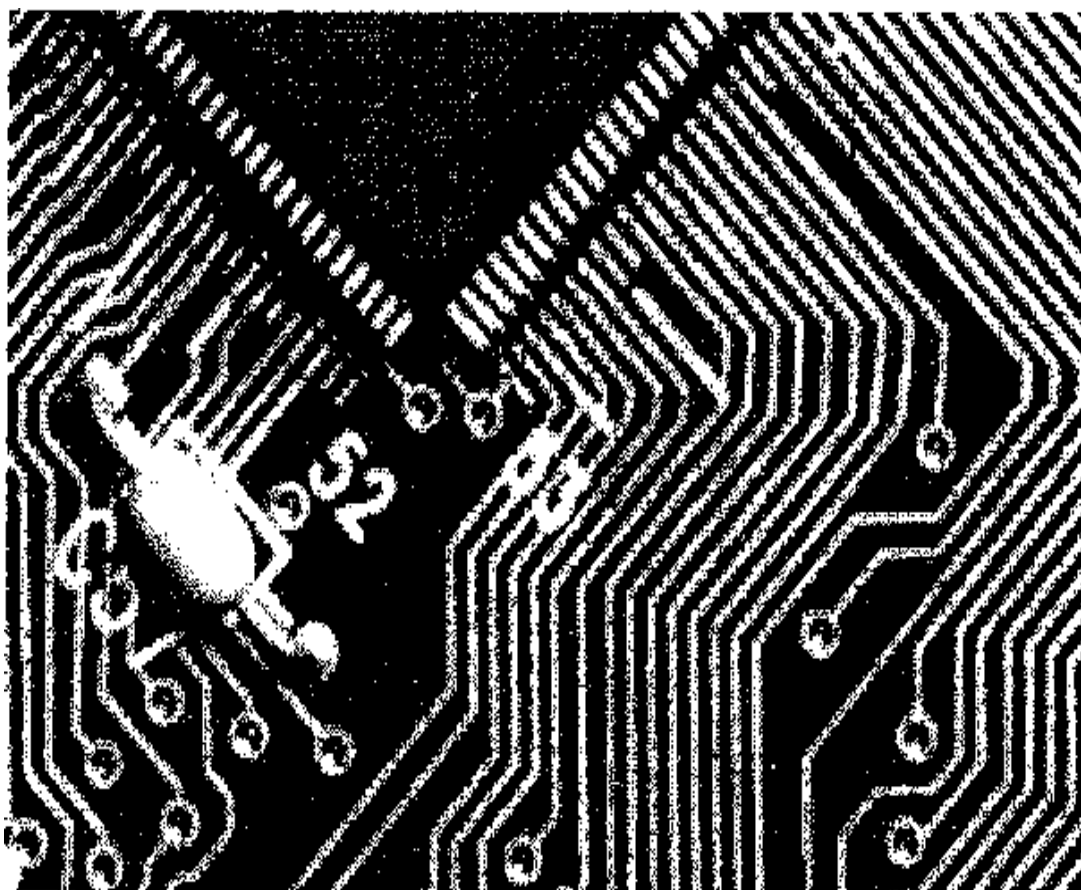


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по дисциплинам «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 формы обучения



Воронеж 2015

УДК 621.396

Составитель канд. техн. наук А.Б. Антиликаторов

Методические указания к практическим занятиям " Проектирование технологических процессов изготовления печатных плат» 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 формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет" сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015. 31 с.

В работе представлены методика и порядок проектирования технологического процесса изготовления печатных плат.

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

Табл. 11. Ил. 1. Библиогр.: 5 назв.

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

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

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский  
государственный технический  
университет», 2015

## **1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Освоение методики и приобретение навыков проектирования технологических процессов (ТП) изготовления печатных плат (ПП) представляет собой одну из важных задач технологической подготовки студентов специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств". Объясняется это тем, что ПП, как несущий элемент конструкции и как элемент, обеспечивающий электрическое соединение радиоэлементов, в существенной степени определяет эксплуатационные характеристики изделия.

Технология ПП является сложным и многооперационным процессом. Её разработка базируется на достаточных теоретических знаниях и практических навыках. Поскольку учебное проектирование ставит своей целью углубление знаний и приобретение практических навыков, предусматривается проведение занятий по отдельным темам, охватывающим основные вопросы проектирования ТП, после чего оформляется технологическая документация.

Для разработки технологии изготовления ПП предусматривается проведение восьми практических занятий по следующим темам: .

1. Анализ промышленной технологии и выбор метода изготовления ПП.
2. Заготовительные операции и подготовка поверхности заготовок.
3. Механическая обработка заготовок.
4. Формирование рисунка схемы ПП.
5. Травление меди на заготовках и их металлизация.
6. Технология финишных операций.
7. Технологический контроль.
8. Оформление технологической документации

Исходными данными для проектирования ТП являются чертёж ПП и заданная программа выпуска.

## 2. ЗАНЯТИЕ ПЕРВОЕ

### ТЕМА: «АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫБОР МЕТОДА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ»

#### – Домашнее задание и методические указания по его выполнению

При подготовке к аудиторному занятию изучить следующие вопросы:

- методы изготовления ПП и их сущность;
- целесообразность и экономичность методов в зависимости от типа производства;
- применимость методов для изготовления ПП с заданным классом плотности печатного монтажа;
- новые направления в технологии изготовления ПП.

При выполнении домашнего задания необходимо обратить внимание на различие и применимость субтрактивных, аддитивных, полуаддитивных и комбинированных методов изготовления ПП. В общем случае принципиальное различие методов заключается в способах получения печатных проводников и в способах получения рисунка схемы. Однако наиболее существенное различие заключается в возможности обеспечения заданного класса плотности печатного монтажа и в сложности технологии.

Литература: /1, с.147 - 221; 4, с.148 -160; 5, с. 224-241; с. 273-275/.

#### – Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

2.2.1. Провести анализ существующих промышленных методов и выбрать метод изготовления ПП в соответствии с исходными данными. Составить схему ТП изготовления ПП. На схеме указать наименование основных технологических операций(ТО), их последовательность и отразить геометрические преобразования заготовки в процессе выполнения ТО.

Согласно требованиям оформления конструкторской документации на чертеже ПП указывают метод её изготовления. Указания по методу изготовления обычно делают применительно к предполагаемому типу производства с учётом конструктивных и эксплуатационных требований, предъявляемых к ПП. Поэтому, независимо от указаний на чертеже, выданном в качестве задания, следует выбирать такой метод, который соответствует конструктивным требованиям и заданной программе выпуска.

Для составления схемы ТП можно воспользоваться табл. 1, в которой содержится последовательность типовых операций ТП, характерных для

основных промышленных методов изготовления односторонних (ОПП) и двусторонних (ДПП) ПП.

Таблица 1

Последовательность технологических процессов изготовления ОПП и ДПП

№ ТО	Наименование ТО	Субтрактивный метод	Аддитивный метод	Полуаддитивный метод	Комбинированный позитивный метод
1	2	3	4	5	6
1	Раскрой листового материала	+	+	+	+
2	Получение заготовок	+	+	+	+
3	Образование базовых отверстий	+	+	+	+
4	Образование отверстий под металлизацию			+	
5	Очистка отверстий			+	
6	Подготовка поверхности фольгированного диэлектрика	+			+
7	Обработка адгезива			+	
8	Образование отверстий под металлизацию		+		+
9	Очистка отверстий		+		+
10	Сенсибилизация и активация поверхности диэлектрика			+	
11	Получение позитивного рисунка схемы (создание защитной маски)	+			
12	Получение печатного рисунка схемы		+		+

1	2	3	4	5	6
13	Травление меди с пробельных мест	+			
14	Активация поверхности диэлектрика		+		
15	Химическая металлизация диэлектрика по всей поверхности			+	
16	Химическая металлизация диэлектрика на участках рисунка схемы		+		
17	Удаление защитной маски	+	+		
18	Гальваническая металлизация			+	
19	Термообработка		+	+	
20	Получение печатного рисунка			+	
21	Сенсибилизация и активация диэлектрика в отверстиях				+
22	Химическая металлизация диэлектрика в отверстиях и рисунке				+
23	Гальваническая металлизация отверстия и рисунка схемы			+	+
24	Нанесение металлорезиста на рисунке				+
25	Удаление защитной маски			+	+
26	Травление меди с пробельных мест			+	+
27	Оплавление металлорезиста				+

28	Сверление монтажных отверстий	+			
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
29	Обработка заготовки платы по контуру	+	+	+	+
30	Маркировка	+	+	+	+
31	Нанесение защитного покрытия (лужение)	+	+	+	+
32	Выходной контроль	+	+	+	+
33	Консервация и упаковка	+	+	+	+

### 2.3. Вопросы для самопроверки

1. Какие субтрактивные методы изготовления ПП Вы знаете?
2. Изложите сущность аддитивных методов изготовления ПП.
3. Чем отличается аддитивная технология изготовления ПП от полуаддитивной?
4. Какой из известных методов изготовления ПП характеризуется наибольшей разрешающей способностью?
5. Перечислите материалы, используемые для изготовления ПП.

### 3. ЗАНЯТИЕ ВТОРОЕ

#### ТЕМА: «ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ И ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВОК»

##### 3.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

Проработать следующие вопросы:

- методы получения заготовок;
- методы подготовки поверхности фольгированных диэлектриков;
- методы подготовки и обработки поверхности нефольгированных диэлектриков.

Подготовка поверхности нефольгированного диэлектрика заключается не только в очистке поверхностей заготовок от загрязнения. Важное значение имеет придание поверхности определённой шероховатости для увеличения прочности соединения меди с диэлектриком.

К специальным видам подготовки и обработки поверхности также относятся подтравливание диэлектрика в отверстиях, сенсбилизация и активация, химическая обработка диэлектрика с катализатором и диэлектрика с адгезивом.

Литература: /1, с. 279 - 295; 2, с. 181 - 215; 5, с. 245-246, с. 270-273/.

##### 3.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

###### 3.2.1. Определить размер заготовки ПП.

Заготовки ОПП и ДПП должны иметь технологическое поле. В связи с этим размер заготовки определяется по формуле

$$A_3 = A_{\text{П}} + 2Н,$$

где  $A_3$  - длина или ширина заготовки;

$A_{\text{П}}$  - длина или ширина ПП согласно чертежу;

$H$  - ширина технологического поля. Значение  $H$  для ОПП и ДПП не должно превышать 10 мм.

Если ПП имеют размеры до 100 мм, выполняют групповые заготовки площадью не менее 0,05 м<sup>2</sup>, при этом расстояние между соседними заготовками находится в пределах от 5 до 10 мм.

###### 3.2.2. Выбрать оборудование для раскроя листового материала и получения заготовок /3/.

Метод получения заготовок определяется типом производства. В мелкосерийном и серийном производстве используются гильотинные ножницы, одноножевые и многоножевые ролинговые ножницы, на которых листовой материал разрезается на полосы, а затем на заготовки. В



мелкосерийном производстве рекомендуется применять ножницы одноножевые, а в серийном производстве - многоножевые ножницы.

В крупносерийном и массовом производстве заготовки получают штамповкой листового материала в специальных штампах на эксцентриковых или кривошипных прессах.

Для выбора пресса необходимо определить усилие вырубki-пробивки, которое вычисляется по формуле

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 ,$$

где  $P_1$  - усилие вырубki - пробивки контура заготовки, Н;

$P_2$  - усилие прижима, Н;

$P_3$  - усилие проталкивания, Н;

$P_4$  - усилие снятия отхода или детали с пуансона, Н.

Значение  $P_1$  определяется площадью среза контура заготовки и механическими свойствами материала (сопротивлением срезу  $\sigma$ , Па)

$$P_1 = \sigma L t K ,$$

где  $L$  - периметр среза, м;

$t$  - толщина материала, м;

$K$  - коэффициент, учитывающий неравномерность толщины штампуемого материала. Значение  $K$  принимают в пределах от 1,1 до 1,3.

Сопротивление срезу стеклотекстолита около  $9 \cdot 10^7$  Па.

Резку листов на заготовки необходимо осуществлять с прижимом материала. Усилие прижима рассчитывают по формуле

$$P_2 = g L S ,$$

где  $g$  - удельное давление прижима, Па (выбирают из табл. 2).

Усилие проталкивания находят из выражения

$$P_3 = \frac{K_1 P_1 h}{t}$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от механических свойств материала и от зазора между пуансоном и матрицей,  $K_d = 0,05 - 0,08$ ;

$h$  - высота цилиндрического пояска матрицы, мм (ориентировочно  $h=t$ ).

Таблица 2

Зависимость удельного давления прижима от толщины материала

Толщина материала, мм	Удельное давление прижима, Па
ДО 1	от $0,6 \cdot 10^7$ до $1,1 \cdot 10^7$
от 1 до 2	от $1,1 \cdot 10^7$ до $1,5 \cdot 10^7$
от 2 до 3	от $1,5 \cdot 10^7$ до $2 \cdot 10^7$

Усилие снятия детали или отхода с пуансона определяют по формуле

$$P_4 = K_2 P_1 ,$$

где  $K_2$  - коэффициент, зависящий от толщины материала и типа штампа, определяется по табл. 3.

Таблица 3

Зависимость коэффициента  $K_2$  от толщины материала и типа штампа

Толщина материала, мм	Значение $K_2$ для штампов	
	Однопуансонового	Многупуансонового
до 1	0,02	0,01
от 1 до 5	0,06	0,12

Необходимое усилие прессы  $P_{II}=1,25P$ .

3.2.3. Разработать технологию подготовки поверхности фольги и диэлектрика и выбрать технологическое оборудование.

При разработке технологии подготовки поверхности следует учитывать специфику метода изготовления ПП. В случае ОПП и ДПП могут быть применены химические и механические методы подготовки поверхности фольги или их сочетание. В зависимости от типа производства выбирают ручную, механизированную или автоматизированную подготовку поверхности. Примером технологии ручной обработки медной фольги является следующий: зачистка поверхности фольги смесью венской извести (тонкодисперсные частицы  $CdO$  и  $MgO$ ) и шлифпорошка; промывка проточной водопроводной водой; сушка при температуре около  $60\text{ }^{\circ}C$  в течение 5 - 7 мин; обезжиривание в трихлорэтилене при комнатной температуре от 0,5 до 1 мин; сушка при комнатной температуре; декапирование в серной кислоте ( $50\text{ г/м}^3$ ) от 10 до 15 с; промывка проточной водопроводной водой и сушка при температуре примерно равной  $60\text{ }^{\circ}C$ , в течение 5 - 7 мин.

Указанные операции выполняются в механизированном или автоматизированном режимах, если производство серийное или массовое. В этом случае механическая зачистка поверхности фольги производится либо вращающимися капроновыми или нейлоновыми щётками, на которые подаётся струя абразивной суспензии, либо подачей на поверхность фольги струй суспензии с помощью форсунок (гидроабразивная обработка). Последний метод эффективно используется для удаления заусенцев на фольге, образующихся после сверления отверстий, и для очистки поверхности

отверстий от наноса • эпоксидной смолы вследствие её размягчения в процессе сверления.

Последовательность операций химической подготовки медной фольги, состав растворов и технологические режимы приведены в табл. 4.

В некоторых автоматизированных линиях химической подготовки поверхности реализуется другая последовательность и содержание операций.

Таблица 4

Химическая подготовка медной фольги

Наименование операции	Состав раствора	Концентрация раствора, г/л	Температура раствора, °С	Время обработки, мин.
Обезжиривание	Тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4$ Кальцинированная сода $\text{Na}_2\text{CO}_3$ Моющее средство "Прогресс"	30-33 30-35	50-60	3 - 5
Промывка	Горячая вода	-	50 - 60	1 - 2
Декапирование	Соляная кислота $\text{HCl}$	20-22	15-25	0,2 - 0,25
Промывка	Холодная проточная вода	-	-	0,5-1
Подтравливание	Персульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$	100 ю - ii	15-25 1	0,2 - 0,25
Промывка	Холодная вода	-	-	0,5 - 1
Очистка	Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$	10-15	15-25	0,05 - 0,1
Промывка	Холодная проточная вода	-	-	0,5-1
Подсушка	Горячий воздух	-	30-50	5 - 6
Сушка	Термошкаф	-	100-110	30

В случае изготовления ПП по полуаддитивной и аддитивной технологии после очистки поверхности заготовок проводят дополнительную химическую обработку для придания поверхности определённой степени шероховатости.

Если на поверхности диэлектрика имеется адгезив (например, эпоксикаучуковая композиция), то в начале выполняют операцию по набуханию адгезива, а затем по вытравливанию с поверхности частиц каучука (табл. 5).

Таблица 5

Состав растворов и режимы химической подготовки поверхности диэлектрика с адгезионным слоем

Операция	Состав раствора	Концентрация раствора, г/л	Температура раствора, °С	Время обработки, мин.
1	2	3	4	5
Обезжиривание	Тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4$ Кальцинированная сода $\text{Na}_2\text{CO}_3$ Моющее средство "Прогресс"	30-35 30-35	40-55	3 - 5
Промывка	Горячая вода	-	40-60	2 - 3
Промывка	Холодная проточная вода	-	-	2 - 3
Набухание адгезива	Диметилформамид $\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$	-	-	0,5 - 2
Промывка	Холодная проточная вода	-	концентр.	5 - 7
Травление адгезива	Хромовый ангидрид $\text{CrO}_3$ Серная кислота $\text{H}_2\text{SO}_4$	400 100	50-55	2 - 5
Промывка	Горячая вода Холодная проточная вода		40 - 60	5 - 7 2 - 3
Нейтрализация	Гидроксид натрия $\text{NaOH}$	50	18-25	0,3 - 1
Промывка	Холодная проточная вода			0,5-1

Когда применяется диэлектрик с введённым в него катализатором, производится травление заготовки растворами, содержащими бихромат натрия, серную и фосфорную кислоты. Примерный состав раствора, кг/м : бихромат натрия- 64, серная кислота - 313, фосфорная кислота - 34. Раствор используется как при комнатной температуре, так и при повышенной - около 50 °С.

Для придания диэлектрику способности к металлизации выполняют операции сенсбилизации и активации /1/. Необходимость в этих операциях отпадает в случае использования диэлектрика с катализатором, так как он обладает способностью к химической металлизации без сенсбилизации и активации его поверхности.

### **3.3. Вопросы для самопроверки**

1. Какие типы оборудования используются для получения заготовок?
2. Какие применяются методы подготовки поверхности заготовок?
3. Изложите технологию очистки поверхности заготовок, используемых для изготовления ПП по аддитивной технологии.
4. Какие специальные операции химической обработки поверхности диэлектрика Вы знаете?
5. С какой целью проводятся операции сенсбилизации и активации?

## 4. ЗАНЯТИЕ ТРЕТЬЕ

### ТЕМА: «МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК»

#### 4.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

Проработать следующие вопросы:

- методы получения базовых, переходных и монтажных отверстий в заготовках ПП;
- методы получения чистового контура ПП;
- технологическое оборудование для образования отверстий и обработки заготовок по контуру.

Литература:./1, с. 297 - 307; 2, с. 47 - 82; 5, с. 246-252/, Для ознакомления с технологическим оборудованием следует обратиться к пособию /3/.

#### 4.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

4.2.1. Выбрать метод (методы) образования базовых, переходных и монтажных отверстий.

Базовые отверстия диаметром от 4 до 6 мм выполняют на технологическом поле заготовки штамповкой или сверлением. Штамповкой получают базовые отверстия в заготовках ПП с первым классом плотности печатного монтажа. Базовые отверстия ПП с плотностью печатного монтажа от 2 до 5 класса образуют сверлением на станках с использованием кондукторов для достижения требуемой погрешности их расположения на заготовке (единичное и мелкосерийное производство) или на специализированных станках (серийное и массовое производство).

Указанные методы используются для образования переходных и монтажных отверстий. Пробивка отверстий, как и вырубка заготовок, должна производиться, как правило, без подогрева материала. Подогрев целесообразен при толщине материала свыше 2 мм. Нагрев заготовок до 80 - 100°C способствует уменьшению усилия пробивки и повышению чистоты среза. Переходные и монтажные отверстия пробивают тогда, когда их диаметр не менее 1 мм и в дальнейшем они не подвергаются металлизации.

4.2.2. Определить предельные отклонения диаметров отверстий (табл. 6)

Таблица 6

Предельные отклонения диаметров отверстий в зависимости от класса и плотности печатного монтажа

Диаметр отверстия, d, мм	Наличие металлизации	Предельное отклонение диаметра для класса плотности монтажа, Ad, мм		
		1-2	3-4	5
До 1	Без металлизации	±0,1	±0,05	±0,025
	С металлизацией без оплавления	+0,05 - 0,15	0 -од	0 -0,075
	С металлизацией и с оплавлением	+0,05 - 0,18 ,,	0 -0,13	
Свыше 1	Без металлизации	±0,15	±0,1	
	С металлизацией без оплавления	+0,1 -0,2	+0,05 -0,15	
	С металлизацией и с оплавлением	+0,1 -0,23	+0,05 -0,18	

4.2.3. Вычислить допустимую погрешность  $\delta_o$  позиционирования шпинделя сверлильного станка

$$\delta_o = \delta_{\Pi} - \delta_{\delta},$$

где  $\delta_{\Pi}$  - предельное отклонение центров отверстий относительно координатной сетки, мм;

$\delta_{\delta}$ , - погрешность базирования заготовки на сверлильном станке, мм (табл. 7).

Таблица 7

Зависимость  $\delta_{\Pi}$  и  $\delta_{\delta}$  от класса плотности печатного монтажа

Обозначение коэффициента	Класс плотности печатного монтажа			
	1-2	3	4 - 5	
	Значение $\delta_{\Pi}$ и $\delta_{\delta}$ ,			
$\delta_{\Pi}$	±0,05	±0,03	±0,02	±0,015
$\delta_{\delta}$ ,	±0,03	±0,02	±0,01	

4.2.4. Исходя из значений  $\Delta d$  и  $\delta_o$ , выбрать технологическое оборудование для сверления отверстий и назначить режимы резания (табл. 8).

## Характеристика инструментов и режимов резания

Материал	Тип сверла	Материал сверла	Стойкость сверла, мин	Подача, мм / об	Скорость резания м/мин
Стекло-текстолит	Спиральное	P9, P18	12-30	0,05 0,1	100-200
	Перовое	BK6M, BK8M	100-150		50-100
Гетинакс	Спиральное	P9, P18	12-30	0,1 0,15	30-35
	Перовое	BK6M, BK8M	100 - 200	0,05 0,1	50-100

4.2.5. Выбрать оборудование для получения чистового контура ПП /3/.

### 4.3. Вопросы для самопроверки

1. Какие методы применяются для образования базовых, переходных и монтажных отверстий?
2. Какие методы применяются для получения чистового контура ПП?
3. Назовите типы свёрл и материал, из которого они изготавливаются
4. Как влияет режим резания диэлектрика на качество поверхности отверстия?
5. Назовите основные технические характеристики сверлильных станков.



## 5. ЗАНЯТИЕ ЧЕТВЕРТОЕ

### ТЕМА: «ФОРМИРОВАНИЕ РИСУНКА СХЕМЫ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ»

#### 5.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

Изучить следующие вопросы:

- методы формирования рисунка ПП;
- материалы для получения рисунка и их основные характеристики;
- технологическое оборудование для получения рисунка.

Литература: /1, с. 325 - 342; 5, с! 232 -233, с. 252 -254, с. 258 -264/.

#### 5.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

Выбрать материал для получения защитной маски. Определить последовательность выполнения операций. Назначить технологические режимы. Выбрать технологическое оборудование.

Материал для получения защитной маски выбирают с учётом:

- метода изготовления ПП;
- плотности печатного монтажа;
- стоимости резистивных материалов, содержания ТП получения рисунка ПП и целесообразности автоматизации этого процесса.

Основываясь на вышеуказанных условиях, выбирают определённый тип трафаретной краски, либо фоторезиста жидкого или сухого плёночного, либо предусматривают сочетание использования полимерного материала и металлорезиста.

Из жидких фоторезистов наиболее часто используется фоторезист на основе поливинилового спирта следующего состава:

поливиниловый спирт	100 ± 20 г/л;
двухромовокислый аммоний	10-12г/л;
этиловый спирт	30 мл/л;
некаль (смачиватель)	2 - 5 г/л;
дистиллированная вода	до 1000 мл.

В случае применения этого фортрезиста рисунок схемы получают в ходе выполнения следующих операций.

1.Нанесение на влажные заготовки двух слоёв светочувствительной эмульсии.

После нанесения первичного слоя заготовки выдерживают в сушильном шкафу при температуре от 35 до 40 °С в течение 25 - 30 мин. Наносят второй слой эмульсии и подсушивают его по указанному температурному режиму.

## 2. Копирование изображения.

Для копирования изображения совмещают фотошаблон с заготовкой ПП, причём так, чтобы эмульсионный слой контактировал со слоем фотоматериала на фотошаблоне. После этого заготовку помещают в копировальную рамку, обеспечивают плотное прилегание фотошаблона к заготовке путём вакуумирования и производят экспонирование. Время экспонирования подбирается по результатам копирования изображения на опытной партии. В зоне экспонирования не допускается повышение температуры выше 35 °С во избежание усадки фотошаблона и теплового задубливания фоторезиста.

## 3. Проявление изображения.

Заготовки помещают в ванну с тёплой водой ( $40 \pm 2$  °С) на 40 - 60 с, а затем их промывают под душем, слегка протирают поверхность со слоем фоторезиста поролоном.

4. Окрашивание изображения в растворе метилвиолета (4 г/л) при комнатной температуре в течение 30 с.

## 5. Промывка заготовок тёплой водой.

Промывка производится под душем с помощью поролоновой губки. Режим: -  $40 \pm 2$  °С, время - 20 - 30 с.

Наличие окрашенных участков на пробельных местах свидетельствует о недостаточном проявлении фоторезиста, поэтому операцию проявления повторяют и снова окрашивают изображение в растворе метилвиолета.

При отсутствии фоторезиста на пробельных участках заготовки промывают холодной водой в течение 1 мин. и выполняют операции по повышению химической стойкости фоторезиста.

## 6. Дубление фоторезиста в растворе:

хромовый ангидрид \_ 5 г/л; дистиллированная вода дБ 1000 мл.

Режим: температура от 18 до 2° С; время - до 15 мин.

7. Промывка заготовок под душем в течение 1 мин. до полного удаления следов хромового ангидрида.

## 8. Сушка заготовок.

Сушка производится сначала при комнатной температуре в течение 30 - 40 мин, а затем в сушильном шкафу до полного высыхания при температуре  $40 \pm 2$  °С в течение 30 - 40 мин.

## 9. Тепловое дубление фоторезиста.

Режим: температура -  $110 \pm 5$  °С, время - 1ч.

В условиях серийного и массового производства операции проявления, окрашивания и химического дублирования производят в конвейерных модульных установках, в которых осуществляется струйная подача жидких сред на поверхность заготовок.

ТП получения рисунка схемы с использованием сухого плёночного фоторезиста (СПФ) имеют явные преимущества по сравнению с процессами, основанными на применении жидких фоторезистов. К ним относятся:

- исключаются операции окрашивания, дублирования и ретуширования;
- полученное изображение окрашено, что упрощает контроль качества проявления;
- исключается возможность загрязнения;
- обеспечивается защита отверстий от затекания фоторезиста и защита отверстий с металлизацией от попадания травильного раствора.

Существенным недостатком СПФ является их высокая стоимость.

### **5.3. Вопросы для самопроверки**

1. Какие материалы применяются для создания рисунка схемы ПП?
2. Материалы для получения защитной маски при сеточно-химическом методе изготовления ПП.
3. Какие реакции протекают в негативных фоторезистах под действием излучения?
4. Назовите типы жидких фоторезистов и приведите их характеристики.
5. Назовите типы сухих плёночных фоторезистов и приведите; их характеристика.
6. Какие существуют способы нанесения жидких фоторезистов на поверхность заготовки.
7. При применении каких фоторезистов достигается наибольшая разрешающая способность?
8. Какое технологическое оборудование используется для получения рисунка схемы.

## **6. ЗАНЯТИЕ ПЯТОЕ**

**ТЕМА: «ТРАВЛЕНИЕ МЕДИ НА ЗАГОТОВКАХ И ИХ  
МЕТАЛЛИЗАЦИЯ»**

### **6.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению**

Изучить следующие вопросы:

- растворы для травления меди;
- химическая металлизация;
- электрохимическая металлизация;
- оборудование для травления меди и металлизации. При подготовке домашнего задания особое внимание обратить на:
  - преимущества и недостатки используемых растворов для травления меди;
  - совместимость растворов и резистивных материалов;
  - способы регенерации отработанных растворов;
  - различие между разбавленными и концентрированными растворами химического меднения;
    - достоинства и недостатки рдзлчных электролитов. Литература: /1, с. 312-325, с. 342-345; 2, с. 83-156; 5, с. 252-258, с. 264-269/.

## **6.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению**

6.2.1. Выбрать раствор и технологическое оборудование для травления меди; назначить технологические режимы.

6.2.2. Выбрать раствор, электролит и технологическое оборудование для химической и электрохимической металлизации диэлектрика; назначить технологические режимы.

Работа по данному заданию проводится избирательно согласно схеме ТП изготовления ПП. По схеме ТП надо уточнить операции, в результате которых формируются печатные проводники, металлизированные монтажные и переходные отверстия. Помимо химического и электрохимического меднения, технологией может предусматриваться нанесение покрытия сплавом олово - свинец. Покрытие наносится на ПП для улучшения надёжности печатных проводников и металлизированных отверстий и в качестве защитного резиста перед травлением меди. Оловянно - свинцовый сплав выдерживает действие хромовой кислоты, хлоритов /цел очных металлов и персульфата аммония, применяющихся для травления меди. Металлорезист олово - свинец имеет пористую структуру, склонен к быстрому окислению, вследствие чего теряет способность к пайке. Кроме того, создаётся эффект нависания покрытия после травления меди. Эти недостатки устраняются в процессе оплавления покрытий олово - свинец. Оплавление производится инфракрасным излучением, жидким теплоносителем или разогретым газом. Независимо от способа оплавления ПП

предварительно покрывают флюсом, остатки которого должны быть удалены с поверхности ПП после термического воздействия.

При выборе технологического оборудования необходимо, как и в предыдущих случаях, учитывать серийность производства ПП.

### **6.3. Вопросы для самопроверки**

1. Назовите растворы для травления меди, их достоинства и недостатки.
2. Факторы, определяющие скорость травления меди.
3. Совместимость растворов и резистов.
4. Какой раствор применяют для травления меди при комбинированном позитивном методе изготовления ПП?
5. Как можно уменьшить величину бокового подтравливания меди?
6. Вещества для химической и электрохимической металлизации.
7. Технологические режимы при электрохимической металлизации.
8. Дайте определение рассеивающей способности электролита.
9. Перечислите основные факторы, определяющие качество металлизации.
10. Основные методы регенерации отработанных травильных растворов.

## 7. ЗАНЯТИЕ ШЕСТОЕ

### ТЕМА: «ТЕХНОЛОГИЯ ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЙ»

#### 7.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению

Ознакомиться с особенностями выполнения финишных операций:

- удаление защитных красок и фоторезистов с поверхности заготовок;
- лужение печатных проводников;
- маркирование, консервация и упаковка ПП.

Литература: /1, с. 352-353, с. 387-390; 5, с. 258-261/

#### 7.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

Разработать технологию финишных операций.

Удаление защитной маски с поверхности печатных проводников или с пробельных участков может быть произведено механическим или химическим способом. Механическое удаление защитной маски осуществляется гидроабразивной пульпой, подаваемой под давлением на поверхность заготовки. Химический способ заключается в использовании растворителей красок и полимерных резистов. За операцией удаления защитной маски обязательно следует операция отмыкания, а затем сушки, если защитное покрытие разрушается механическим воздействием или растворами, вызывающими коррозию металлических элементов ПП.

Лужение, как способ обеспечения хорошей паяемости, применяется в ТП, не предусматривающих создания защитной маски из сплава олово-свинец электрохимическим осаждением. Для разработки технологии горячего лужения можно воспользоваться пособием /5, с. 57-59/, в котором изложены возможные варианты нанесения покрытия сплава олово-свинец.

Маркирование изделий является неотъемлемой операцией процесса изготовления РЭС. Маркировочное обозначение содержит такую информацию: товарный знак предприятия, обозначение ПП, заводской номер, дату изготовления, монтажные знаки и символы, облегчающие сборку изделия и ремонтные работы при эксплуатации. В практике известны более 20 методов маркирования /6/: маркирование металлическими символами, получаемыми одновременно с печатными проводниками, трафаретная печать, лазерное маркирование, электрокаплеструйное маркирование и др. Наиболее простыми и доступными являются первые два метода. Для маркирования методом

трафаретной печати применяется то же оборудование, что и при сеточном способе образования рисунка схемы.

Маркировочное обозначение может быть выполнено красками серии ТНПФ, серии МКЭС-2 и др. Красками ТНПФ маркируют изделия, эксплуатируемые в условиях 01, Т1, ХЛ1, УХЛ1, У1.

Режимы сушки красок серии ТНПФ представлены в табл. 9.

Спирто-бензостойкость маркировочного обозначения достигается при сушке только по последнему режиму.

Красками серии МКЭС-2 маркировочные обозначения наносятся на изделия, работающие в условиях В2, 02, 0М2, Т2, ХЛ1, УХЛ1, У1. Сушка маркировочных обозначений производится при температуре  $100 \pm 10$  °С в течение 1 ч. Маркировочные обозначения спирто-бензостойки,

механически прочны, устойчивы к периодическому воздействию воды.

Таблица 9

Режим сушки красок серии ТНПФ

Температура, °С	$23 \pm 5$	$70 \pm 10$	$140 \pm 10$
Время, ч.	8	4	2,5

Консервацию ПП производят спирто-канифольным флюсом. По согласованию с предприятием-потребителем допускается консервирующие покрытия не наносить.

Упаковка может быть индивидуальной и групповой. Она должна исключать возможность механических повреждений ПП при транспортировании и попадание пыли, влаги и других загрязнений на их поверхность. Для упаковки используют полиэтиленовые пакеты, а также конденсаторную или кабельную бумагу и другие материалы.

### 7.3. Вопросы для самопроверки

1. Способы удаления защитной маски с поверхности заготовки.
2. С какой целью осуществляется лужение металлических элементов ПП?
3. Промышленные методы маркирования.
4. Примерные технологические режимы сушки маркировочных красок.

## **8. ЗАНЯТИЕ СЕДЬМОЕ**

### **ТЕМА: «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ»**

#### **8.1. Домашнее задание и методические указания по его выполнению**

Ознакомиться с технологией операционного и выходного контроля.

Литература: /1, с. 379-390; 2, с. 311-355; 4, с. 138 - 148; 5, с. 279-283/

#### **8.2. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению**

Разработать технологию операционного и выходного контроля, характерную для применяемого метода изготовления ПП.

Для обеспечения качества изготовления ПП предусматривают, в основном, следующие виды операционного и выходного контроля:

1. Контроль качества подготовки поверхности фольгированных и нефольгированных диэлектриков.

Контроль качества подготовки металлизированных поверхностей оценивают по полноте смачивания их водой. Качественно подготовленные поверхности должны полностью смачиваться водой без участков непокрытия, проявляющихся при наличии на поверхности жирных и масляных загрязнений.

Качество подготовки диэлектрических поверхностей проверяют:

- микроскопическими измерениями микронеровностей с помощью обычных или металлографических микроскопов;
- проведением пробной металлизации и оценкой прочности сцепления образованной металлической плёнки с диэлектриком;
- • измерением сопротивления изоляции после пребывания заготовки в камере влажности.

2. Контроль геометрических параметров.

Габаритные размеры заготовок и размеры базовых отверстий, получаемых штамповкой, не контролируются, так как они обеспечиваются аттестованной технологической оснасткой.

Габаритные размеры заготовок, получаемые на роликовых и гильотинных ножницах, следует контролировать выборочно (3-5 % заготовок от партии, но не менее 5 штук). Контроль осуществляется металлической измерительной линейкой или штангенциркулем.

Толщина ПП, диаметры отверстий, расстояние между их центрами, расстояние между проводниками, ширина проводников также контролируются инструментами измерения линейных размеров. Размеры отверстий и предельные отклонения их центров от узлов координатной сетки после операции сверления следует проверять выборочно на 3 - 5 % заготовках от



партии, но не менее чем на 5 штуках, на каждой плате следует проверить 10 - 15 отверстий. Для контроля' размеров отверстий используются двусторонние калибры - пробки со вставками. Предельное ; Отклонение центров отверстий относительно узлов координатной сетки проверяют с помощью эталонной сетки - шаблона. При контроле ПП совмещают с сеткой-шаблоном по фиксирующим отверстиям. Фактическое смещение отверстий измеряют микроскопом.

Измерение ширины проводников, зазоров между ними проводят между средними линиями неровностей края. Максимальные и минимальные значения размеров проводников и зазоров, соответствующие выступам и впадинам неровностей края в допуск на ширину проводника не входят.

Контроль параметра шероховатости поверхности медной фольги после механической зачистки заготовок проверяют выборочно на 2 % заготовок от партии, но не менее чем на 2 штуках. Параметр шероховатости должен быть от 2,5 до 0,2 мкм.

### 3. Контроль внешнего вида.

Контроль внешнего вида заготовок и ПП следует проводить визуальным осмотром невооружённым глазом, с помощью микроскопов, телевизионных установок. Диэлектрическое основание должно быть однородным, без внутренних расслоений и посторонних включений. Элементы печатного монтажа не должны иметь рваных краёв, вздутий, отслоений, разрывов, резко выраженных тёмных пятен и загрязнений. Контактные площадки должны полностью охватывать металлизированные отверстия.

### 4. Контроль металлизации.

Важным условием качественной химической и электрохимической металлизации является равномерность толщины слоя меди на поверхности проводников и в отверстиях. Помимо толщины металлизации важно осуществлять контроль пористости покрытий.

Для контроля толщины покрытий применяют разнообразные методы, основные из которых следующие:

-измерение толщины металлизации индикаторной головкой с ценой её деления 0,001 мм или двойным микроскопом;

-измерение толщины и качества покрытий по микрошлифам;

-измерения толщины покрытий методом вихревых

токов;

-измерения толщины покрытия по электрическому сопротивлению.

Контроль по микрошлифам позволяет с высокой достоверностью - определить толщину и пористость металлизации, выявить дефекты срачивания металлизации с контактной площадкой.

Метод вихревых токов эффективен при определении толщины металлизации в отверстиях.

Для измерения электрического сопротивления покрытия применяется метод четырехзондового контактирования.

#### 5. Контроль качества защитных масок.

Качество защитных масок определяется визуально на соответствие чертежу. Защитная маска должна быть сплошной, ровной, без вздутий, расслоений и пузырей.

#### 6. Контроль состояния поверхности ПП.

Состояние поверхности ПП в значительной степени определяет их электрические характеристики и коррозионную стойкость. Обладая повышенной влагопоглощаемостью, диэлектрические материалы в процессе химической и электрохимической обработки загрязняются веществами, ухудшающими электроизоляционные характеристики и способствующими развитию коррозионных процессов во время эксплуатации ПП. Поэтому очистка ПП от загрязнений является важным процессом, который требует особого внимания и применения специальных методов контроля состояний поверхности.

Самым простым методом контроля качества очистки поверхности ПП является проверка сопротивления изоляции между соседними проводниками в камере влажности. О качестве очистки поверхности ПП от загрязнений можно однозначно судить по измерению сопротивления деионизированной воды после отмытки в ней ПП. При наличии на поверхности ПП загрязняющих примесей проводимость между проводниками и проводимость деионизированной воды увеличивается вследствие того, что примеси диссоциируют в воде. Значение проводимости и в том и другом случае определяется степенью загрязнения поверхности ПП и временем выдержки ПП в камере влажности или временем промывки ПП в деионизированной воде; Для разных типов ПП время выдержки в камере влажности (в деионизированной воде) составляет от 0,25 до 1 ч. Следует иметь в виду, что в процессе измерения проводимости неизбежны электрохимические процессы. Поэтому для измерения проводимости следует применять приборы с низким измерительным напряжением и ограничивать до минимума время измерения.

Чувствительным методом контроля загрязнений является определение остатков травящих растворов (ионов меди и железа) с помощью реактивной бумаги. Бумага покрывается слоем желатина и обрабатывается растворами, придающими ей чувствительность к ионам меди и железа. Подготовленную

бумагу прижимают желатиновой стороной к контролируемой поверхности. Для прижатия бумаги используют эластичную прокладку. Бумагу выдерживают на ПП 5 мин. при давлении от 0,15 до 0,3 кгс/мм<sup>2</sup>.

Ионы железа выявляются синим окрашиванием бумаги, а ионы меди - красно-коричневым. Чувствительность данного метода к загрязнению ионами меди и железа около 0,0001 мкг/мм<sup>2</sup>.

Эффективными методами контроля состояния поверхности являются микрорентгеноспектральный анализ и сканирующая электронная микроскопия. Данные методы позволяют выявить на поверхности диэлектрика следы металлов, состояние поверхности после операции набухания адгезрва, операции активации, гидроабразивной обработки.

#### 7. Контроль электрических соединений в ПП.

Контроль электрических соединений предусматривает:

- выявление разрывов печатных проводников и отсутствие контактов между проводниками и металлизированными отверстиями;
- определение потенциально ненадёжных участков и соединений;
- выявление замыкания печатных проводников из-за нарушения технологии.

Для этого используют контроль электрических цепей по омическому сопротивлению и определяют устойчивость проводников и металлизированных отверстий к кратковременной токовой нагрузке.

### 8.3. Вопросы для самопроверки

1. Методы контроля качества подготовки поверхностей.
2. Контроль геометрических параметров заготовок и ПП.
3. Контроль параметра шероховатости поверхности медной фольги.
4. Методы контроля металлизации.
5. Изложите методику определения пористости покрытия.
6. Как приготавливают микрошлифы?
7. Методы контроля состояния поверхности.
8. С какой целью применяют метод кратковременной токовой нагрузки?

## 9. 9. ЗАНЯТИЕ ВОСЬМОЕ

### ТЕМА: «ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ»

#### 9.1. Аудиторное задание и методические указания по его выполнению

В соответствии с проделанной ранее работой на предыдущих занятиях произвести оформление технологической документации. Документация оформляется на технологических картах.

Заполнение маршрутно-операционных карт (МК/ОК) на ТП производится в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 3.111-82. Для оформления первого или заглавного листа документа используется форма 4, представленная на рисунке, для последующих листов - форма 3б.

В МК/ОК указывается наименование и порядок выполнения технологических операций, оборудование, на котором они выполняются, указывается также содержание и последовательность выполнения технологических переходов, технологическая оснастка, приспособления, инструмент, и технологические режимы для выполнения отдельных видов работ.

ГОСТ 3.111-82 Форма 4

В	Цех	Уч.	Рм	Опер.	Код, наименование операции						
Г	Обозначение документа										
Д	Код, наименование оборудования										
Е	См	Проф	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тиз	Тшт.
Д/М	Наименование детали, сб. единицы или оборудования										
Н/М	Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. рсх.
1	2	3	4	5	6						
В01											
Г02	7										
Д03	8										
Е04							9		10	11	
Г05	12										
Н06	13										
О07											
Т08											
Р09											
41											
МК/ОК											

Фрагмент формы 4 по ГОСТ 3.111-82

При изложении ТП в МК/ОК используют способ построчного заполнения информации, которую вносят несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещенной в графах данного типа строки соответствующей формы документа.

При заполнении документа простановка служебных символов является обязательной и допускается их отсутствие на последующих строках при переносе информации. В качестве обозначения служебных символов приняты прописные буквы русского алфавита, поставленные перед номером соответствующей строки, например, В01, Т12 и т. д.

Указание соответствующих служебных символов для типов строк, в зависимости от размещенного состава информации в графах МК/ОК следует выполнять в соответствии с табл. 10.

Таблица 10

Обозначение служебных символов и состав информации

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
В	Номер цеха, участка, где выполняется операция, номер операции, код и наименование операции,
Г	Обозначение документов, применяемых при выполнении данной операции
Д	Код оборудования по классификатору (каталогу), полное наименование
Е	Информация по трудозатратам
Л	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции
н	Информация по комплектации изделия составными частями с указанием обозначения подразделений, откуда поступают комплектующие
О	Содержание перехода
Т	Код и наименование технологической оснастки и инструмента, применяемых при выполнении технологического перехода
р	Технологический режим выполнения перехода

При заполнении информации на строках, имеющих служебные символы В, Г, Д, Е, Н, Л следует руководствоваться , правилом по заполнению

соответствующих граф, расположенных на этих строках. Графы форм 4 и 36 следует заполнять в соответствии с табл. 11.

Таблица 11

Заполнение граф форм 4 и 36

Номер графы формы	Наименование графы	Служебный символ	Содержание информации
1	2	3	4
1	-	-	Обозначение служебного символа и порядковый номер строки, например, ВО 1, Д04
2	Цех	В	Номер цеха, в котором выполняется операция.
3	Уч.	В	Номер участка, конвейера, поточной линии и т.д.
4	РМ	в	Номер рабочего места
5	Опер.	в	Номер операции (процесса) в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия
6	Код, наименование операции	в	Код операции по технологическому классификатору, наименование операции
7	Обозначение документа	г	Обозначение документов, инструкции по охране труда, применяемые при выполнении данной операции
8	Код, наименование оборудования	д	Код оборудования по классификатору, краткое наименование оборудования
4	РМ	в	Номер рабочего места
9	ОП	Е	Объем производственной партии в штуках
10	ТПЗ	Е	Норма подготовительно-заключительного времени на операцию
11	тшт	Е	Норма штучного времени на операцию
12	Наименование детали, сб. единицы или материала	Л	Наименование деталей, сборочных единиц или материалов, применяемых при выполнении операции
13	Обозначение, код	Н	Обозначение деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материалов по классификатору

Запись информации на строке, отмеченной служебным символом Г, Д, О, Т Р следует выполнять по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки, на которых в этом случае служебные символы уже не проставляются. Разделение информации по каждому средству технологического оснащения следует выполнять через знак «;».

Запись информации на строках, обозначенных служебным символом О, следует выполнять в технологической последовательности, при этом переходы нумеруются, номер перехода проставляется арабскими цифрами в начале строки. При заполнении информации на строке, имеющей служебный символ Т, следует перечислять, с указанием кодов, технологическую оснастку и инструмент, необходимые для выполнения перехода, записанного в предыдущей строке. При указании кодов необходимо руководствоваться требованиями соответствующих документов на кодирование технологической оснастки. Запись производится в следующей последовательности: приспособления, вспомогательный инструмент, -режущий инструмент слесарно-монтажный инструмент, специальный инструмент, средства измерения.

На строке со служебным символом Р указывается код, и технологический режим выполнения работы выше указанного перехода.

Последовательность заполнения информации для каждой операции по типам строк следующая: В, Г, Д, Е, Л, Н, О, ТУР. Сочетание О, Т, Р может повторяться в пределах одной операции. В случае отсутствия информации, строка с соответствующим служебным символом может отсутствовать, и записывается информация со следующим служебным символом. Например, если инструмент, оснастка или технологический режим не указываются для данного перехода, то строки со служебными символами Т, Р могут отсутствовать. В учебном проектировании строки Е, Л, Н и соответствующие им графы форм допускается не заполнять.

В начале ТП перед первой строкой, отмеченной служебным символом В, могут быть указаны коды и дополнительные технические требования, относящиеся ко всему ТП, запись производится по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки, при этом служебные символы на этих строках не проставляются.

Дополнительные технические требования могут быть указаны для каждой операции, запись располагается после соответствующей строки В и производится по всей длине строки с возможностью, при необходимости, переноса информации на последующие строки, при этом служебные символы на этих строках не проставляются.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пирогова, В.В. Проектирование и технология печатных плат [Текст]: учебник / В.В. Пирогова. М.: ФОРУМ: ИНФА- М, 2005. - 560с.
2. Медведев, А. Технология производства печатных плат [Текст]/ А. Медведев. - М.: Техносфера, 2005. - 360 с.
3. Донец, А.М. Технологическое оборудование для производства радиоэлектронных модулей [Текст] : учеб. пособие / А.М. Донец. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. - 128 с.
4. Донец, А.М. Проектирование конструкций и технологическая подготовка производства радиоэлектронных модулей [Текст]: учеб. пособие / А.М. Донец, С.А. Донец. - Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2007. - 221 с.
5. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры [Текст]: учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко и др.; под ред. А.П. Достанко, М.Ш. Чабдарова. - М.: Радио и связь, 1989. 624 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие методические указания.....	1
2. Занятие первое. Тема: «Анализ промышленной технологии и выбор метода изготовления печатных плат».....	2
3. Занятие второе. Тема: «Заготовительные операции и подготовка поверхности заготовок».....	6
4. Занятие третье. Тема: «Механическая обработка заготовок».....	12
5. Занятие четвертое. Тема: «Формирование рисунка схемы печатной платы».....	15
6. Занятие пятое. Тема: «Травление меди на заготовках и их металлизация».....	17
7. Занятие шестое. Тема: «Технология финишных операций».....	20
8. Занятие седьмое. Тема: «Технологический контроль».....	22
9. Занятие восьмое. Тема: «Оформление технологической окументации».....	26
Библиографический список.....	30

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям " Проектирование технологических процессов изготовления печатных плат» 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 формы обучения

Составитель

Антиликаторов Александр Борисович

В авторской редакции

Подписано к изданию 26.02.2015

Уч.- изд. л. 1,9

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