Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.10.2026 17:23:28
Уникальный программный ключ:
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Кафедра радиотехники, телекоммуникаций и микроэлектроники

Мусаев Л.П. Нежведилов Т.Д. Алиев С.А.

УЧЕБНО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА РЭС

для бакалавров направления подготовки 11.03.01 «Радиотехника», профиль "Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов"

Махачкала 2025

УДК 621.396.6.001.63

Учебно- методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы конструирования и технологии производства РЭС» для обучающихся направления подготовки 110301 - «Радиотехника». – Махачкала, ДГТУ, 2025 г. – 18 с.

Рассмотрены порядок и основные правила конструирования РЭС. Изложены методы проектирования печатных плат.

Составители: Мусаев Л.П., к.т.н., доцент
Нежведилов Т.Д., к.т.н., ст. преподаватель
Алиев С.А., к.т.н., ст. преподаватель

Рецензенты: д.т.н., профессор
кафедры БиМАС
ФГБОУ ВО «ДГТУ» Магомедов Д.А.

д.т.н., зав. лабораторией
ИТвЭ ФГБУН «ИПГ»
ДНЦ РАН Кобзаренко Д.Н.

Печатается в соответствии с решением Ученого Совета Дагестанского государственного технического университета № ____ от _____2025г.

Практическое занятие №1

КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ (ПП)

Цель работы:

1. **Выбор типа конструкции ПП**.
2. **Приобретение практических навыков трассировки ПП**.
3. **Оформление чертежа ПП в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД**.

Исходные данные:

1. **Схема электрическая принципиальная (Э3) функционального узла, для которого разрабатывается ПП**.
2. **Перечень элементов схемы электрической принципиальной (ПЭ**3).
3. **Группа электрорадиоаппаратуры, для которой разрабатывается ПП, по объекту установки – стационарная**.
4. **Группа жесткости при климатических воздействиях** 1(2).
5. **Способ закрепления ПП в модуль более высокого конструктивного уровня**.

Порядок выполнения работы:

1. **Получить вариант задания**.
2. **Проанализировать схему эл трическую принципиальную**.
3. **Выбрать тип конструкции ПП, ласс точности и шаг координатной сетки. к**
4. **Выбрать материал основания ПП**.
5. **Выбрать габари ные размеры ПП, определив**:
   - **суммарную устан вочную площадь электрорадиоэлементов** (ЭРЭ);
   - **площадь ПП**;
   - **д ину ш ну ПП**.
6. **Опреде ть параметры элементов печатного монтажа (ширину проводника, расстояние между соседними элементами проводящего рисунка и т.д.) по ГОСТ** 23751-86.
7. **Проанализировать элементную базу и определить диаметры монтажныхотверст й, контактных площадок и т.д**.
8. **Выбрать метод изготовления ПП**.
9. **Выполнить трассировку ПП, определив установочные и габаритныеразмеры навесных ЭРЭ**.
10. **Оформить конструкторскую документацию на ПП**.

Содержание отчета:

1. **Цель работы**.
2. **Чертеж Э3 и ПЭ3 (согласно варианту задания)**.
3. **Расчет габаритных размеров ПП**.

4. **Чертеж ПП (трассировка).**
5. **Выводы по работе.**

Контрольные вопросы

1. **Какова последовательность конструкторского проектирования ПП?**
2. **Какие исходные данные необходимы для конструкторского проектирования ПП?**
3. **Как элементная база влияет на выбор конструкции ПП?**
4. **Как выбирают или рассчитывают типоразмер ПП?**
5. **От чего зависят ширина проводника и расстояние между проводниками?**
6. **Как выбирают класс точности ПП?**
7. **Каковы состав и последовательность изложения технических требований на чертеже ПП?**

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Печатная плата (ПП) – изделие, состоящееаиз плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырез ми и системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используют для установки и коммутации электрорадиоэлементов и фун ционн льных узлов в соответствии с электрической принципиальной сх мой.

Для проектирования ПП н обходимо иметь схему электрическую принципиальную, перечень элемен ов и данные о размерах и форме каждого элемента.

ОСТ 4.010.022-85 **рек мендует следующую последовательность конструирования**:

- **определение ус ов й эксплуатации, выбор группы жесткости;**
- **выбор к асса точности ПП;**
- **вы ор конструкции, размеров и конфигурации ПП;**
- **вы ор материала основания;**
- **выбор конструктивного покрытия;**
- **размещение элементов и трассировка печатных проводников;**
- **маркировка;**
- **разработка конструкторской документации.**

Условия эксплуатации оговариваются в задании. В зависимости от климатических факторов по ГОСТ 23752-79 **выбирают группу жесткости, определяющую соответствующие требования к конструкции ПП, используемому материалу, применению дополнительной защиты от внешних воздействий (табл.** 1).

Таблица 1

Группы жесткости печатных плат

Воздействующий фактор	Группа жесткости			
	1	2	3	4
Температура окр. среды, °С	–25…+25	–40…+85	–60…+100	–60…+120
Относит. влажность, %	75	93	98	98
Давление кПа, мм рт.ст.	101 (760)	53,6 (400)	53,6 (400)	0,67 (5)

Класс точности выбирается в соответствии с рекомендациями ОСТ 4.010.022-85. **ГОСТ** 23751-86 **устанавливает пять классов точности ПП, каждый из которых характеризуется наименьшими номинальными значениями основных параметров для узкого места – участка ПП, на котором элементы печатного проводящего рисунка и расстояние между ними могут быть выполнены только с минимально допустимыми значениями** (**табл.** 2).

Таблица 2

Наименьшее номинальное значение основных параметров для классов точности ПП

Условное обозначение	Номин льное значение основных размеров для класса точности				
	1	2	3	4	5
t,**мм**	0,75	0,45	0,25	0.15	0,10
S,**мм**	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10
b,**мм**	0,30	0,20	0,10	0,05	0,025
*γ**	0,40	0,40	0,33	0,25	0,20

Примечание.*t*– **наименьшая номинальная ширина проводника**;*S*–

значения диаметра на меньшего из металлизированных отверстий к толщине ПП.

ниидляСво одного места указанные значения допускается устанавливать по любому олее низкому классу, а для первого класса – увеличивать в два раза.

Печатные платы 1**-го и** 2**-го классов точности наиболее просты в исполне , надежны в эксплуатации, имеют минимальную стоимость и применяются в случае малой насыщенности поверхности ПП дискретными элементами и микросхемами малой степени интеграции. Для ПП** 3**-го класса точности необходимо использовать высококачественные материалы, более точный инструмент и оборудование и применять для микросхем со штыревыми** и **планарными выводами при средней и высокой насыщенности поверхности ПП элементами. Для ПП** 4**-го и** 5**-го классов используются специальные материалы, прецизионное оборудование и требуются особые условия для их изготовления. ПП** 4**-го класса применяются при высокой насыщенности**

поверхности ПП микросхемами с выводами и без них, ПП 5**-го класса применяются при очень высокой насыщенности ПП элементами с выводами и без них.**

По ГОСТ 23751-86 **предусмотрены следующие типы конструкции ПП**:

- **односторонние печатные платы (ОПП);**
- **двусторонние ПП (ДПП);**
- **многослойные ПП (МПП);**
- **гибкие ПП.**

В зависимости от сложности схемы, реализуемой на ПП, а также возможностей технологического оборудования и экономических критериев выбирают тип ПП: ОПП, ДПП или МПП. При выборе типа ПП следует учитывать, что трудоемкость изготовления ПП приблизительно оценивается пропорцией: ОПП:ДПП:МПП = 1:4:20. **ОПП наиболее простые и дешевые, имеют малые коммутационные способности. В современных РЭС наиболее часто используют ДПП и МПП.**

При выборе размеров ПП необходимо придерживаться принципа – максимальное количество связей выполнять с помощью печатного монтажа. Габаритные размеры ПП не превышают установленных значений для следующих типов: особо малогабаритных – 60**х**90 **мм; малогабаритных** – 120**х**180 **мм; крупногабаритных** – 240**х**360 **мм . Быстродействие, установочныеразмеры, эксплуатационные характеристикии т.п. также влияют на выбор размеров и конфигурации ПП. Лин**ые**йнр змеры ПП рекомендуется выбирать по ГОСТ** 10317-79, **они приведены в табл.** 3.

Таблица 3

Линейные размеры ПП

Ширина, мм	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**	**Ширина, мм**	**Длина, мм**
20	30	60	90	100	120	140	150
	40		100		130		200
30	40		140	110	150	150	150
			160		170		170
40	60	75	75	120	120		180
45	75		90		140		200
	80		170		150	160	170
50	60	80	130		160		200
	80		140		170	170	180
	100	90	90		180		200
	150		120		200		280
60	60		150	130	200	200	360
	80		170				

ГОСТ 10317-79 **рекомендует использовать платы прямоугольной формы, размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными** 2,5; 5 **или** 10

при длине соответственно до 100, **до** 350 **и свыше** 350 **мм. Максимальный размер любой из сторон не должен превышать** 470 **мм, соотношение сторон – не более** 3 : 1. **Данные ограничения обусловлены в основном возможностями технологического оборудования по изготовлению печатных плат. При необходимости возможно отклонение габаритов, соотношения сторон и формы ПП от рекомендуемых.**

Если габаритные размеры ПП не заданы, то необходимо:

- **выбрать (рассчитать) типоразмер ПП;**
- **скомпоновать конструкторско-технологические зоны для размещения:**
  - **– ЭРЭ;**
  - **– элементов контроля;**
  - **– элементов электрического соединения;**
  - **– элементов крепления;**
  - **– элементов фиксации ячейки в модуле;**
- **выбрать толщину ПП.**

Выбор размеров ПП осуществляется ориентировочно. Исходными данными для расчета являются перечень элементов и установочные размеры изделий электронной техники (ИЭТ). Методика расчета следующая.

1. **Суммарная площадь, занимаемая всеми ИЭТ:**

$$S_C = \sum_{i=1}^{n} S_{yi},$$

где S_{yi} **– значение установочной площади** i**-го элемента,** n **– количество элементов.**

Под установочной площадью ЭРЭ понимается площадь прямоугольника (квадрата), в которую вписывае ся ЭРЭ вместе с выводами и контактными площадками при уста вке его на ПП.

2. **Приблиз тельная площадь печатной платы с учетом способа монтажа (односторонний, двусторонний):**

$$S_{ПП} = \frac{S_C}{k_з \times m} + S_{всп},$$

где $k_з$ **–коэффициент заполнения платы печатной**(0,3–0,8), m **– количество сторон монтажа** (1, 2), $S_{всп}$ **– вспомогательная площадь для элементов крепле , элементов контроля и т.д.**

Зная площадь ПП и задавая соотношение сторон ПП, можно определить ее размеры по ГОСТ 10317-79. **Предельные отклонения на сопрягаемые размеры контура ПП должны быть не выше** 12 **квалитета, а на несопрягаемые – не выше** 14 **квалитета по ГОСТ** 25347-82.

Материал основания ПП выбирают по ТУ на материалы конкретного вида и ГОСТ 10316-78, **с учетом электрических и физико-механических параметров ПП во время и после воздействия механических нагрузок, климатических**

факторов и химических агрессивных сред в процессе производства и эксплуатации, обеспечения автоматизации процесса установки ЭРЭ.

Выбор материала ПП также зависит от технологии изготовления ПП.

Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Материалы, рекомендуемые для изготовления печатных плат

Наименование	Марка	Тип печатной платы	Метод изготовления
Фольгированный гетинакс	ГФ-1-35 ГФ-2-35 ГФ-1-50 ГФ-2-50	ОПП и ДПП	Химический
Фольгированный стеклотекстолит	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		Комбинированный позитивный, химический
Фольгированный стеклотекстолит повышенной нагревостойкости	СФПН-1-50 СФПН-2-50	ОПП и ДПП с повышенной нагревостойкостью	Комбинированный позитивный, химический
Стеклотекстолит	СТЭФ-1-2ЛК	ДПП	Электрохимический
Стеклотекстолит листовой с адгезионным слоем	СТЭК		
Фольгированный тонкий д электрик	ФДМ-2	Гибкая печатная плата (ГПП)	Комбинированный позитивный, химический
Теплостойк й фольгированный и стеклотекстолит	СТФ-1 СТФ-2	ДПП, ГПП, МПП	Комбинированный позитивный, металлизация сквозных отверстий
Фольгированный травящийся стеклотекстолит	ФТС-1 ФТС-2	МПП и ГПП	Металлизация сквозных отверстий
Прокладочная стеклоткань	СПТ-3 СПТ-4	МПП	
Фольгированный диэлектрик	Слофадит	ДПП	Комбинированный позитивный

Установлен размерный ряд значений толщины оснований ПП:

– **гибкие** – 0,1–0,2–0,4;

– **жесткие** – 0,8–1,0–1,5–2,0–3,0.

Наиболее распространенная толщина оснований ПП лежит в пределах от 0,8 **до** 1,5 **мм. При выборе толщины ПП учитывают метод изготовления ипредъявленные механические требования.**

Для защиты ПП от внешних воздействий используют различные конструктивные покрытия. Их выбирают по ОСТ 4.**ГО**.014.000. **Неметаллические покрытия применяют для защиты**:

- **печатных проводников и поверхности основания ПП от воздействия припоя;**
- **элементов проводящего рисунка от замыкания навесными Э Э.**

Для этого используют защитные покрытия на основе эпоксидных слоев, холодных эмалей, оксидных пленок (например лак ЭП-730). **Для улучшения паяемости и проводимости используют металлические покрытия (ХИМ.М.М**240-**С**(66)10-12 **опл., сплав Розе, палладий, медь и т.п.).**

Размещение элементов и трассировка печатных проводников называется *топологическим проектированием печатной платы*.

Исходным параметром при конструировании ПП является шаг координатной сетки. С помощьюкоордин тной сетки регламентируются основные геометрические размеры печ тных пл т.

Размещение отверстий и других элементов печатного рисунка производят

выводов. Основной шаг линий, используемый в координатной сетке, равен 2,5 **мм, допускаются вспомога ельные шаги** 1,25; 0,625 (0,5) **мм (зависят от используемой элементн й базы).**

относительно базы координат координатной сетки в соответствии с принятым

при разработке печатноготузла расположением навесных элементов и их

центры отверст й к н актных площадок располагают в узлах сетки.

Центры монтажныхол отверстий под неформуемые выводы многовыводных ИЭТ, межцентровые расстояния которых не кратны шагу координатной сетки, следует расп агать таким образом, чтобы в узле координатной сетки находился центр по крайней мере одного из монтажных отверстий.

Отверстия ПП следует располагать таким образом, чтобы наименьшее расстоян е между внешним контуром платы и краем отверстия было не менее инальныеныплаты.Ном размеры диаметров металлизированных, толщ

неметаллизированых монтажных и переходных (служащие только для соединения проводящих слоев) определяются по ГОСТ 10317-79.

Диаметры монтажных, переходных, металлизированных и неметаллизированных отверстий выбирают из ряда: 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9;1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5; 2,6; 2,7; 2,8; 3,0 мм (**ГОСТ** 10317

Диаметр монтажного отверстия d_0 **выбирают исходя из таких условий: если диаметр вывода** $d_в > 1$ **мм, то** $d_0 = [d_в + (0{,}3 - 0{,}4)]$ **мм; если** $d_в \leq 1$ **мм, то** $d_0 = [d_в + (0{,}2 - 0{,}3)]$ **мм.**

На каждой плате рекомендуется предусматривать не менее двух технологических базовых отверстий с диаметром не менее 1,3 мм, расположенных в узлах координатной сетки по углам платы, которые могут быть использованы как крепежные отверстия.

Количество типоразмеров любых отверстий на печатной плате из соображений технологичности и стоимости ПП обычно ограничивают тремя-четырьмя.

Переходным элементом от отверстия, в которое впаивается вывод устанавливаемого элемента, к печатному проводнику является контактная площадка. Контактные площадки выполняются прямоугольной, круглой или близкой к ним формы (круглые предпочтительнее).

Минимальные размеры контактных площадок определяют исходя из номинального диаметра отверстия. В соответствии с международными рекомендациями минимальные размеры контактных площадок принимаются по табл. 5.

Таблица 5

Минимальные размеры онт ктных площадок

Номинальный диаметр отверстия, мм	**Минимальный диаметр контак ной площадки, мм**	**Номин льный диаметр отверстия, мм**	**Минимальный диаметр контактной площадки, мм**
0,6	1,8	1,3	2,8
0,8	2,3	1,6	3,1
1,0	2,5	2,0	3,5

Печатные проводн следует выполнять постоянной, как можно большей ширины и располагать равномерно, на как можно большем расстоянии от соседних элементов. Проводники обычно располагают параллельно линиям коорд натнойнисетки или под углом 45° к ним. На соседних проводящих слоях платы провод ки располагаются во взаимно перпендикулярных направлениях для уменьшен я перекрестных помех. Печатные проводники шириной более 3 мм выполняют с вырезами по правилам выполнения экранов.

В узком месте печатные проводники следует выполнять наименьшей номинальной ширины на возможно меньшей длине.

При создании печатных плат для электронных узлов РЭС обычно используется координатный способ разводки печатных проводников, предусматривающий ортогональные направления проводников на разных сторонах (смежных слоях) платы.

Для выполнения диагональных соединений и предотвращения нежелательного пересечения проводника с ранее проведенными проводниками в конструкцию ПП вводятся специальные переходные отверстия, переводящие проводники на противоположную сторону ПП, на которой трасса продолжается (может быть использовано и монтажное отверстие).

Ортогональное направление трасс позволяет свести к минимуму взаимное влияние проводников, расположенных на разных слоях и упрощает процесс разводки проводников. Возможно также изменение направления трассы под углом 45° или 90° к первоначальному направлению, могут быть первоначальные сдвиги относительно выбранного направления. Желательно, однако, чтобы трассы не имели форму лесенки, а по возможности приближались к прямой.

В настоящее время для трассировки ПП используют САПР с различными пакетами прикладных программ (P-CAD, OrCAD и т.п.).

Размещение навесных ИЭТ на печатной плате следует проводить с учетом конструктивных особенностей печатного узла и устройства в целом.

Выбор варианта установки навесных элементов, в том числе под автоматическую установку, осуществляют в соответствии с ОСТ4.010.030-81, ОСТ4.ГО.010.009-84 и ГОСТ 29137-91. При этом выводы навесных элементов подвергаются формовке – операции приднания выводам определенной формы и длины, обеспечивающей при сборке печатной плате гарантированное расстояние паяного шва от тела элемента в соответствии с ТУ элементов. Выводы навесных элементов, как правило, выступают за плату.

По краям платы н обходимо оставить свободную полосу – вспомогательный участоктдляхнологических целей, не занимаемый рисунком и элементами. На вспомога ельном участке могут располагаться контрольные точки, разъемы, элеменпроыкрепления платы. Размер участка должен быть не менее 2,5 мм и не б лее 10 мм.

При трасс ровке кладывают линии соединений между контактными площадками в соответствии со схемой с учетом конструктивных, электрических технологических ограничений.

При топо огическом конструировании ПП должны быть достигнуты минимум пересечений и минимум длины связей. Минимум пересечений означает минимум переходных отверстий. Это требование обеспечивает технолог чность по минимуму числа слоев. Минимум длины связей означает минимум связей между соседними элементами.

При разработке печатных плат необходимо также выполнение ряда требований ОСТ4.101.022-85:

- стороны платы должны быть параллельны линиям координатной сетки;
- отверстия располагают в узлах сетки;
- взаимное расположение монтажных отверстий должно соответствовать ОСТ4.010.030-81, а именно:
  – размеры от корпуса ЭРЭ до оси изогнутого вывода не менее 2,0 мм;
  – размер до места пайки не менее 2,5 мм;

– **установочные размеры элемента должны быть кратными шагу** 2,5 **ммили** 1,25 **мм;**

– **для каждого вывода ЭРЭ должны быть предусмотрены отдельноемонтажное отверстие и контактная площадка;**

– **расстояние между осями выводов соседних ЭРЭ должно быть неменее** 2,5 **мм, расстояние между корпусами ЭРЭ – не менее** 1 **мм;**

– **варианты установки навесных элементов должны соответствоватьГОСТ** 29137-91 **и ОСТ**4.010.030-81.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Оформление чертежей печатных плат выполняют по ГОСТ 2.417-91, **который устанавливает основные правила исполнения чертежей при любом способе выполнения документации (групповом или базовом). Чертежи выполняют в масштабе** 4:1; 2:1; 1:1. **На чертежах изображают основные проекции с элементами проводящего рисунка (проводниками, контактными площадками и пр.) и отверстиями. Чертежи ОПП, ДПП, МПП должны иметь наименование «Плата печатная».**

На чертеже односторонней ПП по$_к$зыв ют виды обеих ее сторон, при этом на стороне монтажа наносят позиционные обозначения ЭРЭ в соответствии со схемой электрич с ой принципиальной, уточняющие

изображением помещают надпись «С орона монтажа».
расположения навесных элементов. Обознач ния ставятся на оси, соединяющей центры двух отверстий и не доход$_{ят}$ до краев отверстий на 1 – 1,5 **мм, а над**
дополняют видом провгодяще рисунка стороны монтажа, наносят также позиционные обозначен я ЭРЭ, помещают надпись «Сторона монтажа».

Чертеж двусторонней ПП, имеющей навесные элементы на одной стороне,

Для поверхностей, к торые в процессе изготовления подвергаются

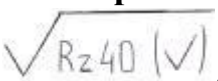
не превышает 40 **мкм). Шероховатость поверхностей печатной платы на чертеже обозначают следующим образом:**

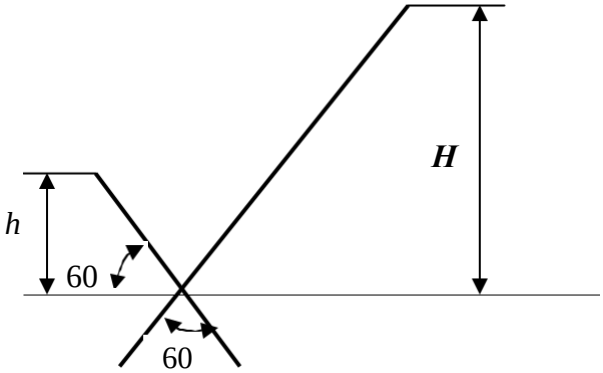
механической$_б$работке (контур платы, отверстия и т.п.), устанавливают норму на шероховатость. Шероховатость ограничивают, нормируя максимально допустимыелинизачения параметра шероховатости (высота неровностей обычно

 на ях контура или выносных, относящихся к толщине платы, ставят

знак (рис. 1), обозначающий, что шероховатости этих поверхностей должны соответствовать нормам, установленным на материал, из которого изготовлена плата;

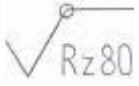
- **для всех остальных поверхностей, подвергаемых механической обработке, обычно устанавливают одинаковые требования к шероховатости поверхности. При этом в правом верхнем углу чертежа**

под знаком  **ставят знак** R_Z **и пишут значение параметра шероховатости** R_Z40. **После этого ставят знак** **, который означает, что норма** R_Z40 – 40 **мкм относится ко всем поверхностям, кроме обозначенных знаком, т.е. должно стоять** .



$H = (1,5…3)h$,
h –**размер высоты шрифта**

Рис. 1. **Размеры знака, обознач ющего шероховатость поверхности**

Шероховатость обработки пов рхности по периметру платы имеет т параметр R_Z80 **и обозначае ся**  .

На чертеже ПП д ны бы ь:
диаметры);
олж
- **исполнительные размеры (контур ПП);**
ини
- **присоед тельные размеры (координаты крепежных отверстий и их**
- **габаритные размеры.**

На б **чертеже ПП размеры могут быть указаны одним из следующих способов:**
- **в соответствии с требованиями ГОСТ** 2.307-68;
- **нанесением координатной сетки в прямоугольной системе координат;**
- **ком инированным способом, при помощи размерных и выносных л н й координатной сетки в прямоугольной системе координат;**
- **в виде таблицы координат элементов проводящего рисунка.**

При нанесении размеров с помощью координатной сетки линии сетки должны нумероваться, выделяя на чертеже отдельные линии координатной сетки, чередующиеся через определенные интервалы; при этом в технических требованиях чертежа помещают указания , например: «Линии координатной сетки нанесены через одну» (при шаге 1,25 **мм).**

Координатную сетку наносят или на все поле чертежа, или на часть поверхности ПП, или рисками по периметру контура ПП, или на некотором расстоянии от него тонкими линиями. Шаг координатной сетки в прямоугольной

15

системе координат выбирают по ГОСТ 10317. **Соединения ЭРЭ с проводящим рисунком ПП располагают в узлах координатной сетки.**

Межцентровые расстояния для расположения ЭРЭ, устанавливаемых на ПП, должны быть кратными шагу координатной сетки.

За начало отсчета в прямоугольной системе координат принимают:

- **центр крайнего левого или правого нижнего**

отверстия;

- **левый или правый нижний угол ПП;**
- **левую или правую нижнюю точку, образованную линиями построения.**

Участки ПП, которые не допускается занимать печатными проводниками и контактными площадками, на чертеже необходимо обводить штрихпунктирной утолщенной линией.

Круглые контактные площадки с отверстиями, в том числе имеющие зенковку, и контактные площадки произвольной формы, размеры которых не указаны, изображают на чертеже одной окружностью. Контактные площадки, в том числе круглые, в зависимости от их размеров допускается изображать на чертеже условно в виде квадрата, прямоугольника, многоугольника и т.п. Размеры и форму контактных площадок указывают в технических требованиях чертежа. Отверстия, близкие по диаметру, изображают окружностью одного диаметра с обязательным указанием условного знака (ГОСТ 2.307 -68). **Диаметр отверстия, его условный знак, диаметр контактных площадок, н личие металлизации, количество отверстий объединяют в таблицу, которую р змещают на чертеже ПП. Рекомендуемая форма таблицы отверстий и условное обозначение отверстий приведены на рис.** 2.

а

30	30	30	35	25
Условное обозначение отверстий	*Диаметры отверстий, мм*	*Диам тры кон актных площадок, мм*	*Наличие металлизации в отверстиях*	*Количество отверстий*
10				

б

Диаметр, мм	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
Усл овные о означения отверстий					

Рис. 2. **Форма таблицы отверстий (а); условные обозначения отверстий (б)**

Проводники на чертеже можно обозначать одной линией, являющейся осью симметрии проводника. На чертеже в технических требованиях (ТТ) или в таблице (рис. 3) **указывают числовое значение ширины проводника. Если проводникиизображают двумя линиями, совпадающими с линиями координатной сетки, то числовое значение ширины на чертеже ПП не указывают.**

16

Параметры рисунка печатной платы	Минимальные значения основных параметров	
	Для узкого места	Для свободного места
Ширина печатных проводников		
Расстояние между краями соседних элементов проводящего рисунка		

Рис. 3. **Параметры рисунка печатной платы и их значения**

Участки ПП, которые не допускается занимать проводниками, необходимо обводить штрихпунктирной утолщенной линией.

Отдельные элементы рисунка ПП (проводники, экраны, изоляционные участки и т.п.) допускается выделять на чертеже штриховкой, зачернением, растрированием и т.п.

Изображение ПП с повторяющимися элементами допускается изображать не полностью, но с указанием закономерности расположения элементов печатного монтажа и т.п.

Технические требования **на чертежах вводят в тех случаях,когдаинформацию нельзя отобразить графически или условно. Их размещают над основной надписью на чертеже «Платапечатная» на первом листе. Состав и последовательность изложения ТТ следующие:**

1. **Печатную плату изготовить**… **методом.**

2. **Печатная плата должна соответствовать ГОСТ** 23752-79, **группажесткости**…

3. **Класс точности**… **по ГОСТ** 23751-86.

4. **Шаг координатной се ки**… **мм.**

5. **Форма контактныхокплощадок произвольная.**

Параметры элемен в печа ного монтажа рекомендуют представлять в виде таблиц (см. выше) размещать в любом свободном месте чертежа.

6*. **Размерлядсправ .**

7. **Покрыт е печатных проводников, контактных площадок иметаллизированных отверстий**…

8. **Указание о маркировке**…

9. **Неуказанные предельные отклонения размеров**…

Марк ровку ПП располагают на свободном месте платы с одной или двух сторон. При маркировке способом, которым выполняется проводящий рисунок ПП, допускается применять любой шрифт. При этом в ТТ чертежа способ маркировки не указывают. Маркировку располагают на чертеже с одной или двух сторон. Она разделяется на основную и дополнительную.

Основную маркировку наносят в обязательном порядке, в нее входят:

- **обозначение ПП или ее шифр (выполняют шрифтом не менее** 2,5 **мм, все остальные маркировочные символы, приведенные ниже, – шрифтом не менее** 2 **мм);**
- **дата изготовления (год, месяц);**

17

- **порядковый номер изменения чертежа ПП, изменения которого связаны только с рисунком элементов печатного монтажа**.

Дополнительную маркировку наносят при необходимости. Она включает:1) **порядковый или заводской номер ПП**;

2) **позиционное обозначение ЭРЭ**;

3) **изображение посадочных мест ЭРЭ (для ручной сборки ячейки)**;

4) **обозначение первого вывода ЭРЭ**;

5) **обозначение вывода полярного ЭРЭ (знак «+»)**;

6) **цифровое изображение контрольных точек**;

7) **клеймо ОТК и др**.

Пример оформления конструкторской документации (КД) на печатную плату приведен в приложении.