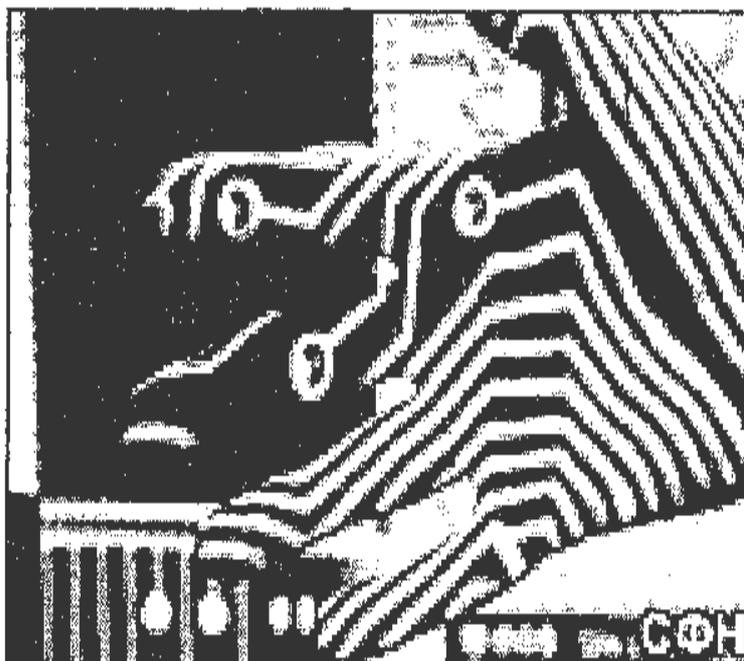


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический  
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе "Оценка геометрических параметров печатного  
монтажа с учетом технологических ограничений "  
по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства  
электронных средств» для студентов направлений 200100.62  
«Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62  
«Конструирование и технология электронных средств» (профиль  
«Проектирование и технология радиоэлектронных средств»)  
очной и заочной форм обучения



Воронеж 2015

УДК 621396

Составитель канд. техн. наук А.Б. Антиликаторов

Методические указания к лабораторной работе "Оценка геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологических ограничений " по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения/ ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2009. 16 с.

В работе представлены основные положения и методика расчета геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологической точности изготовления печатных плат.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MS Word 2003 и содержатся в файле ЛР\_ОГП.doc

Ил. 4. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Д.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО «Воронежский  
государственный технический  
университет», 2015

## **1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ**

Цель работы - приобретение практических навыков оценки технологической точности многооперационных технологических процессов (ТП) и умения анализировать производственные погрешности.

В данной лабораторной работе объектами исследования производственных погрешностей и оценки технологической точности являются ТП изготовления печатных плат (ПП). По соображениям методического характера из всех известных методов изготовления ГШ выбраны наиболее характерные, а именно: субтрактивный химический, аддитивный химико- гальванический и комбинированный позитивный и два способа создания рисунка печатной схемы - фотографический и сеточно-графический.

## **2. ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ**

### **2.1. Задание первое**

Составить структурные схемы технологических процессов изготовления ПП субтрактивным химическим, аддитивным химико-гальваническим и комбинированным позитивным методами/ при создании рисунка печатной схемы фотографическим или сеточно-графическим способами. При составлении структурных схем технологических процессов необходимо принимать во внимание все технологические операции, в том числе операции изготовления фотошаблонов.

Проанализировать применимость каждого метода для изготовления ПП в соответствии с первым, вторым, третьим, четвёртым и пятым классами плотности печатного монтажа согласно ГОСТ 23751-66.

### **2.2. Задание второе**

В соответствии с технологией изготовления ГШ, указанной на чертеже, и структурной схемой технологического процесса [1, 2, 3] необходимо выбрать технологическое оборудование и ознакомиться с его техническими характеристиками. Некоторые модели современного оборудования, используемого для изготовления ПП, представлены в [3].

### **2.3. Задание третье**

Ознакомиться с методикой расчета геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологических ограничений.

### 3. ВОПРОСЫ К ДОМАШНИМ ЗАДАНИЯМ

1. Перечислите основные технологические особенности печатного монтажа.
2. В чем сущность субтрактивной технологии изготовления ПП, её достоинства и недостатки?
3. В чем сущность аддитивной технологии изготовления ПП, её достоинства и недостатки?
4. Перечислите известные Вам методы изготовления ПП.
5. Изложите сущность субтрактивного химического метода изготовления ПП.
6. Изложите сущность аддитивного химико-гальванического метода изготовления ПП.
7. Изложите сущность комбинированного позитивного метода изготовления ПП. В чем его отличие от комбинированного негативного метода?
8. Перечислите основные материалы для изготовления оснований ПП. Какие требования к ним предъявляются?
9. Дайте характеристику способам изготовления оригиналов и фотошаблонов.
10. Перечислите производственные погрешности ПП, которые обусловлены погрешностью изготовления оригиналов, фотошаблонов и сетчатых трафаретов.
11. Назовите оборудование для автоматизированного изготовления фотошаблонов и его характеристики.
12. Перечислите производственные погрешности, возникающие при изготовлении заготовок ПП.
13. Влияет ли толщина фоторезиста, нанесенного на заготовку ПП, на ширину печатных проводников?
14. Какие параметры ТП травления меди с заготовок ПП вы знаете?
15. Перечислите производственные погрешности, возникающие при травлении меди с заготовок ПП?
16. Назовите производственные погрешности при электрохимической металлизации диэлектрика.
17. Назовите оборудование для сеткографии и его характеристики.
18. Назовите оборудование для автоматизированного сверления отверстий в заготовках ПП и его характеристики.
19. Перечислите погрешности базирования заготовок ПП.

#### 4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Одним из неперенных условий конструкторско-технологического обеспечения надежности соединений является правильно выбранный размер контактных площадок, исключающих опасность выхода за их пределы зоны сверлений сквозных отверстий. Это условие состоит в том, что контактная площадка должна охватывать металлизированное отверстие, чтобы исключить торцевую связь проводника с металлизированным отверстием на ограниченной длине, соизмеримой или равной ширине проводника.

При изготовлении ЦП возникают проблемы совмещения позиционного положения отверстия и контактных площадок, окружающих эти отверстия. Естественные погрешности оборудования и неустойчивость размеров подложек, несущих топологию рисунков проводников, обуславливают отклонения от номинального положения элементов ПП, то есть их рассовмещение.

Все погрешности совмещения должны компенсироваться соответствующими размерами контактных площадок так, что их размер тем больше, чем больше рассеивание положений элементов относительно узлов координатной сетки. Контактные площадки являются как бы подвижными мишенями для попадания в них сверлением, и для уверенного попадания в контактную площадку нужно иметь такой её размер, чтобы она своим периметром окружала геометрическое место точек возможного местоположения сверления отверстий. Поэтому оценка точности производства сводится к размеру контактной площадки, который обеспечивает надежность попадания в неё отверстий без выхода за пределы её периметра.

Из вышесказанного следует, что в процессе изготовления ПП должно быть обеспечено выполнение минимального значения гарантийного пояса  $b$ , т.е. расстояния от края просверленного монтажного отверстия до края контактной площадки. Наименьшие значения  $b$  в зависимости от классов точности печатного монтажа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение параметров	Значение основных размеров для классов точности печатного монтажа				
	1	2	3	4	5
Минимально допустимая ширина контактной площадки $B$ , мм	0,3	0,2	0,1	0,05	0,025
Ширина проводника $t$ , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	од

Расстояние между краями элементов проводящего рисунка $s$ , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,1
Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы $u$	0,4	0,4	0,33	0,25	0,2

Получаемое значение  $b$  определяется отклонением диаметра контактной площадки, погрешностью относительного расположения монтажного отверстия и контактной площадки, явлениями подтравливания и разрастания проводящего слоя. Для обеспечения значений  $b$ , указанных в таблице, необходимо определить минимальный диаметр  $D_{\min}$  контактной площадки.

Расчет  $D_{\min}$  для односторонних ПП, изготавливаемых по субтрактивной технологии с использованием фотографического и сеточно-графического способов получения рисунка, производят по формуле:

$$D_{\min} = D_{\text{min}} + 1,5h \quad (1)$$

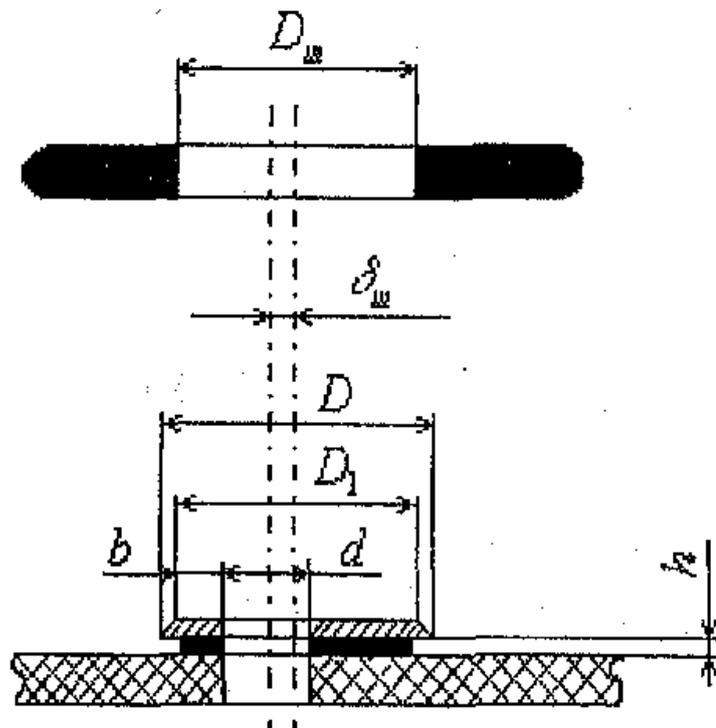


Рис. 1. Расположение контактной площадки на односторонней ПП

где  $D_{\min}$  - минимальный эффективный диаметр контактной площадки, мм (рис. 1 и 2);

$h$  - толщина фольги, мм.

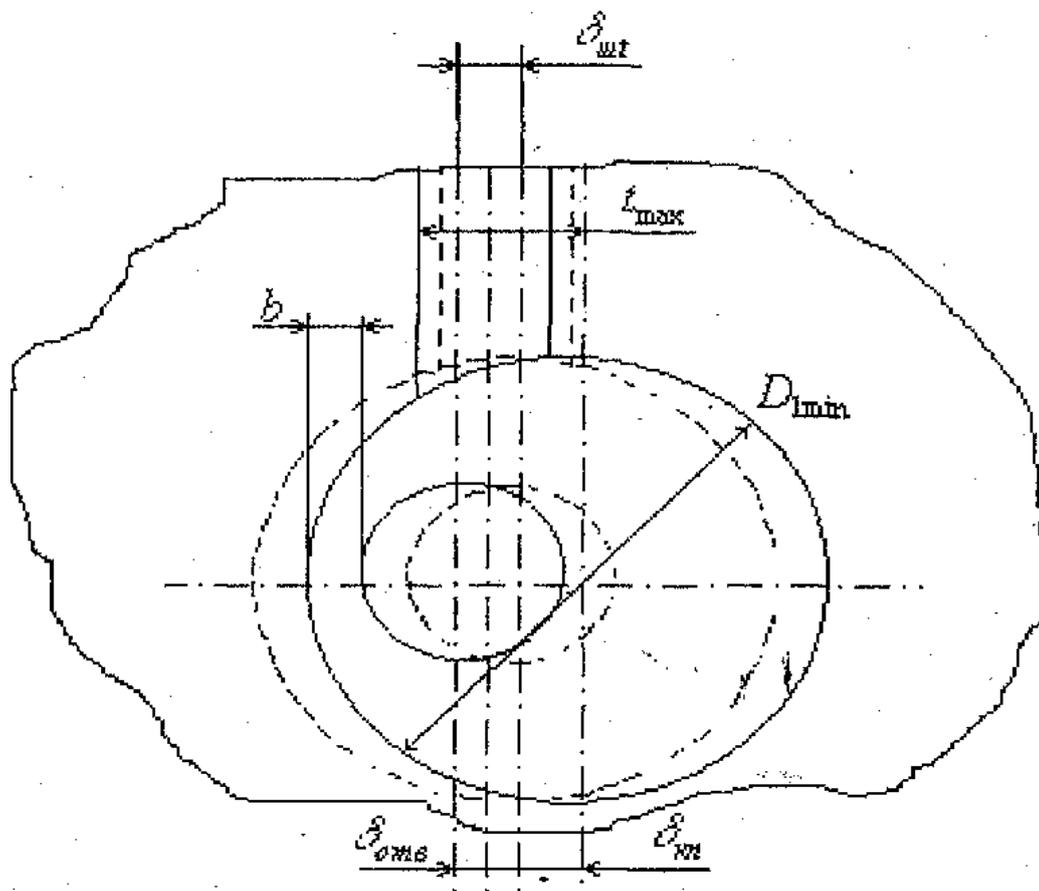


Рис. 2. Возможное смещение контактной площадки и печатного проводника

Минимальный эффективный диаметр контактной площадки вычисляют по формуле:

$$D_{\min} = 2(b + d_{\max}/2 + \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{кп}}), \quad (2)$$

где  $d_{\max}$  - максимальный диаметр монтажного отверстия, мм;

$\delta_{\text{отв}}$  - погрешность расположения монтажного отверстия, мм

$\delta_{\text{кп}}$  - погрешность расположения контактной площадки, мм.

Максимальный диаметр монтажного отверстия определяется по формуле:

$$d_{\max} = d_{\text{св}} + \Delta d, \quad (3)$$

где  $d_{\text{св}}$  - диаметр сверла, мм;

$\Delta d$  - погрешность диаметра отверстия, обусловленная биением сверла и точностью его заточки, мм.

С учетом толщины металлизации в отверстии и некоторой усадки диэлектрической подложки фольгированного материала принимают:

$$d_{\text{св}} = d_{\text{мо}} + (0,1 \div 0,15), \quad (4)$$

где  $d_{\text{мо}}$  - диаметр металлизированного отверстия, мм.

Погрешность расположения монтажного отверстия определяется по формуле:

$$\delta_{\text{отв}} = \delta_{\text{o}} + \delta_{\text{б}} - \quad (5)$$

Погрешность расположения контактной площадки:

$$\delta_{\text{кп}} = \delta_{\text{ш}} + \delta_{\text{э}} \quad (6)$$

Формула (6) может быть использована для определения  $\delta_{\text{кп}}$  в случае сеточно-графического способа, нанесения рисунка на ПП. При этом следует иметь в виду, что  $\delta_{\text{кп}}$  образуется в процессе изготовления сетчатого трафарета фотографическим способом.

При изготовлении слоёв многослойных печатных плат (МПП), когда базовые отверстия выполняются как на фотошаблонах, так и на заготовках слоев, а совмещение их производится с помощью фиксирующих элементов,  $\delta_{\text{кп}}$  определяется по формуле:

$$\delta_{\text{кп}} = \delta_{\text{ш}} + \delta_{\text{э}} + \delta_{\text{м}}, \quad (7)$$

Если базовые отверстия на слоях выполняются после получения печатного монтажа, то  $\delta_{\text{кп}}$  определяется по формуле:

$$\delta_{\text{кп}} = \delta_{\text{ш}} + \delta_{\text{э}} + \delta_{\text{м}} + \delta_{\text{пр}} \quad (8)$$

Минимальный диаметр окна фотошаблона  $D_{\text{ш min}}$ , гарантирующий получение диаметра контактной площадки  $D_{\text{min}}$  размером не менее, чем рассчитанный по формуле (1) с учётом его возможного уменьшения за счёт подсвета при экспонировании рисунка, определяется по формуле:

$$D_{\text{ш min}} = D_{\text{min}} + \Delta \text{Э} . \quad (9)$$

Максимальный диаметр окна фотошаблона  $D_{\text{max}}$  определяется как:

$$D_{\text{ш max}} = D_{\text{ш min}} + \Delta D_{\text{ш}} . \quad (10)$$

С учётом погрешностей  $\Delta \mathcal{E}$  и  $\Delta D_{\text{ш}}$  максимальный диаметр контактной площадки  $D_{\text{max}}$  определяется в соответствии с выражением:

$$D_{\text{max}} = D_{\text{max}} + \Delta \mathcal{E} . \quad (11)$$

Расчет минимального диаметра контактной площадки  $D_{\text{min}}$  для двусторонних ПП и наружных слоев МПП, изготавливаемых комбинированным позитивным методом производится по следующим формулам при:

- фотографическом способе получения рисунка:

$$D_{\text{min}} = D_{\text{lmin}} + 1,5(h + h_{\text{пм}}) + h_{\text{р}}, \quad (12)$$

- сеточно-графическом способе получения рисунка:

$$D_{\text{min}} = D_{\text{lmin}} + 1,5(h + h_{\text{пм}}) + h_{\text{р}} + h_{\text{г}} \quad (13)$$

Минимальный диаметр контактной площадки  $D_{\text{mjн}}$  при изготовлении печатных плат полуаддитивным методом определяется по формулам при:

-фотохимическом способе получения рисунка

$$D_{\text{min}} = D_{\text{lmin}} + 1,5h_{\text{пм}} \quad (14)$$

-сеточно-графическом способе получения рисунка

$$D_{\text{min}} = D_{\text{lmin}} + 1,5h_{\text{пм}} + h_{\text{р}} + h_{\text{г}}, \quad (15)$$

где  $D_{\text{lmin}}$  - минимальный эффективный диаметр контактной площадки, определяется по формуле

$$D_{\text{lmin}} = 2 \left( b_{\text{м}} + \frac{d_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{отв}} + \delta_{\text{кп}} \right), \quad (16)'$$

где  $\delta_{\text{кп}}$  в свою очередь определяется по формуле (1.6).

Коэффициент 1,5 в формулах расчета минимальных диаметров контактных площадок отражает тот факт, что при, струйном направлении травления боковые подтравливания несколько меньше, чем величина травления по глубине. В формулах учитывается также величина разрачивания при осаждении гальванической меди, и . металлорезиста.

Если металлорезистом является оплаваемый сплав олово-свинец, то разрачивание  $h_{\text{р}}$  устраняется последующим оплавлением, т.е.  $h_{\text{р}}$  принимают равным нулю.

Минимальный диаметр окна фотошаблона  $D_{\text{шmin}}$  для контактной площадки при фотографическом и сеточно-графическом способе получения рисунка определяется соответственно по формулам:

$$D_{\text{шmin}} = D_{\text{min}} - h_p \gg \quad (17)$$

$$D_{\text{шmin}} = D_{\text{min}} - (h_p + h_r). \quad (18)$$

Максимальный диаметр для контактной площадки  $D_{\text{max}}$  определяется по формулам:

- для двусторонних печатных плат и наружных слоев МПП, изготовленных полуаддитивным и комбинированным позитивным методом при получении рисунка фотоспособом

$$D_{\text{max}} = D_{\text{шmax}} + \Delta\mathcal{E} + h_p; \quad (19)$$

- для двусторонних печатных плат и наружных слоев МПП, изготовленных комбинированным позитивным методом при сеточно-графическом способе получения рисунка

$$D_{\text{max}} = D_{\text{шmax}} + \Delta\mathcal{E} + h_p + h_r' \quad (20)$$

максимальный диаметр окна фотошаблона  $D_{\text{шmax}}$  для контактной площадки определяется по формуле (8);

- максимальный диаметр для контактной площадки  $D_{\text{max}}$  при фотографическом и сеточно-графическом способе получения рисунка по формулам (14), (15) соответственно.

#### 4.2. Расчет ширины проводников

Условием получения минимальной ширины проводника является достаточное сцепление (без отслаивания) проводника с диэлектриком, которое зависит от адгезивных свойств материала основания и гальваностойкости оксидирования слоя фольги.

Расчет минимальной ширины проводника  $t'_{\text{min}}$  (рис. 3 и 4) для односторонних ПП, изготавливаемых по субтрактивной технологии, производят по формуле:

$$t'_{\text{min}} = t'_{\text{lmin}} + 1,5h, \quad (21)$$

где  $t'_{\text{lmin}}$  - минимальная эффективная ширина проводника.

Минимальная эффективная ширина проводника определяется экспериментально; она равна 0,18 мм для плат первого и второго класса. Для плат, изготовленных полуаддитивным методом, она может быть равной 0,15 мм.

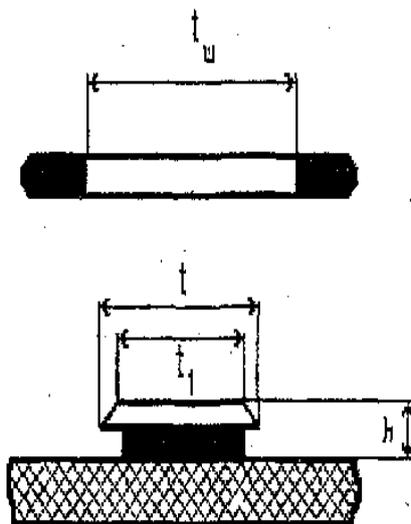


Рис. 3. Расположение проводника на односторонней ПП

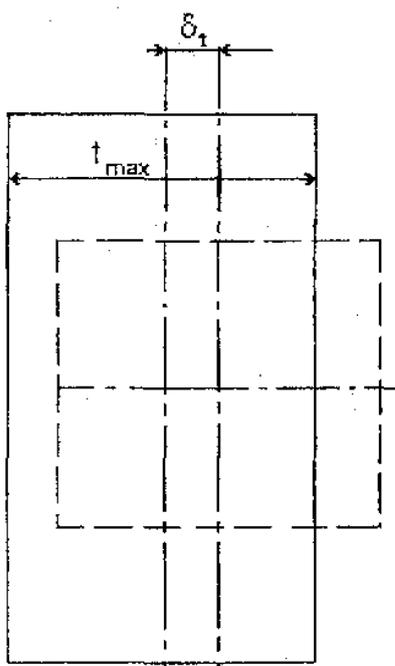


Рис.4. Возможное смещение проводника на слое платы

Минимальная  $t'_{ш\min}$  и максимальная  $t'_{ш\max}$  ширина линий на фотошаблоне определяется по формулам:

$$t'_{ш\min} = t_{\min} + \Delta\mathcal{E} \quad (22)$$

$$t'_{ш\max} = t'_{ш\min} + \Delta t_{ш} \quad (23)$$

где  $\Delta t_{ш}$  - погрешность изготовления линий шаблона, мм.

Максимальная ширина проводника  $t_{\max}$  на слое определяется по формуле

$$t'_{\max} = t'_{\text{шmax}} + \Delta\mathcal{E} \quad (24)$$

Расчет минимальной ширины проводника  $t_{\min}$  для двусторонних ПП и наружных слоев МПП, изготавливаемых комбинированным позитивным методом производят по формулам:

- при фотографическом способе получения рисунка

$$t_{\min} = t_{\text{lmin}} + 1,5(h + h_{\text{пм}}) + h_p, \quad (25)$$

- при сеточно-графическом способе получения рисунка

$$t_{\min} = t_{\text{lmin}} + 1,5(h + h_{\text{пм}}) + h_{\Gamma} + h_p, \quad (26)$$

Расчет минимальной ширины проводника  $t_{\min}$  для двусторонних ПП, изготавливаемых полуаддитивным методом производят по формулам:

- при фотографическом способе получения рисунка:

$$t_{\min} = t_{\text{lmin}} + 1,5h_{\text{пм}} + h_p \quad (27)$$

- при сеточно-графическом способе получения рисунка:

$$t_{\min} = t_{\text{lmin}} + 1,5h_{\text{пм}} + h_{\Gamma} + h_p \quad (28)$$

При использовании в качестве металлорезиста оплаваемого сплава олово-свинец в формулах (25) - (28) значение  $h_p$  принимают равным нулю.

Минимальную ширину линии на фотошаблоне  $t_{\text{шmin}}$  при фотографическом способе получения рисунка определяют по формуле:

$$t_{\text{шmin}} = t_{\min} - h_p \quad (29)$$

при сеточно-графическом способе получения рисунка по формуле:

$$t_{\text{шmin}} = t_{\min} - (h_{\Gamma} + h_p) \quad (30)$$

Максимальная ширина линии на фотошаблоне  $t_{\text{шmax}}$

$$t_{\text{шmax}} = t_{\text{шmin}} + \Delta t_{\text{ш}} \quad (31)$$

Максимальную ширину проводника  $t_{\max}$  находят по формулам:

- для двусторонних ПП и наружных слоев МПП, изготавливаемых комбинированным позитивным и полуаддитивным методом при фотографическом способе получения рисунка:

$$t_{\max} = t_{\text{шmax}} + \Delta\mathcal{E} + h_p \quad (32)$$

- для двусторонних ПП и наружных слоев МПП, изготавливаемых комбинированным позитивным методом при получении рисунка сеточно-графическим способом:

$$t_{\max} = t_{\text{шmax}} + \Delta\mathcal{E} + (h_p + h_{\Gamma}). \quad (33)$$

#### 4.3. Расчёт минимальных расстояний между элементами

проводящего рисунка

Минимальное расстояние между элементами проводящего рисунка определяется заданным уровнем сопротивления изоляции при рабочем напряжении схемы и техническими требованиями на ПП.

Минимальное расстояние между проводником и контактной  $S_{1min}$  площадкой определяется по формуле:

$$S_{1min} = L - \left[ \left( \frac{D_{max}}{2} + \delta_{кп} \right) \left( \frac{t_{max}}{2} + \delta_{шт} \right) \right], \quad (34)$$

где  $L$  - расстояние между центрами рассматриваемых элементов, мм;

$\delta_{шт}$  - погрешность расположения относительно координатной сетки на фотошаблоне проводника, мм.

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками  $S_{2min}$  определяется по формуле:

$$S_{2min} = L - (D_{max} + 2\delta_{кп}) \quad (35)$$

Минимальное расстояние между двумя проводниками  $S_{3min}$  определяется по формуле:

$$S_{3min} = L - (t_{max} + \delta_{шт}). \quad (36)$$

Минимальное расстояние между контактной площадкой и проводником на фотошаблоне  $S_{4min}$  определяется по формуле:

$$S_{4min} = L - [(\delta_{кп}) + (\delta_{шт})]. \quad (37)$$

Минимальное расстояние между двумя контактными площадками на фотошаблоне  $S_{5min}$  определяется по формуле:

$$S_{5min} = L - (D_{штmax} + 2\delta_{кп}). \quad (38)$$

Минимальное расстояние между двумя проводниками на фотошаблоне  $S_{6min}$  определяется по формуле:

$$S_{6min} = L - (t_{штmax} + 2\delta_{кп}). \quad (39)$$

Формулы (34) - (39) приведены для двусторонних печатных плат и наружных слоев МПП. Для расчета односторонних печатных плат и внутренних слоев в МПП в указанные формулы подставляют значения  $D'_{max}$ ,  $t'_{max}$ ,  $D'_{штmax}$ ,  $t'_{штmax}$ .

#### 4.4. Расчёт минимального расстояния между элементами проводящего рисунка, необходимого для прокладки определённого количества проводников

Минимальное расстояние для прокладки проводников между двумя контактными площадками металлизированных отверстий определяют по формуле:

$$l_{1\min} = \left( \frac{D_{1\max} D_{2\max}}{2} + 2\delta_{\text{кп}} \right) + (t_{\max} + 2\delta_{\text{шт}})n + s_{\min} (n + 1), \quad (40)$$

где  $D_{1\max}$ ,  $D_{2\max}$  - максимальные диаметры контактных площадок металлизированных отверстий, мм;

$n$  - количество проводников.

Минимальное расстояние для прокладки проводников между двумя неметаллизированными отверстиями определяют по формуле:

$$l_{2\min} = \left( \frac{d_{1\max} d_{2\max}}{2} + 2\delta_{\text{отв}} \right) + (t_{\max} + 2\delta_{\text{шт}})n + s_{\min}(n - 1) + 2a. \quad (41)$$

где  $a$  - расстояние от края платы, выреза, не металлизированного отверстия до элементов печатного монтажа, мм.

Минимальное расстояние для прокладки проводников между контактной площадкой металлизированного отверстия и неметаллизированным отверстием определяют по формуле:

$$l_{3\min} = \left( \frac{D_{\max}}{2} + \delta_{\text{кп}} \right) + \left( \frac{d_{\max}}{2} + \delta_{\text{отв}} \right) + (t_{\max} + 2\delta_{\text{шт}})n + s_{\min}n + a. \quad (42)$$

Минимальное расстояние для прокладки проводников - между контактной площадкой металлизированного отверстия и краем платы:

$$l_{4\min} = \left( \frac{D_{\max}}{2} + \delta_{\text{кп}} \right) + (t_{\max} + 2\delta_{\text{шт}})n + s_{\min}n + a. \quad (43)$$

Минимальное расстояние для прокладки проводников между неметаллизированным отверстием и краем платы

$$l_{5\min} = \left( \frac{d_{\max}}{2} + \delta_{\text{отв}} \right) + (t_{\max} + 2\delta_{\text{шт}})n + s_{\min}(n - 1) + 2a. \quad (44)$$

Формулы (40) - (44) приведены для двусторонних печатных плат и наружных слоев МПП. Для расчета односторонних печатных плат и внутренних слоев в МПП в указанные формулы подставляют значения  $D'_{1\max}$ ,  $D'_{2\max}$ ,  $t'_{\max}$ . Значение  $s_{\min}$  определяется расчетным путем. Расстояние «а» от края платы, выреза, неметаллизированного отверстия до элементов печатного монтажа принимается равным номинальной толщине печатной платы, но не менее 1 мм.

## 5. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

- Отчет должен содержать:
- результаты выполнения домашнего задания;
- технические характеристики ПП;
- таблицу с результатами расчетов;
- схему ТП изготовления ПП, с указанием соответствующего технологического оборудования и основных его технических характеристик;
- выводы;
- распечатку результатов по одному из приемлемых вариантов расчетов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат [Текст]: учебник / Е.В. Пирогова. - М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2005. - 560 с.
2. Медведев А. Технология производства печатных плат [Текст]/ А. Медведев.- М.: Техносфера, 2005. - 360 с.
3. Донец А.М. Проектирование конструкций и технологическая подготовка производства радиоэлектронных модулей: учеб. пособие [Текст]/ А.М. Донец, С.А. Донец. Воронеж: ВГТУ, 2008. 128 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания по выполнению работы.....	1
2. Домашние задания и методические указания по их выполнению .....	1
3. Вопросы к домашним заданиям.....	2
4. Лабораторное задание и методические указания по их выполнению.....	3
5. Указания по выполнению отчета.....	15
Библиографический список.....	16

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе "Оценка геометрических параметров печатного монтажа с учетом технологических ограничений "  
по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 200100.62 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»)  
очной и заочной форм обучения

Составитель

Антиликаторов Александр Борисович

В авторской редакции

Подписано к изданию 26.02.2015

Уч.-изд. л. 1,0

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский проспект, 14