КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

Р 50.1.001—94

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ

Методы конструирования и расчета

32-2004
8



БЗ 7—93/4

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ Научно-исследовательским технологическим институтом

2 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России от 22.12.94 № 341

3 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

© Издательство стандартов, 1995

Настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Определения 2
4 Общие положения 2
5 Типы конструкции МУПП 3
6 Методы конструирования 4
7 Конструирование и расчет МУПП 5
8 Электрические характеристики 12

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ

Методы конструирования и расчета

Multilevel printed boards. Design and use

Дата введения 1995—07—01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящие рекомендации распространяются на многоуровневые печатные платы (МУПП) на жестком диэлектрическом или металлическом основании, изготовленные по технологии ритм-процесса

Рекомендации устанавливают методы конструирования и расчета элементов конструкции.

Настоящие рекомендации должны применяться совместно с ГОСТ 23751 и РД 50—708.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящих рекомендациях используются ссылки на следующие стандарты

ГОСТ 2.417—91 ЕСКД. Правила выполнения чертежей печатных плат

ГОСТ 9.301—86 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования

ГОСТ 9.303—84 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору

ГОСТ 9.306—85 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения

ГОСТ 23751—86 Платы печатные. Основные параметры конструкции

ГОСТ 23752—79 Платы печатные. Общие технические условия

РД 50—708—91 Инструкция. Платы печатные. Требования к конструированию. Постановление Госстандарта СССР № 1595 от 04.10.91

3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

3.1 **Многоуровневая печатная плата (МУПП)** — вырезанный по размеру материал основания, на поверхности которого с одной или двух сторон размещен объемный двухуровневый проводящий рисунок.

3.2 **Односторонняя многоуровневая печатная плата (ОМУПП)** — МУПП с проводящим рисунком, расположенным с одной стороны.

3.3 **Двусторонняя многоуровневая печатная плата (ДМУПП)** — МУПП с проводящим рисунком, расположенным с двух сторон.

3.4 **Основание многоуровневой печатной платы (основание)** — материал с проводящим рисунком на поверхности.

3.5 **Основной проводниковый материал (носитель)** — проводниковый материал, из объема и при помощи которого выполнен проводящий рисунок.

3.6 **Проводящий рисунок нижнего уровня** — проводящий рисунок, расположенный на поверхности основания.

3.7 **Проводящий рисунок верхнего уровня** — проводящий рисунок, расположенный на опорах над поверхностью основания.

3.8 **Опора проводящего рисунка верхнего уровня (опора)** — проводниковый материал, служащий опорой для проводящего рисунка верхнего уровня.

3.9 **Величина подтравливания опоры** — величина, на которую уменьшается диаметр опоры после вытравливания носителя при формировании проводящего рисунка.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Основные буквенные обозначения, используемые в рекомендациях, приведены в ГОСТ 23751.

4.2 При конструировании МУПП значения предельных отклонений основных параметров элементов конструкции выбирают по ГОСТ 23751.

4.3 Оформление конструкторской документации на МУПП следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.417 и РД 50—708.

5 ТИПЫ КОНСТРУКЦИИ МУПП

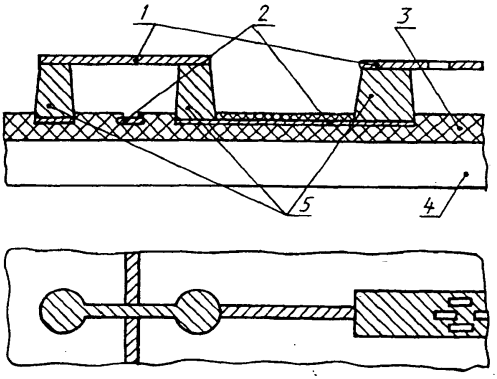
5.1 Односторонние МУПП (ОМУПП)

ОМУПП (рисунок 1) характеризуется:

— расположением проводящего рисунка с одной стороны основания;

— возможностью установки поверхностно-монтируемых изделий электронной техники (ПМИЭТ);

— высокой разрешающей способностью.



1 — проводящий рисунок, верхний уровень; *2* — проводящий рисунок, нижний уровень; *3* — склеивающая прокладка; *4* — основание МУПП; *5* — опора проводящего рисунка верхнего уровня. Опора может выполнять функции электрического соединения верхнего и нижнего уровней проводящего рисунка

Рисунок 1

5.2 Двусторонние МУПП (ДМУПП)

5.2.1 ДМУПП без соединения проводящих слоев (рисунок 2а) характеризуются:

— расположением проводящего рисунка с двух сторон основания;

— отсутствием металлизированных отверстий для соединения проводящих слоев, расположенных на противоположных сторонах основания;

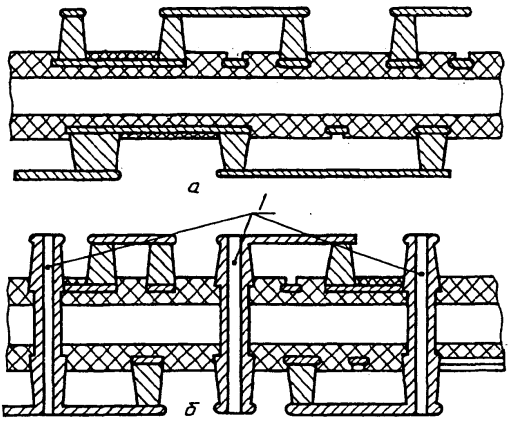
— увеличением плотности размещения навесных изделий электронной техники (ИЭТ) в два раза по сравнению с ОМУПП.

5.2.2 ДМУПП с соединением проводящих слоев (рисунок 2б) характеризуются:

— расположением проводящего рисунка с двух сторон основания;

— наличием металлизированных отверстий для соединения проводящих слоев, расположенных на противоположных сторонах основания;

— значительным увеличением коммутационной возможности на единицу площади.



1 — металлизированные отверстия

Рисунок 2

6 МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

6.1 В зависимости от степени автоматизации конструирование МУПП осуществляется полуавтоматизированным и автоматизированным методами.

6.2 Полуавтоматизированный метод конструирования предусматривает размещение ИЭТ при помощи ЭВМ при ручной трассировке проводников, ручное размещение ИЭТ при автоматизированной трассировке проводников, ручное размещение ИЭТ, ручную трассировку проводников с автоматизированным переносом рисунка на машинные носители.

6.3 Автоматизированный метод конструирования предусматривает кодирование исходных данных, размещение ИЭТ и трассировку проводников с использованием ЭВМ. При необходимости с доработкой отдельных соединений вручную.

Метод обеспечивает высокую производительность при конструировании и выполнении конструкторской документации.

7 КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ МУПП

7.1 Последовательность конструирования

7.1.1 Разработку конструкции МУПП рекомендуется проводить по следующим основным этапам:

— изучение технического задания на изделие (печатный узел, электронный модуль), в состав которого входит конструируемая МУПП;

— определение условий эксплуатации и группы жесткости;

— выбор типа конструкции;

— выбор материала основания;

— выбор материала проводящего рисунка;

— выбор конструктивного покрытия;

— размещение ИЭТ;

— выбор размеров, форм и расположения элементов проводящего рисунка и трассировка проводников;

— выбор метода маркировки и ее расположения;

— разработка конструкторской документации.

7.1.2 Условия эксплуатации, хранения и транспортирования определяют на основании требований технического задания на изделие, в состав которого входит конструируемая МУПП.

7.1.3 В зависимости от условий эксплуатации определяют по ГОСТ 23752 группу жесткости, предъявляющую соответствующие требования к конструкции МУПП, используемому материалу основания, необходимость применения дополнительной защиты от климатических, механических и других воздействий и записывают в технические требования чертежа.

7.2 Выбор типа конструкции МУПП

7.2.1 Типы конструкций МУПП приведены в разделе 2.

При выборе типа конструкции МУПП следует учитывать:

— возможность всех коммутационных соединений;

— технико-экономические показатели;

— стоимость основания и проводникового материала;

— возможность автоматизации процессов изготовления, контроля, диагностики и установки ИЭТ.

7.2.2 Изготовление МУПП обеспечивают применением технического оснащения и вспомогательных материалов в соответствии с приложением 1 таблицы 4 РД 50—708.

7.3 **Выбор материала основания**

7.3.1 Материал основания для МУПП выбирают по техническим условиям на материал конкретного типа.

7.3.2 Материал основания выбирают с учетом обеспечения автоматизации процессов установки ИЭТ, физико-механических и электрических параметров МУПП во время и после воздействия механических нагрузок и климатических факторов в процессе эксплуатации, обеспечения температурного режима устанавливаемых ИЭТ и их температурным коэффициентом линейного расширения (ТЛКР).

ТЛКР основания МУПП должен сопрягаться с ТЛКР устанавливаемого ИЭТ при воздействии температуры в процессе эксплуатации.

7.3.3 Для ДМУПП с металлизированными отверстиями рекомендуется использовать диэлектрическое основание, т.к. при использовании основания из проводникового материала необходимо обеспечить изоляцию металлизации отверстия от основания.

7.3.4 Толщину основания МУПП определяют в зависимости от выполняемых функций, обеспечения теплоотвода, сопряжения ТЛКР основания и ПМИЭТ, обеспечения целостности конструкции при механических и климатических воздействиях.

7.3.5 Из диэлектрических материалов для основания МУПП рекомендуется использовать стеклотекстолит марки СТЭК по ТУ 16—503—201, толщиной 1,0—1,5 мм.

7.3.6 Из металлических материалов для основания МУПП рекомендуется использовать алюминий марок А5, АД1 толщиной 0,8—1,5 мм, сплавы 36Н, 29НК толщиной 0,15—1,5 мм.

7.4 **Выбор проводникового материала**

7.4.1 Основной проводниковый материал (носитель) для формирования проводящего рисунка МУПП выбирают с учетом обеспечения физико-механических и электрических параметров проводящего рисунка во время и после воздействия механических нагрузок и климатических факторов обеспечения эксплуатационных параметров.

7.4.2 В качестве носителя используют листовую низкоуглеродистую сталь СМК-15 или латунь Л-69 толщиной 150—200 мкм.

7.4.3 При выборе носителя следует учитывать, что с использованием стального листа проводящий рисунок будет в основном формироваться гальванической медью, при использовании латунного листа — никелем.

7.5 **Склеивающие прокладки**

7.5.1 Склеивающие прокладки изготавливают из листов прокла-

дочной стеклоткани толщиной 0,02—0,03 мм. Рекомендуются стеклоткани по техническим условиям на конкретный тип марки материала.

7.5.2 Суммарная толщина склеивающих прокладок должна быть не менее двух толщин подтравливания носителя и защитного покрытия.

7.6 **Выбор конструктивного покрытия**

7.6.1 Для обеспечения стабильности электрических, механических и других параметров МУПП необходимо применять покрытия как металлические, так и неметаллические.

7.6.2 Конструктивные металлические покрытия выбирают в соответствии с требованиями ГОСТ 9.303 и других нормативно-технических документов, утвержденных в установленном порядке.

Толщину покрытия устанавливают по ГОСТ 9.301. Применяемые покрытия обозначают по ГОСТ 9.306. Обозначение конструктивного металлического покрытия и толщину указывают на чертеже.

Для неоплавленных покрытий толщину покрытия устанавливают только для справок, для оплавляемых — не устанавливают.

В качестве конструктивных металлических покрытий рекомендуется использовать металлы и сплавы, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Вид покрытия	Толщина, мкм	Назначение покрытия
Золото и его сплавы	0,5—1,5	Защита от коррозии, улучшение электрических параметров (проводимости, переходного сопротивления), обеспечение паяемости
Палладий и его сплавы	1—5	То же
Серебро и его сплавы	6—9	Улучшение электропроводности, износостойкости
Никель	3—6	Защита от коррозии, повышение износоустойчивости.
	20—50	Формирование проводящего рисунка. Обеспечение электрических соединений
Медь	5—30	Формирование проводящего рисунка. Обеспечение адгезии проводящего рисунка с основанием, согласование ТКЛР. Обеспечение электрических соединений

7.6.3 Для обеспечения сцепления металлического основания со склеивающей прокладкой применяют окисное покрытие химическим методом на медь и анодированием на алюминий и его сплавы.

7.6.4 В качестве конструктивного изоляционного покрытия используют лак УР 231 или краски УФ отверждения.

7.7 **Размеры МУПП и расположение элементов рисунка**

7.7.1 Размеры, форму, а также места крепления МУПП выбирают в зависимости от установочных размеров, элементной базы, эксплуатационных характеристик, использования автоматизированной установки ИЭТ, пайки, контроля и технико-экономических показателей.

7.7.2 Максимальные размеры сторон МУПП, предназначенных для автоматической установки ИЭТ, рекомендуется устанавливать в зависимости от технических характеристик используемого оборудования.

7.7.3 Предельные отклонения на размеры сторон МУПП устанавливают по ГОСТ 23751.

7.7.4 Рекомендуется разрабатывать МУПП прямоугольной формы. Форму, отличную от прямоугольной, следует применять в технически обоснованных случаях.

7.7.5 Толщину МУПП выбирают в зависимости от конструктивных особенностей и механических нагрузок, воздействующих на них в процессе эксплуатации. Толщину МУПП (H) в миллиметрах рассчитывают по формуле

$$H = H_{осн} + \Sigma H_{н} + (0{,}9 \div 1{,}2)\Sigma H_{пр} + H_{п}, \qquad (1)$$

где $H_{осн}$ — толщина материала основания;

$H_{н}$ — толщина материала носителя;

$H_{пр}$ — толщина прокладки;

$H_{п}$ — толщина покрытия.

7.7.6 Предельное отклонение толщины МУПП не должно превышать 0,2 мм.

7.7.7 Стороны прямоугольной МУПП должны быть параллельны линиям координатной сетки.

7.7.8 Отверстия и элементы проводящего рисунка располагают на МУПП относительно базы координат и линий координатной сетки.

7.8 **Размеры, форма и расположение элементов проводящего рисунка**

7.8.1 Размеры монтажных и переходных отверстий

7.8.1.1 Размеры монтажных и переходных отверстий рекомендуется устанавливать с учетом толщины печатной платы так, чтобы отношение диаметра отверстия к толщине МУПП было не менее 1:3.

7.8.1.2 Предельные отклонения на диаметры монтажных и переходных отверстий устанавливают в соответствии с ГОСТ 23751.

7.8.1.3 Номинальный диаметр монтажного отверстия (d_o) в миллиметрах рассчитывают по формуле

$$d_o = d_э + \Delta d_{н.о} + r, \qquad (2)$$

где $d_э$ — диаметр вывода устанавливаемого элемента;

$\Delta d_{н.о}$ — нижнее предельное отклонение диаметра отверстия;

r — разность между диаметром отверстия и диаметром вывода устанавливаемого ИЭТ.

7.8.1.4 Номинальный диаметр переходного отверстия устанавливается конструктором.

7.8.2 Размеры и расположение печатных проводников

7.8.2.1 Ширину печатного проводника (t) определяют в зависимости от электрических, конструктивных и технологических требований.

Наименьшее номинальное значение ширины печатного проводника (t) в миллиметрах рассчитывают по формуле

$$t = t_{min} + |\Delta t_{н.о}|, \qquad (3)$$

где t_{min} — минимально допустимая ширина печатного проводника, рассчитанная в соответствии с разделом 5 РД 50—708;

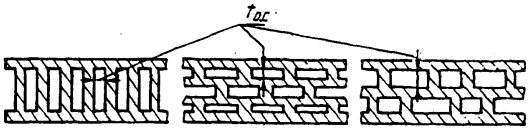
$\Delta t_{н.о}$ — нижнее предельное отклонение ширины проводника по ГОСТ 23751.

7.8.2.2 Ширина проводника на нижнем уровне МУПП не должна быть менее 0,075 мм, на верхнем уровне — не менее 0,100 мм.

7.8.2.3 Максимальную ширину проводника нижнего уровня не ограничивают.

7.8.2.4 Максимальная ширина проводника верхнего уровня не должна превышать 0,200 мм.

При необходимости выполнения проводника на верхнем уровне шириной более 0,200 мм, его наносят в виде сетки (рисунок 3).



$t_{o.c}$ — минимальная ширина окна сетки, равная 0,250 мм

Рисунок 3

7.8.2.5 Максимальную длину проводника (сетки) на нижнем уровне не ограничивают.

7.8.2.6 Максимальная длина проводника на верхнем уровне между двумя опорами не должна превышать 15 мм, проводника в виде сетки — 30 мм.

7.8.2.7 Проводники шириной более 0,200 мм рекомендуется выполнять на нижнем уровне.

7.8.2.8 Проводники верхнего и нижнего уровней рекомендуется выполнять во взаимно перпендикулярных направлениях.

7.8.3 Выбор, размещение и расчет контактных площадок

7.8.3.1 Форма и размеры контактных площадок под выводы устанавливаемых ИЭТ с коаксиальными или планарными выводами, а также под установку ПМИЭТ рассчитывают в соответствии с РД 50—708 (раздел 4).

7.8.3.2 Контактные площадки жесткой опоры проводников верхнего уровня рекомендуется выполнять круглой, квадратной или близкой к ним формы.

7.8.3.3 Диаметр контактной площадки жесткой опоры (D) в миллиметрах рассчитывают по формуле

$$D = D_н + \Delta D_{тр}, \qquad (4)$$

где D — номинальный диаметр контактной площадки;

$\Delta D_{тр}$ — величина подтравливания жесткой опоры.

7.8.3.4 Величина $\Delta D_{тр}$ зависит от толщины применяемого материала носителя и ширины проводника.

Значения $\Delta D_{тр}$ приведены в табл. 2.

Таблица 2 — Величина подтравливания жесткой опоры

В микрометрах

Ширина проводника	Толщина материала носителя					
	50	80	100	150	220	250
50	70	100	120	170	220	270
80	85	115	135	185	235	285
100	95	125	145	195	245	295
120	105	135	155	205	255	300
150	—	150	170	220	270	320
180	—	—	185	235	285	335
200	—	—	—	245	295	345

7.8.4 Расстояние между элементами проводящего рисунка

7.8.4.1 Расстояние между соседними элементами проводящего рисунка устанавливают в зависимости от электрических, конструктивных и технологических требований.

7.8.4.2 Наименьшее номинальное расстояние между соседними элементами проводящего рисунка (S) в миллиметрах определяют по формуле

$$S = S_{min} + \Delta t_{в.о} + \frac{T_e}{2}, \qquad (5)$$

где S_{min} — минимальное допустимое расстояние между соседними элементами проводящего рисунка, выбираемое из расчета обеспечения электрической прочности изоляции в соответствии с разделом 5 РД 50—708; при низких напряжениях в электрических цепях минимально допустимое расстояние должно быть не менее 0,1 мм для нижнего уровня и 0,15 мм — для верхнего уровня;

$\Delta t_{в.о}$ — верхнее предельное отклонение размеров элементов проводящего рисунка;

T_e — позиционный допуск на расположение элемента проводящего рисунка относительно соседнего по ГОСТ 23751.

8 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

8.1 **Электрическое сопротивление печатных проводников**

8.1.1 При необходимости электрическое сопротивление печатных проводников (R_c), Ом, определяют по формуле

$$R = \frac{\rho}{h} \sum_{k=1}^{k} \frac{L_i}{t_i}, \qquad (6)$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление;

h — толщина печатного проводника;

k — количество участков печатного проводника на его расчетной длине, имеющих различную ширину;

L_i — длина i-го участка печатного проводника шириной t_i;

t_i — ширина печатного проводника на i-м участке.

8.1.2 Сопротивление печатного проводника, имеющего дополнительное покрытие более 12 мкм, определяют как сумму сопротивлений отдельных слоев.

8.1.3 Удельное электрическое сопротивление наиболее часто применяемых металлов приведено в табл. 3.

Таблица 3

Металл	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм/м	Металл	Удельное электрическое сопротивление, Ом·мм/м
Медная фольга	0,017	Латунь 69	0,90
Гальваническая медь	0,019	Золото	2,022
Химическая медь	0,028	Палладий	0,103
Олово	0,113	Сталь	0,150
Алюминий	0,029	Никель	0,440
		Серебро	0,016

8.2 **Нагрузочная способность по току**

8.2.1 Для МУПП, критичных к рассеивающей мощности их поверхности и печатных проводников, нагрузочную способность по току устанавливают в зависимости от основного проводникового материала проводящего рисунка и допустимого повышения температуры проводника относительно температуры окружающей среды.

8.2.2 Значение допустимой токовой нагрузки следует уменьшать на 15 % для печатных проводников, расположенных на расстоянии, равном или меньшем их ширины.

8.2.3 Допустимую токовую нагрузку устанавливают из расчета:

— для медной фольги от 100×10 до 250×10 А/м;

— для гальванической меди от 60×10 до 100×10 А/м;

— для стальной фольги от 25×10 до 40×10 А/м;

— для алюминиевой фольги от 70×10 до 150×10 А/м.

8.3 **Электрическая прочность изоляции**

Значение допустимого рабочего напряжения между элементами проводящего рисунка, расположенными в одном слое или в соседних слоях (уровнях), выбирают по ГОСТ 23751.

УДК 621.3.049.75:006.354 Э09 ОКСТУ 6692

Ключевые слова: печатные платы, конструирование, расчет, электрические характеристики

ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ

Методы конструирования и расчета

Р 50.1.001—94

Редактор *В. П. Огурцов*
Технический редактор *О. Н. Власова*
Корректор *А. С. Черноусова*
Оператор *А. Г. Хоменко*

Сдано в набор 13.02.95. Подписано в печать 10.03.95. Усл. печ. л. 1,16. Усл. кр.-отт. 1,16.
Уч.-изд. л. 0,95. Тираж 442 экз. С 2222. Зак. 384.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Калужской типографии стандартов на ПЭВМ.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.

ПЛР № 040138

gost.e-ecolog.ru