

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиоэлектронных средств

***ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ***

Лабораторный практикум

для студентов специальности
I-27 01 01 11 «Экономика и организация производства
(радиоэлектроника и информационные услуги)»
дневной и заочной форм обучения

Минск 2007

УДК 621.396.6.001.63(075)

ББК 32.844

О-17

А в т о р ы :

Н. С. Образцов, Н. И. Каленкович, А. М. Ткачук, А. П. Шокурова

О-17 **Основы** конструирования радиоэлектронной аппаратуры: лаб. практикум для студ. спец. I-27 01 01 11 «Экономика и организация производства (радиоэлектроника и информационные услуги)» дневн. и заоч. форм обуч. / Н. С. Образцов [и др.]. – Минск : БГУИР, 2007. – 30 с. : ил.

ISBN 978-985-488-167-6

Рассмотрены порядок и основные правила конструирования радиоэлектронных средств (РЭС). Изложены методы проектирования печатных плат. Приведены мероприятия по защите конструкций РЭС от основных дестабилизирующих факторов.

Пособие может быть полезно студентам других специальностей, изучающим конструирование РЭС.

УДК 621.396.6.001.63(075)

ББК 32.844

ISBN 978-985-488-167-6

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Конструкторское проектирование печатной платы (ПП)	5
Рекомендации по разработке конструкции печатной платы.....	6
Рекомендации по оформлению чертежей печатных плат	14
Лабораторная работа №2. Разработка сборочного чертежа печатного узла и спецификации	18
Рекомендации по выполнению сборочного чертежа печатного узла.....	19
Рекомендации по разработке и оформлению спецификации на сборочный чертеж печатного узла	20
Приложение	23

Библиотека БГУИР

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ГПП – гибкая печатная плата
ДПП – двусторонняя печатная плата
ИЭТ – изделие электронной техники
МПП – многослойная печатная плата
ОПП – односторонняя печатная плата
ПП – печатная плата
ПЭЗ – перечень элементов схемы электрической принципиальной
РЭС – радиоэлектронное средство
ТЗ – техническое задание
ТКЕ – температурный коэффициент емкости
ТКС – температурный коэффициент сопротивления
ТТ – технические требования
ТУ – технические условия
ЭЗ – схема электрическая принципиальная
ЭРЭ – электрорадиоэлементы

Лабораторная работа №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 (ЭЗ) функционального узла, для которого разрабатывается ПП.
2. Перечень элементов схемы электрической принципиальной (ПЭЗ).
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 электрическую принципиальную.
3. Выбрать тип конструкции ПП, класс точности и шаг координатной сетки.
4. Выбрать материал основания ПП.
5. Выбрать габаритные размеры ПП, определив:
 - суммарную установочную площадь электрорадиоэлементов (ЭРЭ);
 - площадь ПП;
 - длину и ширину ПП.
6. Определить 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 монтажных отверстий, контактных площадок и т.д.
8. Выбрать метод изготовления ПП.
9. Выполнить трассировку ПП, определив установочные и габаритные размеры навесных ЭРЭ.
10. Оформить конструкторскую документацию на ПП.

Содержание отчета:

1. Цель работы.
2. Чертеж ЭЗ и ПЭЗ (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, состоящее из плоского изоляционного основания с отверстиями, пазами, вырезами и системой токопроводящих полосок металла (проводников), которое используют для установки и коммутации электрорадиоэлементов и функциональных узлов в соответствии с электрической принципиальной схемой.

Для проектирования ПП необходимо иметь схему электрическую принципиальную, перечень элементов и данные о размерах и форме каждого элемента.

ОСТ 4.010.022-85 рекомендует следующую последовательность конструирования:

- определение условий эксплуатации, выбор группы жесткости;
- выбор класса точности ПП;
- выбор конструкции, размеров и конфигурации ПП;
- выбор 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	Номинальное 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 – наименьшее номинальное расстояние между проводниками; b – минимально допустимая ширина контактной площадки; γ^* – отношение номинального значения диаметра наименьшего из металлизированных отверстий к толщине ПП.

Для свободного места указанные значения допускается устанавливать по любому более низкому классу, а для первого класса – увеличивать в два раза.

Печатные платы 1-го и 2-го классов точности наиболее просты в исполнении, 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 – 60x90 мм; малогабаритных – 120x180 мм; крупногабаритных – 240x360 мм. Быстродействие, установочные размеры, эксплуатационные характеристики и т.п. также влияют на выбор размеров и конфигурации ПП. Линейные размеры 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		75	140	110	150	150	150	
				160		170		170	
40	60	80		75	120	120		160	180
				45		90			140
50	80		90			170	120	150	170
	60			130		160			200
	80	140		170	180	180			
	100	90		180	170	200			
60	150	90	120	130	200	200	280		
	60		150		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 вписывается ЭРЭ вместе с выводами и контактными площадками при установке его на ПП.

2. Приблизительная площадь печатной платы с учетом способа монтажа (односторонний, двусторонний):

$$S_{ПП} = \frac{S_c}{k_3 \cdot m} + S_{всп},$$

где k_3 – коэффициент заполнения платы печатной (0,3–0,8), m – количество сторон монтажа (1, 2), $S_{всп}$ – вспомогательная площадь для элементов крепления, 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 диэлектрик	ФДМ-2	Гибкая печатная плата (ГПП)	Комбинированный позитивный, химический
Теплостойкий фольгированный 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 и предъявленные 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 ЭРЭ.

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.М240-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 помощью координатной сетки регламентируются основные геометрические размеры печатных плат.

Размещение отверстий и других элементов печатного рисунка производят относительно базы координат координатной сетки в соответствии с принятым при разработке печатного узла расположением навесных элементов и их выводов. Основной шаг линий, используемый в координатной сетке, равен 2,5 мм, допускаются вспомогательные шаги 1,25; 0,625 (0,5) мм (зависят от используемой элементной базы).

Центры отверстий и контактных площадок располагают в узлах сетки. Центры монтажных отверстий под неформуемые выводы многовыводных ИЭТ, межцентровые расстояния которых не кратны шагу координатной сетки, следует располагать таким образом, чтобы в узле координатной сетки находился центр по крайней мере одного из монтажных отверстий.

Отверстия ПП следует располагать таким образом, чтобы наименьшее расстояние между внешним контуром платы и краем отверстия было не менее толщины платы.

Номинальные размеры диаметров металлизированных, неметаллизированных 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 $d_e > 1$ мм, то $d_0 = [d_e + (0,3 - 0,4)]$ мм; если $d_e \leq 1$ мм, то $d_0 = [d_e + (0,2 - 0,3)]$ 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 контактных площадок

Номинальный диаметр отверстия, мм	Минимальный диаметр контактной площадки, мм	Номинальный 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 проводники следует выполнять постоянной, как можно большей ширины и располагать равномерно, на как можно большем расстоянии от соседних элементов. Проводники обычно располагают параллельно линиям координатной сетки или под углом 45° к ним. На соседних проводящих слоях платы проводники располагаются во взаимно перпендикулярных направлениях для уменьшения 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 придания выводам определенной формы и длины, обеспечивающей при сборке на 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 необходимо оставить свободную полосу – вспомогательный участок для технологических целей, не занимаемый рисунком и элементами. На вспомогательном участке могут располагаться контрольные точки, разъемы, элементы крепления платы. Размер участка должен быть не менее 2,5 мм и не более 10 мм.

При трассировке прокладывают линии соединений между контактными площадками в соответствии со схемой с учетом конструктивных, электрических и технологических ограничений.

При топологическом конструировании ПП должны быть достигнуты минимум пересечений и минимум длины связей. Минимум пересечений означает и минимум переходных отверстий. Это требование обеспечивает технологичность 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 мм или 1,25 мм;
- для каждого вывода ЭРЭ должны быть предусмотрены отдельные монтажное отверстие и контактная площадка;
- расстояние между осями выводов соседних ЭРЭ должно быть не менее 2,5 мм, расстояние между корпусами ЭРЭ – не менее 1 мм;
- варианты установки навесных элементов должны соответствовать ГОСТ 29137-91 и ОСТ4.010.030-81.


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 показывают виды обеих ее сторон, при этом на стороне монтажа наносят позиционные обозначения ЭРЭ в соответствии со схемой электрической принципиальной, уточняющие расположения навесных элементов. Обозначения ставятся на оси, соединяющей центры двух отверстий и не доходят до краев отверстий на 1 – 1,5 мм, а над изображением помещают надпись «Сторона монтажа».

Чертеж двусторонней ПП, имеющей навесные элементы на одной стороне, дополняют видом проводящего рисунка стороны монтажа, наносят также позиционные обозначения ЭРЭ, помещают надпись «Сторона монтажа».

Для поверхностей, которые в процессе изготовления подвергаются механической обработке (контур платы, отверстия и т.п.), устанавливают норму на шероховатость. Шероховатость ограничивают, нормируя максимально допустимые значения параметра шероховатости (высота неровностей обычно не превышает 40 мкм). Шероховатость поверхностей печатной платы на чертеже обозначают следующим образом:

- на линиях 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 $\sqrt{\quad}$ ставят знак R_z и пишут значение параметра шероховатости $R_z 40$. После этого ставят знак ($\sqrt{\quad}$), который означает, что норма $R_z 40 - 40$ мкм относится ко всем поверхностям, кроме обозначенных знаком, т.е. должно стоять $\sqrt{R_z 40 (\sqrt{\quad})}$.

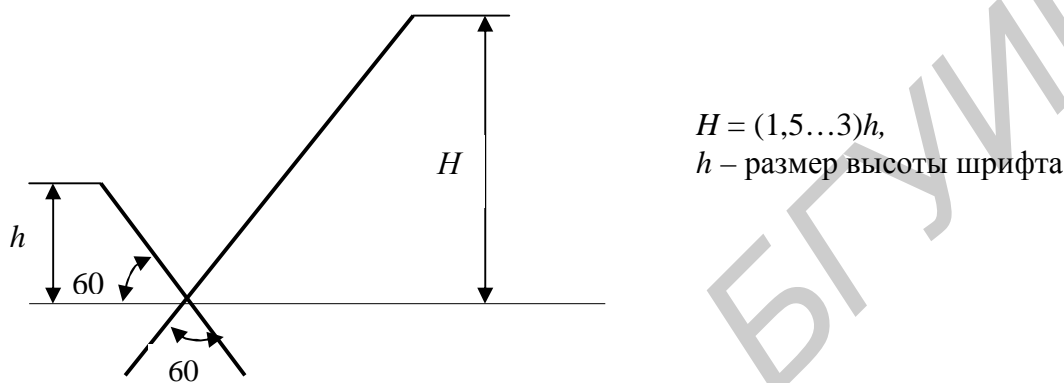


Рис. 1. Размеры знака, обозначающего шероховатость поверхности

Шероховатость обработки поверхности по периметру платы имеет параметр $R_z 80$ и обозначается $\sqrt{R_z 80}$.

На чертеже ПП должны быть:

- исполнительные размеры (контур ПП);
- присоединительные размеры (координаты крепежных отверстий и их диаметры);
- габаритные размеры.

На 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;
- комбинированным способом, при помощи размерных и выносных линий и 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

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, наличие металлизации, количество отверстий объединяют в таблицу, которую размещают на чертеже ПП. Рекомендуемая форма таблицы отверстий и условное обозначение отверстий приведены на рис. 2.

	30	30	30	35	25
<i>а</i>	<i>Условное обозначение отверстий</i>	<i>Диаметры отверстий, мм</i>	<i>Диаметры контактных площадок, мм</i>	<i>Наличие металлизации в отверстиях</i>	<i>Количество отверстий</i>
	10 \updownarrow				

	<i>Диаметр, мм</i>	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5
<i>б</i>	<i>Условные обозначения отверстий</i>					

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 проводники изображают двумя линиями, совпадающими с линиями координатной сетки, то числовое значение ширины на чертеже ПП не указывают.

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, растриванием 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, когда информацию нельзя отобразить графически или условно. Их размещают над основной надписью на чертеже «Плата печатная» на первом листе. Состав и последовательность изложения ТТ следующие:

1. Печатную плату изготовить... методом.
2. Печатная плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79, группа жесткости...
3. Класс точности... по ГОСТ 23751-86.
4. Шаг координатной сетки... мм.
5. Форма контактных площадок произвольная.

Параметры элементов печатного монтажа рекомендуют представлять в виде таблиц (см. выше) и размещать в любом свободном месте чертежа.

- 6*. Размер для справок.
7. Покрытие печатных проводников, контактных площадок и металлизированных отверстий...
8. Указание о маркировке...
9. Неуказанные предельные отклонения размеров...

Маркировку 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);

- 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.

Лабораторная работа №2

РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОГО УЗЛА И СПЕЦИФИКАЦИИ

Цель работы:

1. Получить практические навыки по разработке сборочного чертежа печатного узла и оформлению конструкторской документации.
2. Изучить ОСТ4 010.030.010 и ГОСТ 29137-91.
3. Составить спецификацию на разработанный печатный узел.

Исходные данные:

1. Схема электрическая принципиальная функционального узла (ЭЗ).
2. Перечень элементов (ПЭЗ).
3. Разработанная в лабораторной работе №1 печатная плата.

Порядок выполнения работы:

1. Оформить в виде следующей таблицы варианты установки указанных в перечне навесных ЭРЭ и их упрощенное изображение.

Позиционное обозначение ЭРЭ	Вариант установки по ОСТ4 010.030-81 и ГОСТ 29137-91	Упрощенное изображение

2. Выполнить сборочный чертеж печатного узла, соблюдая необходимые требования ГОСТов.
3. Оформить КД на сборочный чертеж.
4. Составить спецификацию и оформить на соответствующих бланках формата А4.

Содержание отчета:

1. Цель работы.

2. Таблица с вариантами установки навесных ЭРЭ и их упрощенным изображением.
3. Разработанный сборочный чертеж печатного узла.
4. Спецификация.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое печатный узел?
2. Что содержит сборочный чертеж печатного узла?
3. Как изображают на сборочном чертеже навесные ЭРЭ?
4. Какие размеры наносят на сборочный чертеж?
5. Каковы состав и последовательность изложения технических требований на сборочном чертеже печатного узла?
6. Каковы основные разделы спецификации?

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Печатным узлом называют печатную плату с навесными элементами.

Сборочный чертеж печатного узла должен давать полное представление о навесных радиоэлементах и других деталях, их расположении и установке на плате, а также сведения о:

- маркировке позиционных обозначений электро- и радиоэлементов в соответствии с перечнем элементов к схеме электрической принципиальной;
- нумерации выходных контактов, полярности элементов согласно схеме электрической принципиальной на печатный узел;
- способе выполнения неразъемных соединений (пайка, сварка и др.).

В местах крепления установочных деталей (втулки, скобы, держатели и др. элементы) должны быть разрезы.

Сборочный чертеж печатного узла должен быть выполнен в масштабе 1:1; 2:1; 2,5:1 или 4:1 по ГОСТу.

На листе конструкторской документации (КД) должен быть размещен главный вид печатного узла с боковой проекцией со всеми крепежными деталями без размещения элементов и технические требования чертежа.

На чертеж наносят позиционные обозначения, габаритные, установочные и присоединительные размеры, предельные отклонения, а также размеры, определяющие положение элементов над платой, и номера позиций составных частей, входящих в изделие.

Навесные электрорадиоэлементы изображают упрощенно, если это не мешает правильному пониманию чертежа. Их размещают параллельно поверхности платы рядами в определенном порядке с зазором 2 – 3 мм между платой и элементом (если это расстояние не оговорено в научно-технической документации на элемент). Варианты установки выбирают согласно

ОСТ4.010.030-81 и ГОСТ 29137-91. В технических требованиях производится соответствующая запись.

Выводы элементов припаивают к плате. На выводы транзисторов рекомендуется надевать электроизоляционные трубки разного цвета.

Сборочный чертеж должен содержать технические требования.

Типовые технические требования сборочных чертежей следующие:

1. Размеры для справок.

2. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91 и ОСТ4.010.030-81.

Шаг координатной сетки...

3. Элементы установить: ... по варианту II а; ... по варианту II в; ... по варианту VIII а; ... по варианту IX г; остальные – по чертежу.

4. Детали поз. ..., элементы поз. ... ставить на клей ВК-9 ОСТ4.ГО. 029.204.

5. ПОС 61 ГОСТ 21931-76.

6. Технические требования к монтажу ЭРЭ – по ГОСТ 23592-79.

7. Технические требования к конструкции разделки проводов и креплению их жил – по ГОСТ 23587-79.

8. Маркировка элементов показана условно.

9. Покрытие: лак ЭП 730.9.УХЛ2.3, кроме...

10. Остальные технические требования соответствуют СТБ 1022-96.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ СПЕЦИФИКАЦИИ НА СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЕЧАТНОГО УЗЛА

Спецификация представляет собой таблицу, содержащую перечень всех составных частей, входящих в данное изделие, и конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям (деталям, не имеющим составных частей).

Спецификацию выполняют на отдельных листах формата 210x297 мм. Если спецификация содержит всего лишь один лист, в графе штампа «Листов» пишут 1, а в графе «Лист» ничего не указывают.

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности:

- «Документация»
- «Комплексы»
- «Сборочные единицы»
- «Детали»
- «Стандартные изделия»
- «Прочие изделия»
- «Материалы»
- «Комплекты».

Наличие тех или иных разделов в таблице спецификации определяется составом специфицируемого изделия. Название каждого раздела указывают в

виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше – не менее одной.

В раздел «Документация» вносят:

- основной комплект конструкторских документов на специфицируемое изделие (кроме его спецификации, ведомости эксплуатационных документов и ведомости документов для ремонта);
- основной комплект документов, записываемых в спецификацию не-специфицируемых составных частей (деталей), кроме рабочих чертежей.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносят комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий производят в алфавитном порядке сочетания букв кодов организаций-разработчиков.

Пример оформления спецификации (лист 1 раздела «Документация») приведен в табл. 5.

Таблица 5

Пример оформления спецификации (лист 1 раздела «Документация»)

Обозначение	Наименование
АБВГ.*****.О41 СБ	Сборочный чертеж
АБВГ.*****.О41 ЭЗ	Схема электрическая принципиальная
АБВГ*****.О41 МЭ	Электромонтажный чертеж
АБВГ ***** О41 ВП	Ведомость покупных изделий
АБВГ.*****.О41 ПЭЗ	Перечень элементов

В разделе «Документация» указывают формат листов, на которых выполнен документ, а графы «Кол» и «Поз» не заполняют.

В разделе «Детали» обычно указывают наименование – «Плата печатная», ее обозначение, формат листов, на которых выполнен чертеж ПП, количество штук деталей. Здесь же аналогично указывают и другие детали, если таковые имеются.

В графе «Формат» указывают форматы документов и чертежей деталей. Если документ (чертеж) выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе «Формат» проставляют звездочку, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы.

При оформлении спецификации на функциональный узел ЭРЭ записывают или в раздел «Стандартные изделия» и тогда указывают ГОСТы на все ЭРЭ, или в раздел «Прочие изделия», но тогда на все отечественные ЭРЭ указывают ТУ, а на импортные ЭРЭ – фирму-производителя.

Если по каким-либо причинам ни ТУ, ни фирма-производитель указаны быть не могут, то целесообразно указать место, где данное ЭРЭ можно приобрести. Второй вариант заполнения спецификации (с указанием ТУ) встречается чаще и, по мнению специалистов, он предпочтительнее.

В том и другом случае спецификацию заполняют следующим образом:

- названия ЭРЭ записывают в алфавитном порядке (Диоды полупроводниковые ... Резисторы ... Стабилитроны ... и т.д.);
- графы «Формат» и «Обозначение» не заполняют. Перед названием каждой группы оставляют по меньшей мере одну свободную строку. Внутри каждой группы ЭРЭ записывают либо в алфавитном порядке, либо по возрастанию номинала, номера ГОСТа или ТУ;
- номер ГОСТа или ТУ на резисторы, транзисторы и другие ЭРЭ, которые при разном номинале имеют одинаковое наименование и соответственно одинаковые ТУ или ГОСТ, можно записать вначале, т.е. до начала перечисления элементов, сразу после названия группы. Например:

Резисторы
С2-33Н-0,125 ОЖО.467.093 ТУ
С2-33Н-0,125 – 36 Ом ± 10 %
С2-33Н-0,155 – 200 кОм ± 10 %
и т.д.

Желательно резервировать строки и позиции:

- в графе «Кол» указывают количество элементов с одинаковым номиналом или названием (например для микросхем). Эти ЭРЭ имеют одну позицию, которую указывают в графе «Поз»;
- в графе «Примечание» указывают обозначение ЭРЭ (ровно столько, сколько перечислено в одной строке). Например, *VD1 – VD6*, или *VD7*, или *VD8*, *VD9*;
- в названии группы сначала записывают имя существительное, а затем имя прилагательное и т.д.;
- в разделе «Материалы» не указывают припой, клей, лак и прочие материалы, количество или массу которых невозможно определить заранее конструктору, а устанавливают технологи. Указания о применении этих материалов дают в ТТ на чертеже.

В спецификации также указывают стандартные изделия (винты, гайки, шайбы и др.), если таковые имеются в наличии. Они заносятся в раздел «Стандартные изделия» в том же порядке, как было описано выше (по алфавиту, по возрастанию диаметра резьбы, по возрастанию номера ГОСТа и т.д.). Сначала пишут обозначение, а затем номер ГОСТа. Например: Винт *В. 1,6-6gx8.48.016ГОСТ 17475-72*.

Если в раздел «Стандартные изделия» нужно записать ЭРЭ и крепеж, то вначале записывают ЭРЭ, а потом крепеж.

В раздел «Комплекты» вносят:

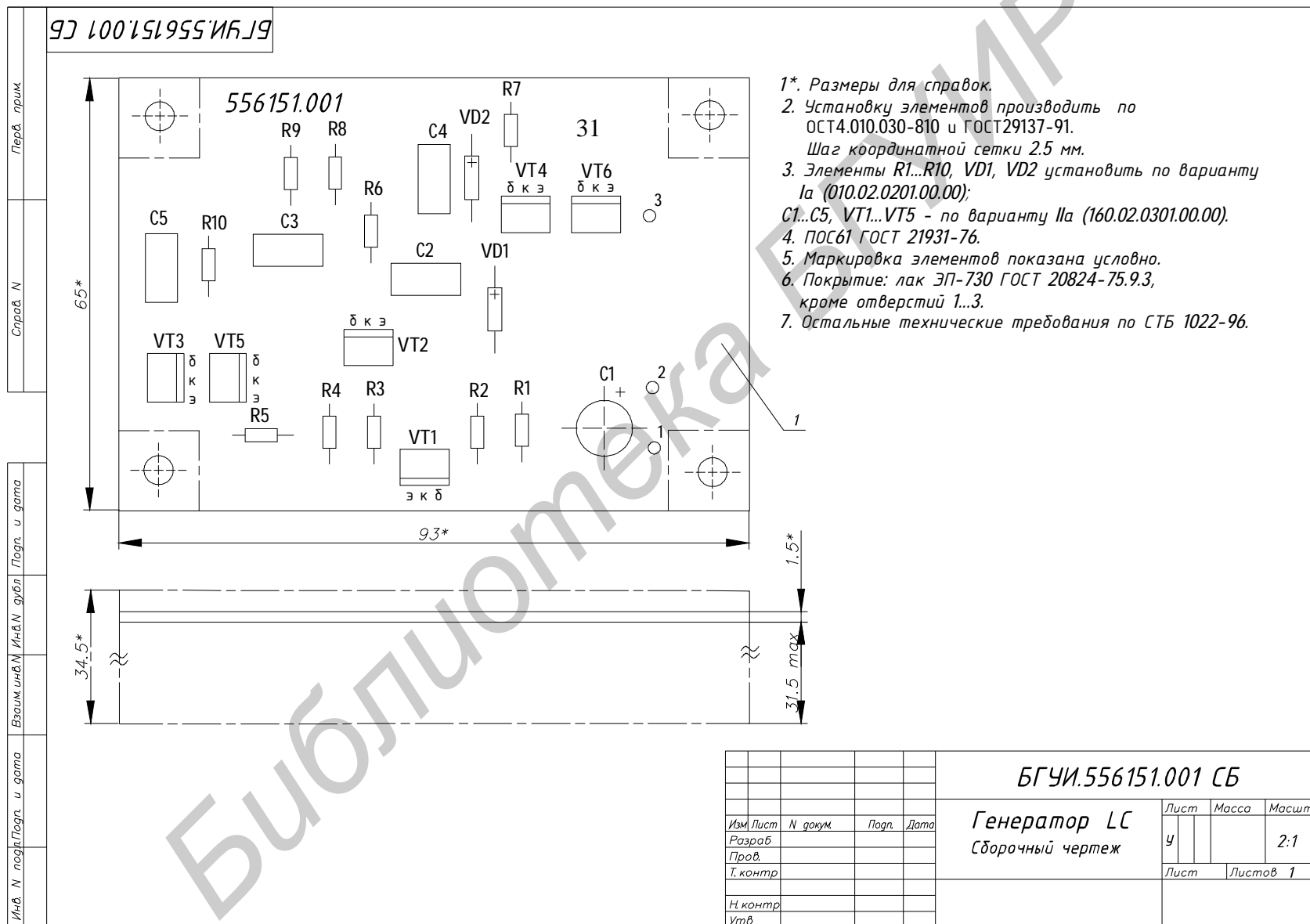
- ведомость эксплуатационных документов;

- ведомость документов для ремонта;
- комплект монтажных частей;
- прочие комплекты;
- упаковку.

Пример оформления КД на сборочный чертеж печатного узла и пример оформления спецификации приведены в приложении.

Библиотека БГУИР

Библиотека БГУИР







Библиотека БГУИР

12. Остальная маркировка показана условно.
13. Места, обведенные штрихпунктирной линией, проводниками не занимать.
14. Предельные отклонения расстояний между осями площадок или центрами двух отверстий $\pm 0,1$ мм.
15. Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm \frac{IT14}{2}$.

Таблица 1

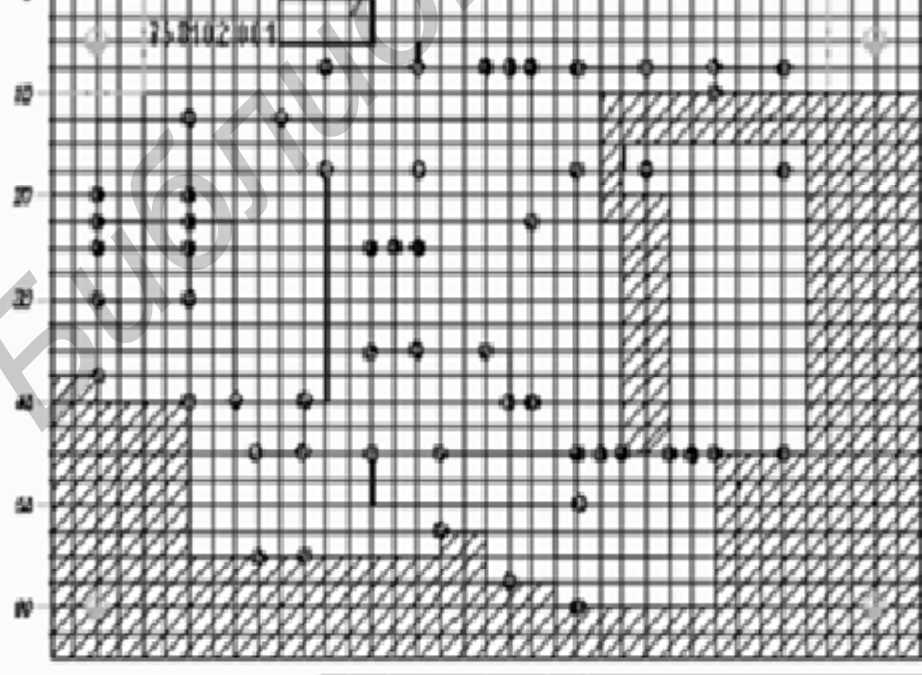
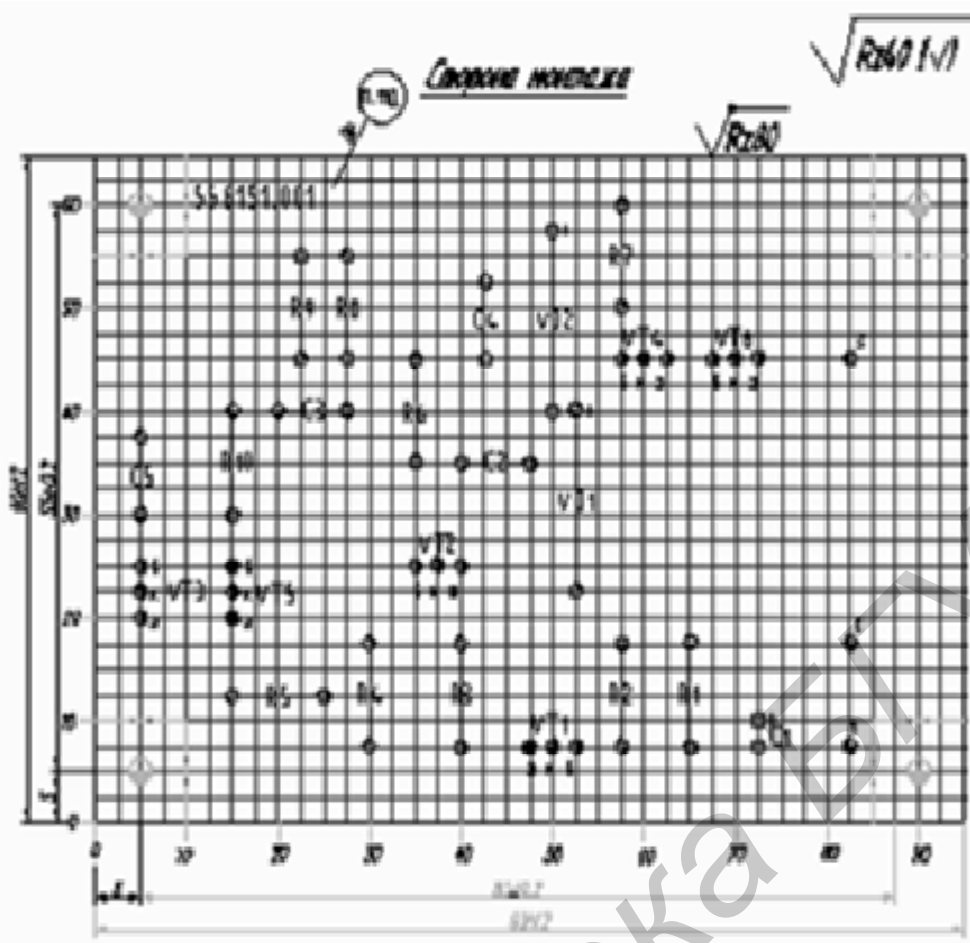
Параметры элементов рисунка печатной платы	Максимальные значения отклонения размеров	
	для указания размера	для свободной посадки
Шаг между площадками проводников	0,75	15
Расстояние между краями соседних элементов проводников рисунка	0,75	15

Таблица 2

Условные обозначения отверстий	Диаметр отверстия, мм	Диаметр клеевой площадки, мм	Количество отверстий
	0,6 ^{H11}	2,2	34
	1,0 ^{H12}	-	3
	1,3 ^{H12}	2,75	18
	3,4 ^{H12}	-	4

Конт. № докум. Дата и место Взам. инв. № Инв. № докум. Лист и всего

10720551.001



10720552.001

10720552.001

Кол-во	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
				<u>Документация</u>		
А3			БГУИ.556151.001 СБ	Сборочный чертеж		
А3			БГУИ.556151.001 ЗЗ	Схема электрическая принципиальная		
А4			БГУИ.556151.001 ПЗЗ	Перечень элементов		
				<u>Детали</u>		
*	1		БГУИ.758102.001	Плата печатная	1	*А3, А4
				<u>Стандартные изделия</u>		
	2			Диод КД503А ГОСТ 14346-69	2	VD1, VD2
				<u>Прочие изделия</u>		
				Конденсаторы		
	3			К50-6-25В-10мкФ±20% ОЖО 464.031 ТУ	1	С1
	4			КМ-6А-Н90-0.22мкФ±10% ОЖО 460.171 ТУ	4	С2...С5
БГУИ.556151.001						
Мат.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Реквиз.					Лист	Листов
Прод.					1	2
Н. Контр.					Генератор LC	
Увед.						

Учебное издание

Образцов Николай Сергеевич
Каленкович Николай Иванович
Ткачук Аркадий Мефодьевич
Шокурова Александра Павловна

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Лабораторный практикум

для студентов специальности

I-27 01 01 11 «Экономика и организация производства
(радиоэлектроника и информационные услуги)»
дневной и заочной форм обучения

Редактор Т. Н. Крюкова
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. 1,6 л.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 200 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 35.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП № 02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6