель с колодкой и его установка на печатную плату: 1 - плата печатная; 2 - кабель гибкий печатный; 3 - планка прижимная; 4 и 5 - прокладки; 6 – колодка

Следует обратить внимание на обязательность технического применения гибкого печатного кабеля к печатной плате с помощью прижимной планки. Для подобных целей можно использовать и плоский объемный кабель, но в этом случае количество жил в кабеле будет значительно меньше, а расстояние между проводниками кабеля будет увеличено до 2,5 мм.

При использовании гибкого плоского печатного кабеля или плоского объемного кабеля, ячейка конструктивно может быть выполнена в виде

поворотного узла. В этом случае на стороне, где располагается плоский кабель, устанавливают металлические проушины, которые выполняют роль петель, позволяющих поворачивать ячейку не вынимая ее из блока (см. рис. 7). Как правило, ячейка содержит одну печатную плату.

Сборочные единицы первого структурного уровня, в которых печатная плата (или несколько печатных плат) не является несущей конструкцией (не несет функции механической детали), называются *кассетой*.

Кассета обязательно содержит несущую конструкцию в виде рамки. Рамка может быть цельной или состоять из нескольких частей, соединенных между собой. В такой конструкции печатная плата выполняет роль только электрического соединителя расположенных на ней ЭРЭ. Все механические нагрузки воспринимает рамка.

По своему конструктивному исполнению рамка кассеты может быть металлической, полученной литьем или штамповкой из тонколистового материала. В качестве материалов используют сплавы алюминия, магния или

сталь. Обычно рамки, выполненные из стали (1Х18Н10Т), используют для бортовой аппаратуры, в которой необходимо наряду с малой массой обеспечить высокую механическую жесткость и прочность. Материалом для пластмассовой рамки кассеты служат прессматериал АГ-4 или полиамид.

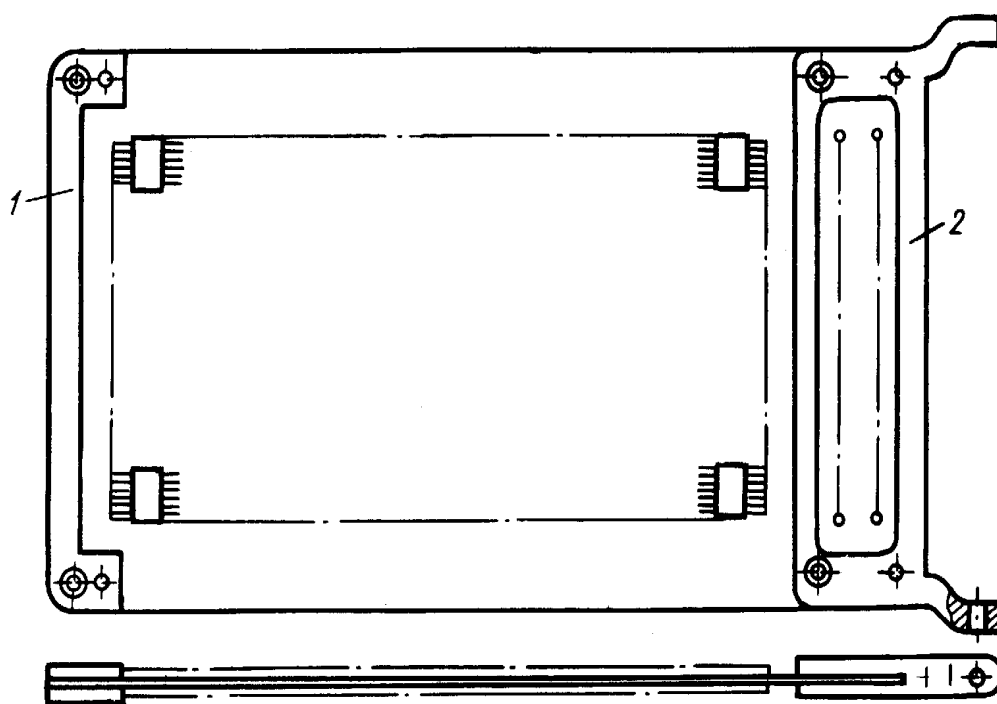


Рис. 7. Ячейка с микросхемами и шарниром с осью вращения параллельной плоскости печатной платы: 1 - верхняя планка; 2 - нижняя планка с шарнирами

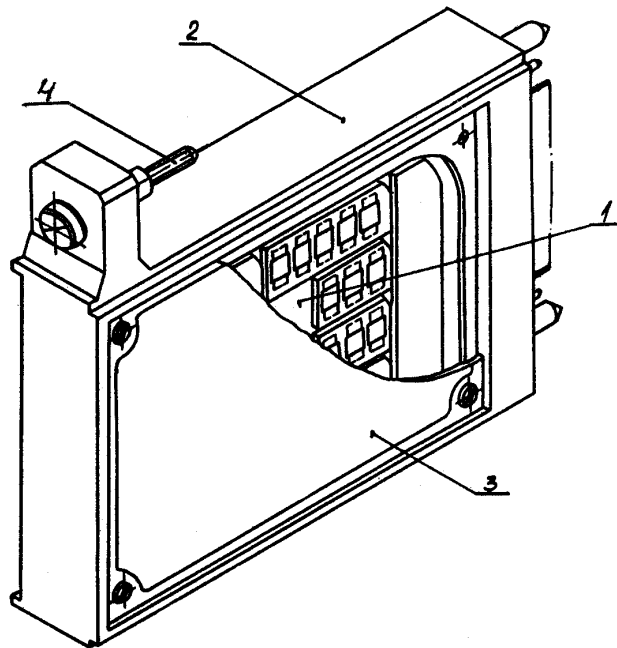


Рис. 8. Кассета разъемной конструкции с разъемом ГРПМ1: 1 - плата печатная с разъемом ГРПМ1; 2 - рама кассеты; 3 - боковая крышка - экран; 4 - винт крепления - экстрактор

Конструкции кассет весьма разнообразны как по числу и форм деталей, так и по применяемым материалам. Так, конструкции кассет для морских РЭС отличаются большой жесткостью и сложностью. Это связано с обеспечением ударопрочности этих конструкций (см. рис. 8). Можно отметить большую сложность кассет бортовых РЭС, эксплуатируемых на открытом воздухе. Кассеты бортовых РЭС отличаются облегченной конструкцией с сохранением высокой механической прочности.

По общему конструктивному решению все кассеты можно разделить на две группы. К первой группе относятся кассеты у которых основным несущим элементом является П-образная рама, к которой с одной стороны или с двух сторон крепится печатная плата. С разомкнутой стороны рамы устанавливается передняя панель с органами индикации, контроля и элементами фиксации кассеты в блоке. Для съема кассеты могут иметь собственные приспособления (уголки, выступы) или только специальные замки для закрепления съемника, общего для всех кассет такого типа. При выполнении рамки кассеты литьем, передняя панель может быть выполнена как одно целое с П-образной рамкой. На задней стенке рамки размещаются разъемы или гибкие кабели (рис. 9).

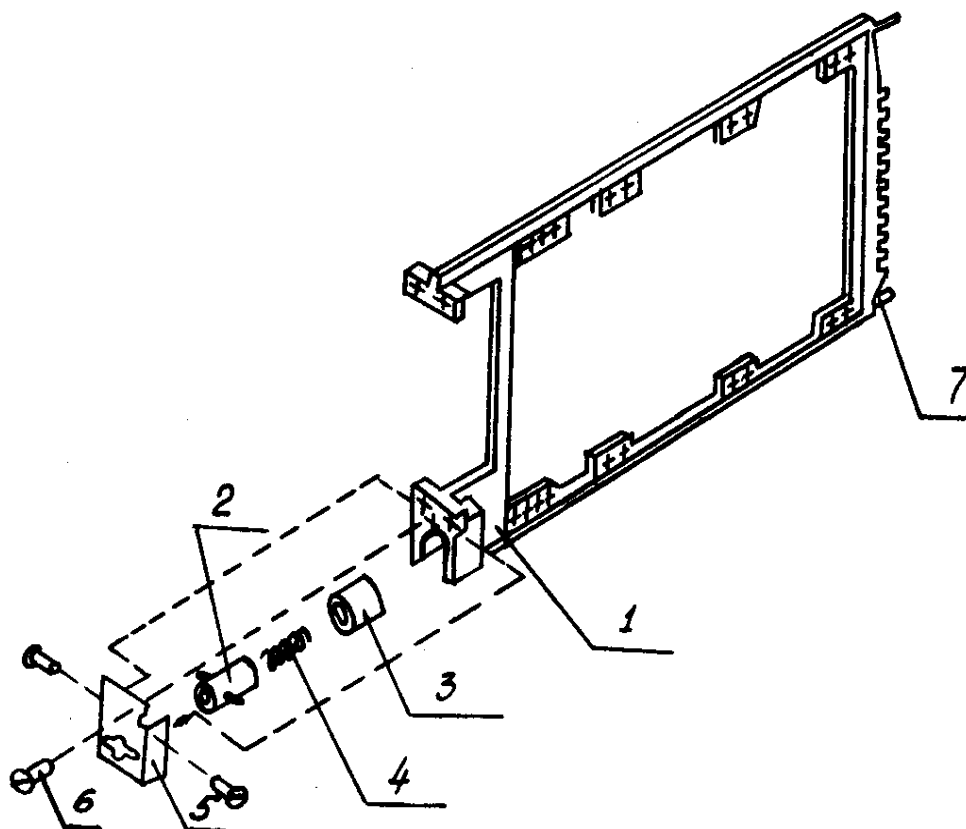


Рис. 9. Рамка кассеты: 1 - рама; 2 - затвор; 3 - кулачок; 4 - пружина; 5 - планка; 6 - винт М3х6; 7 - ловитель

Второй вариант построения конструкций кассет основан на том, что несущая конструкция выполняется в виде отдельных деталей: держателей платы, направляющих передней и задней стенок и элементов соединяющих эти детали (рис. 10).

Составной корпус кассеты из литых, штампованных и профилированных деталей можно использовать при мелкосерийном производстве. Корпус составлен из четырех деталей: двух стоек, скобы и стяжки. Стойки (левые 1 и правые 2) имеют опорные поверхности для крепления плат, направляющие для вставления кассеты в блок и опорные лапки для фиксации в блоке. Скоба 3 соединяет стойки между собой и является несущей конструкцией для установки соединителя. Стяжки 4 являются опорой для крепления средней платы. Для изготовления стоек применяют литые из алюминиевого сплава АЛ-9 с последующей

механической обработкой. Скоба нижняя выполнена из листового материала марки АМцП толщиной 1,5 мм в виде коробчатого сечения (для повышения жесткости). Для стяжки верхней используется стандартный профиль таврового сечения, средняя полка которого механически дорабатывается до нужного размера. Проводка отверстий в сопрягаемых деталях под резьбовые втулки и шарнирные оси для обеспечения необходимой точности предусматривается в сборке.

В зависимости от принятого варианта установки кассет в блоке конструкции их может быть различна. Принципиально могут иметь место следующие варианты конструкций кассет:

- врубные;
- поворотные с осью вращения перпендикулярной плоскости кассеты;
- поворотные с осью вращения параллельной плоскости кассеты;
- кассеты с двойным раскрывом.

Врубные кассеты на задней стенке имеют врубные разъемы и штырей-ловители (см. рис. 10). В качестве таких разъемов используют разъемы типа ГРПМ. Они удобны тем, что позволяют перейти от печатного монтажа на объемный монтаж. Особенно необходимо иметь ввиду, что эти разъемы хорошо работают в цепях где предельная частота переменного тока не превышает 30 МГц, или длительность импульсного сигнала не меньше $1 \cdot 10^{-9}$ сек. Конструкции врубных кассет должны обеспечивать однозначность их установки в блоки. Это можно достигнуть за счет несимметричности направляющих или разнотолщинности штырей-ловителей. При этом направляющие кассеты могут различаться по высоте или ширине.

Кассеты поворотного типа соединяют с монтажом блока с помощью плоского печатного кабеля. Кабель располагают вблизи оси поворота кассеты, с тем, чтобы получить наименьшую петлю сгиба кабеля. На рис. 11 показана конструкция поворотной кассеты с осью перпендикулярно плоскости кассеты. Для фиксации кассеты в блоке в рабочем положении кассета в противоположном углу от оси поворота имеют элемент фиксации (стопорный винт, пружинный фиксатор и т.п.). Расположение таких кассет в блоке представлено на рис. 12.

Конструкции кассеты с осью поворота параллельной плоскости кассеты показана на рис. 13. Кассета имеет двойной шарнир, который позволяет соединять кассеты между собой. Для соединения пакета кассет (2...3 шт.) с блоком в последнем предусматривают проушины с которыми соединяют пакет. Со стороны, противоположной гибкому кабелю должно быть предусмотрено крепление кассет между собой и с блоком. Таким элементом крепления может выступать резьбовая стяжка.

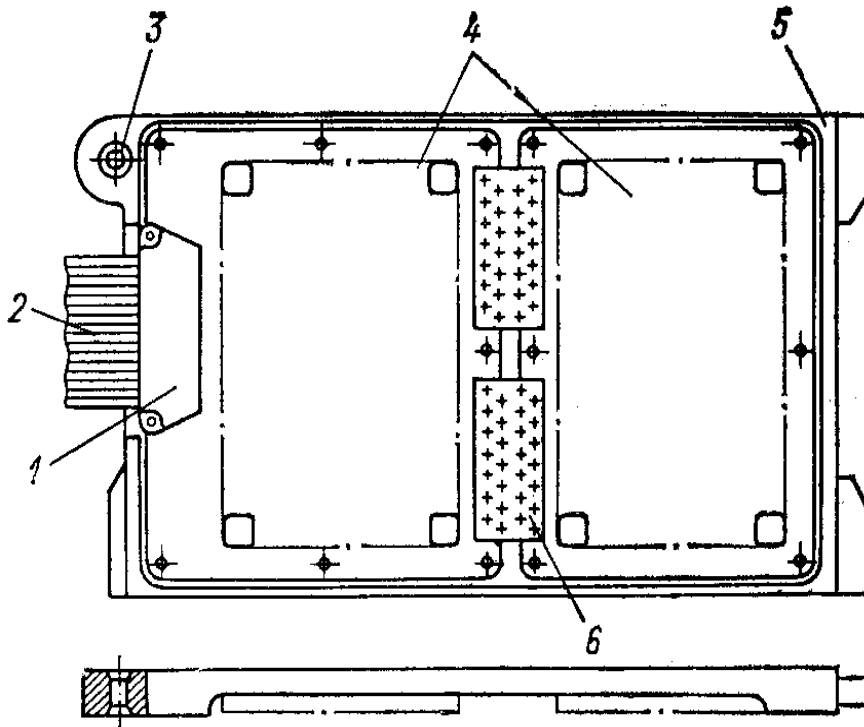


Рис. 11.

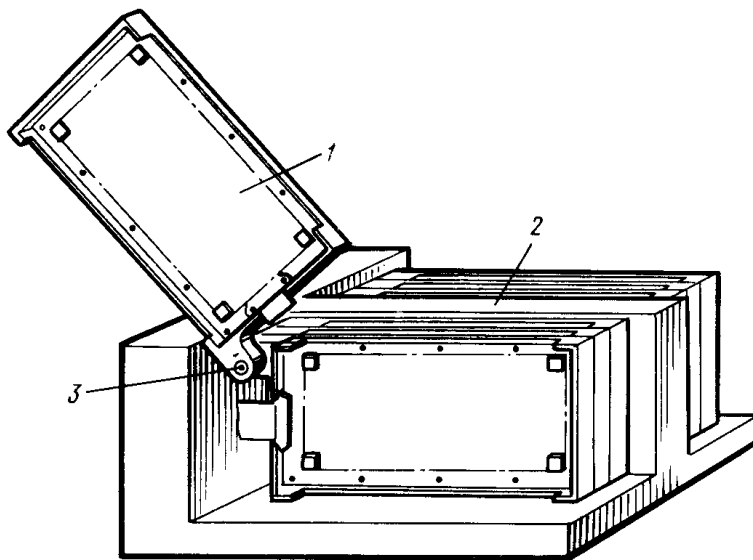


Рис. 12

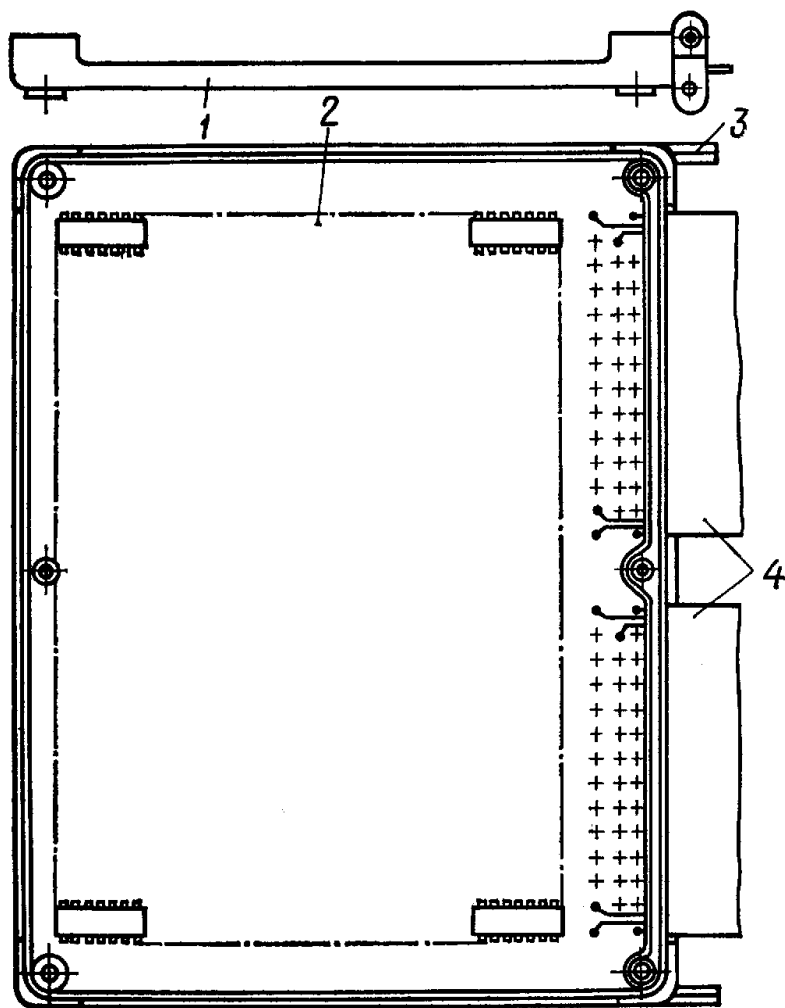


Рис. 13.

Расположение кассет с двойным раскрывом показано на рис. 14. Такая конструкция предусматривает расположение петлевых проушин с двух противоположных сторон кассеты.

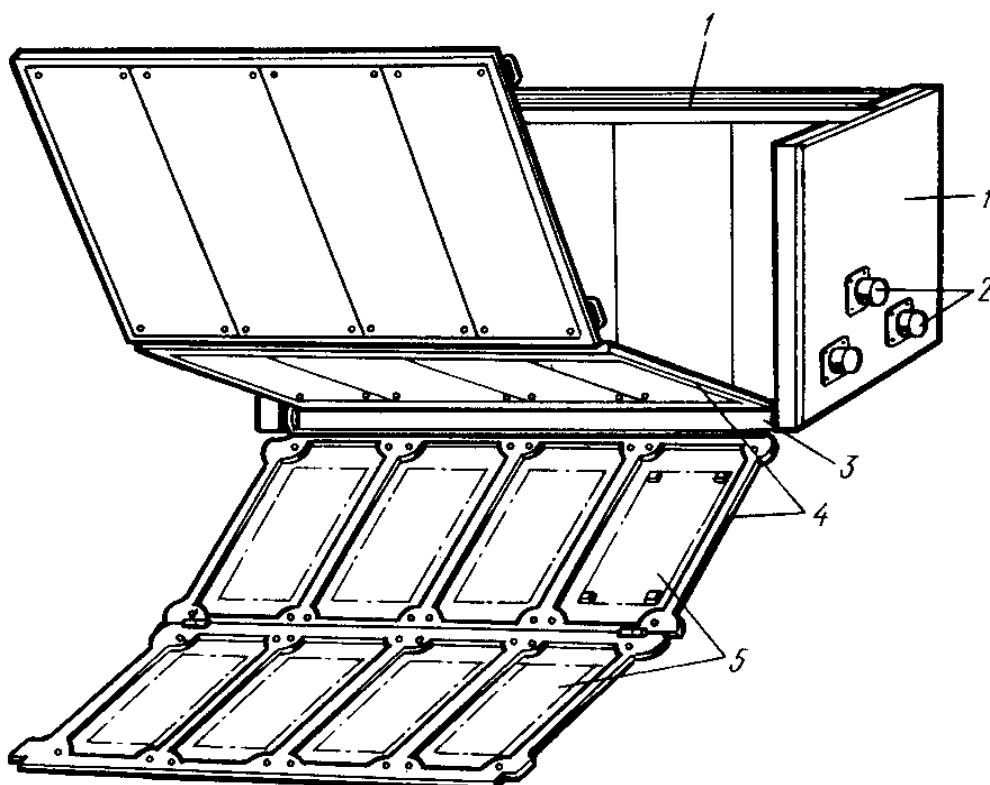


Рис. 14.

Крепление печатных функциональных узлов в кассете производится винтами, диаметр которых зависит от размера функционального узла (его массы) и действующих механических нагрузок. Чаще всего используют винты с резьбой М2,5 и М3. Если рамка кассеты выполнена из тонколистового материала, то в качестве резьбовых отверстий используют резьбовые втулки (см. рис. 15). В литых или прессованных рамках кассет под крепежные винты предусматривают приливы. Это необходимо для того, чтобы получить 6...7 ниток резьбы в винтовом соединении.

2. При создании эскиза кассеты (ячейки) необходимо обратить внимание на детальную проработку отдельных фрагментов кассеты (ячейки). К таким элементам относятся в литых и прессованных деталях: ребра жесткости и их расположение и профиль, приливы под крепежные винты, сечение направляющих, канавки для прокладки соединительных кабелей, расположение соединителей или плоских кабелей и их крепление и т.п.

В несущих конструкциях кассет, выполненных из отдельных составных деталей, надо обратить внимание на профили деталей, узлы соединения

деталей друг с другом, получение резьбовых отверстий для крепления функциональных узлов, соединительных кабелей и т.п.

В кассетах поворотного типа особое внимание следует обратить на механическую прочность проушин шарниров с учетом внешних механических воздействий.

При любом конструктивном варианте несущей конструкции кассеты при установке печатных функциональных узлов, должны быть исключены срезающие напряжения на крепежные винты. Для этих целей могут быть использованы упоры, которые исключают возможность перемещения ФУ вдоль плоскости установки. В этом случае крепежные винты работают только на растяжение и прижимают ФУ к несущей рамке кассеты.

После согласования разработанного эскиза кассеты (ячейки) с преподавателем, студент приступает к разработке чертежа кассеты (ячейки). Чертеж выполняется на уровне рабочего чертежа по всем требованиям ЕСКД. Формат и масштаб студент выбирает самостоятельно, но необходимо учитывать, что все надписи, размеры и обозначения не могут быть меньше 5 мм.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

К защите лабораторной работы необходимо представить пояснительную записку с разработкой тактико-технических требований к кассете (ячейке), эскиз несущей конструкции кассеты, необходимые поверочные расчеты конструкции и сборочные чертежи кассеты (ячейки) со спецификацией.

Пояснительная записка должна содержать анализ ТЗ, разработку тактико-технических требований, обоснование принятого конструктивного решения, необходимые расчеты.

Графический материал состоит из детального эскиза несущей конструкции кассеты (ячейки), сборочного чертежа кассеты (ячейки) и спецификации.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Какая сборочная единица называется кассетой?
- 5.2. Какая сборочная единица называется ячейкой?
- 5.3. Как осуществляется электрическое соединение печатных узлов кассеты?
- 5.4. Как обеспечивается электрическая связь кассеты (ячейки) с блоком?
- 5.5. Как осуществить переход от объемного монтажа к печатному?
- 5.6. Как обеспечивается механическая связь кассеты (ячейки) с блоком?

