

Аннотация.

Методические указания предназначены для выпускников ГБПОУ МО «Серпуховский колледж» специальности 11.02.01 **Радиоаппаратостроение** для выполнения технологического раздела дипломных проектов, направленных на разработку и изготовление приборов и устройств, содержащих функциональные узлы, выполненные на печатных платах.

В методических указаниях изложен порядок разработки и содержание технологического раздела, рассмотрены специальные вопросы технологии изготовления печатных плат, а также вопросы сборки и монтажа узлов и устройства в целом.

ВВЕДЕНИЕ

Дипломный проект является выпускной квалификационной работой, завершающей обучение. Студент должен показать умение использовать полученные знания в различных областях, в том числе:

- в области практической технологии:
 - ✓ методов и приемов изготовления отдельных деталей, сборки и монтажа узлов, приборов и устройств.
 - ✓ оборудования, приспособлений, инструментов, применяемых в технологическом процессе.
 - ✓ режимов при обработке, сборке и монтаже.
- при теоретических исследованиях с применением различных расчетных характеристик;
- при прогнозировании качества устройства, его технологичности, точности, надежности, долговечности и пр.

1. Содержание технологического раздела.

1.1 Выбор объекта технологии.

Перед началом разработки технологической части дипломного проекта необходимо определиться с выбором объекта технологии. По согласованию с руководителем и консультантом в качестве объекта технологии выбирают:

- Весь прибор, если в состав конструкции входят не более 2-3 блоков (субблоков, функциональных узлов на печатных платах)
- Отдельный блок (субблок, функциональный узел на печатной плате), проходящий конструкторскую разработку в дипломном проекте.

1.2. Объем технологического раздела дипломного проекта.

Технологический раздел дипломного проекта состоит из пояснительной записки и 2-х листов формата А1 графического материала. Объем пояснительной записки зависит от степени детальности рассмотрения технологических вопросов дипломного проекта и составляет обычно 15-20 листов формата А4.

2. Содержание пояснительной записки.

В пояснительной записке должны быть рассмотрены следующие технологические вопросы:

- 1) Анализ технологичности конструкции устройства
- 2) Выбор методов изготовления деталей и узлов
- 3) Разработка технологической схемы сборки устройства
- 4) Разработка технологического процесса сборки и монтажа устройства

- 5) Назначение и расчет технологических режимов при сборке и монтаже устройства
- 6) Выбор (при необходимости – разработка) технологических приспособлений для сборки, монтажа, контроля, испытаний и т.п.

2.1. Анализ технологичности конструкции устройства.

Технологичной называют такую конструкцию, которая, отвечая всем требованиям по эксплуатации, обеспечивает её изготовление в конкретных условиях производства, с оптимальными затратами труда, времени и средств.

Целесообразной является отработка конструкции в процессе её проектирования.

Оценка технологичности конструкции ведется по 2-м направлениям – качественная и количественная оценка.

2.1.1 Качественная оценка.

Качественная оценка ведется по ряду показателей качества, которые выбирают по их значимости (оказывают наибольшее влияние) из следующего перечня:

- эксплуатационная пригодность
- надежность
- рациональность компоновки
- простота конструктивных решений узлов
- удобство монтажа и сборки
- возможность параллельной сборки
- возможность применения высокопроизводительных методов сборки и монтажа, вплоть до автоматизации
- ремонтпригодность и контролепригодность
- соблюдение требований промышленной эстетики
- соблюдение требований эргономики

При проведении качественной оценки необходимо обосновать выбранные утверждения.

Пример:

- ✓ Конструкция надежна, так как при оценке надежности в конструкторском разделе, величина вероятности безотказной работы составляет 0.98 на 1000 часов работы, что превышает допустимое значение.
- ✓ Важной качественной характеристикой является рациональность компоновки. В процессе компоновки прорабатываются структура прибора, его размеры, размер его узлов. Завершается процесс компоновки разработкой комплекса КД на устройство. Распределение элементов производят с учетом основных критериев: минимальная длина связей между элементами; размерность расположения элементов на плате.
- ✓ Ремонтпригодность. Изготавливаемое изделие должно быть приспособлено к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

- ✓ Контролепригодность. Свойство изделия, характеризующее его приспособленность к проведению контроля заданными средствами. Конкретные значения показателей контролепригодности как свойства изделия, устанавливаются КД данного устройства.
- ✓ Эргономичность. Приспособленность изделия для наиболее удобной и безопасной работы.

Число показателей качественной оценки должно быть не менее 3-ти.

2.1.2. Количественная оценка.

Количественная оценка состоит в определении комплексного показателя технологичности и сравнения его с нормативами для определенного типа устройств с учетом серийности.

Для каждого типа устройств определен состав базовых показателей, учитывающих конструктивные и технологические особенности оцениваемого блока. Их выбирают с учетом наибольшего влияния на технологичность. Состав базовых показателей для электронных блоков, последовательность показателей в соответствии с весовой значимостью приведены в таблице 1.

Таблица 1

Поряд- ряд- ковый Номер	Коэффициент	Расчетная формула	Весо- вая Функ- ция
1	$K_{имс}$ – использования микросхем и микросборок	$K_{имс} = H_{имс} / (H_{имс} + H_{эрэ})$	1,0
2	$K_{а.м.}$ – автоматизации и механизации монтажа	$K_{а.м.} = H_{а.м.} / H_{м}$	1,0
3	$K_{мпэрэ}$ - автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу	$K_{мпэрэ} = H_{мпэрэ} / (H_{имс} + H_{эрэ})$	0,75
4	$K_{м.к.н.}$ – автоматизации и механизации операций контроля и настройки параметров	$K_{м.к.н.} = H_{м.к.н.} / H_{к.н.}$	0,5
5	$K_{пов.эрэ}$ – повторяемости ЭРЭ	$K_{пов.эрэ} = 1 - H_{тэрэ} / (H_{имс} + H_{эрэ})$	0,31
6	$K_{п.эрэ}$ – применяемости ЭРЭ	$K_{п.эрэ} = 1 - H_{т.ор.эрэ} / H_{т.эрэ}$	0,187
7	$K_{ф}$ – прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф} = D_{пр} / D$	0,11

где:

$N_{имс}$ - число микросхем (МС) и микросборок (МСБ) в изделии

$N_{ЭРЭ}$ - число дискретных ЭРЭ

$N_{а.м.}$ – число монтажных соединений, которые можно осуществить автоматизированным и механизированным способом (есть принципиальная возможность применить групповые методы пайки, например, пайку волной припоя, то есть ЭРЭ имеют штырьковые выводы и установлены с одной стороны платы)

$N_{м.}$ – общее число монтажных соединений (количество паяльных точек, в том числе и объемного монтажа)

$N_{м.п.ЭРЭ}$ - число ЭРЭ и МС, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным способом, то есть с применением специальных приспособлений, к примеру, штампов гибки и обрезки выводов

$N_{м.к.н.}$ - число операций контроля и настройки, которые могут быть выполнены механизированным и автоматизированным способом (определяется по техпроцессу, с учетом того, что нельзя механизировать и автоматизировать только визуальный осмотр)

$N_{к.н.}$ – число операций контроля и настройки (общее количество операций контроля и настройки, включая и визуальный осмотр)

$N_{т.ЭРЭ}$ - число типоразмеров ЭРЭ и МС (количество типов ЭРЭ и МС, а в каждом типе - количество элементов разных размеров)

$N_{т.ор.ЭРЭ}$ – число типоразмеров оригинальных ЭРЭ и МС (оригинальные ЭРЭ разработаны специально для рассматриваемого устройства – намотаны индуктивности, сконструированы термосопротивления, микросхемы частного применения)

$D_{пр.}$ – число деталей, получаемых прогрессивными методами обработки (штамповкой, литьем под давлением, прессованием), то есть без образования стружки; стандартные крепежные детали – винты, гайки, шайбы, заклепки и т.п. в расчете не учитывать

D - общее число деталей (без нормализованного крепежа)

Технологичность устройства оценивается комплексным показателем, который определяется на основе базовых показателей:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где K_i – расчетные базовые показатели;

φ_i - весовая функция показателя;

n - число базовых показателей (семь).

Комплексный показатель технологичности сравнивают с нормативным, который устанавливается по ГОСТ 14.201 –84 в соответствии с серийностью выпуска:

Таблица 2

Опытный образец K_H	Установочная серия K_H	Серийное производство K_H
0,4 – 0,7	0,45 – 0,75	0,5 – 0,8

Если $K > K_H$, то конструкция технологична; при невыполнении неравенства необходимо проанализировать причины не технологичности конструкции (малая степень автоматизации и механизации производства, низкая степень интеграции применяемых устройств и т.д.) и откорректировать конструкцию.

Окончательный вывод о технологичности конструкции необходимо сделать на базе качественных и количественных оценок.

2.2. Выбор методов изготовления деталей.

В состав конструкции разрабатываемого устройства входят детали, изготовленные из различных материалов и различными методами.

2.2.1. Основные методы изготовления деталей.

- 1) Холодная листовая штамповка (вырубка, пробивка, гибка, вытяжка) - для деталей из плоских (листовых) заготовок толщиной:
 - не более 10 мм для металлов (деформируемые сплавы – сталь, цветные металлы);
 - не более 20 мм для неметаллов (стеклотекстолиты, гетинаксы, картон и т.п.).
- 2) Литье под давлением и прессование для деталей сложной формы из пластмасс.
- 3) Механическая обработка на металлорежущих станках некоторых деталей с высокими показателями точности и шероховатости поверхности.
- 4) Химико-гальванические методы изготовления печатного монтажа на печатных платах.

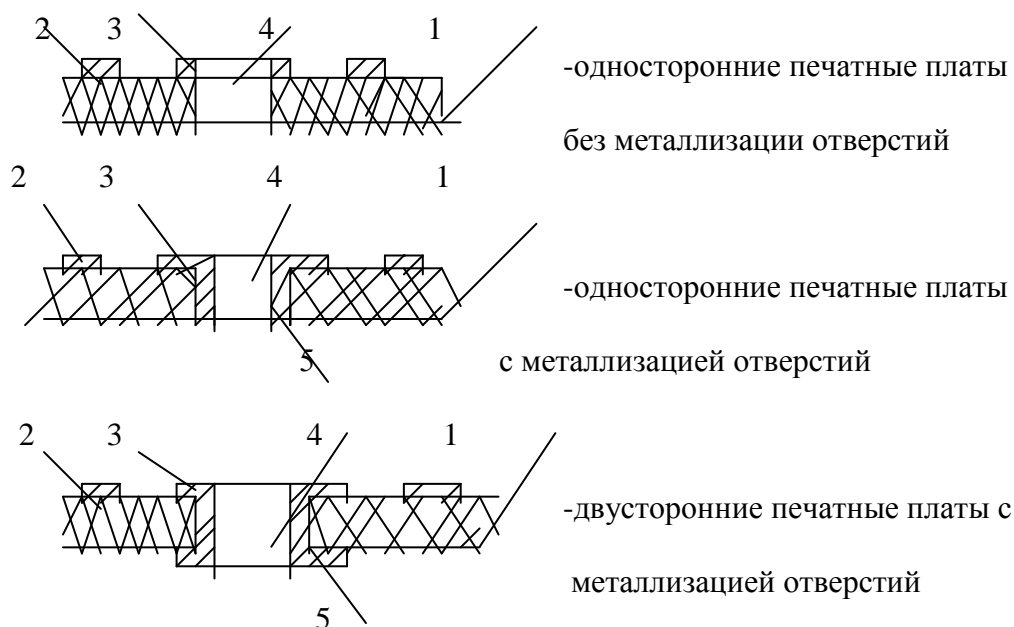
Так как основной деталью радиоэлектронного и радиотехнического оборудования является печатная плата, то рассмотрение методов её изготовления обязательно.

2.3. Технология производства печатных плат.

2.3.1. Конструктивно-технологическая характеристика печатных плат (печатные платы должны соответствовать ГОСТ 23752-79).

- ♦ Геометрическая форма – прямоугольная, другая форма – при необходимости, в технически обоснованных случаях
- ♦ Габаритные размеры – одна из сторон выбирается из конструктивного ряда: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240; вторая : из соотношения 1:1, 1:3, 2:3, 2:5
- ♦ Шаг координатной сетки – 2,5 мм – 1,25мм-0,625мм соответственно для 1, 2, 3 класса плотности печатного монтажа (ГОСТ 23751-86)

- ♦ Минимальная ширина проводников – 0,75мм – 0,45мм-0,25мм-0,15мм-0,1мм соответственно для 1, 2, 3, 4, 5 класса точности печатного монтажа (ГОСТ 23751-86).
- ♦ Монтажные отверстия должны иметь контактные площадки
- ♦ Минимальные расстояния между печатными проводниками, контактными площадками, проводниками и контактными площадками, проводниками и монтажными отверстиями – 0,5мм-0,25 мм-0,15мм соответственно для 1, 2, 3 класса плотности монтажа (ГОСТ 23751-86)
- ♦ Минимальное расстояние от края просверленного отверстия до края контактной площадки – 0,05мм – 0,035мм-0,025мм соответственно для 1, 2, 3 класса плотности монтажа (ГОСТ 23751-86)
- ♦ Центры монтажных отверстий должны располагаться в узлах координатной сетки
- ♦ Диаметры монтажных и переходных отверстий выбираются в зависимости от диаметра вывода навесного элемента из ряда: 0,4мм-0,6мм-0,8мм-1,0мм-1,3мм-1,5мм-1,8мм-2,0мм, причем на плате не должно быть более 3-х размеров металлизированных монтажных и переходных отверстий
- ♦ Разность диаметров монтажных отверстий и диаметров выводов элементов должна быть: 0,4 мм (для выводов диаметром 0,4мм, 0,6мм, 0,8 мм); 0,6 мм (для выводов диаметром 1,0мм, 1,2 мм, 1,5 мм, 1,7 мм); не более 0,2 мм (для автоматической сборки)
- ♦ Толщина печатной платы выбирается в зависимости от механических требований и метода изготовления из ряда: 0,8мм-1,0мм-1,5мм-2,0мм-2,5мм-3,0мм
- ♦ Типы конструкций печатных плат



- 1-диэлектрическое основание
2-печатный проводник
3-контактная площадка
4-монтажное отверстие
5-металлизации

2.3.2. Материалы печатных плат.

В качестве материала оснований используются:

1) диэлектрики из наполнителя и связующего вещества (связующее вещество – различные синтетические смолы)

Наполнители:

- Целлюлозная бумага – материал платы – ГЕТИНАКС
- Хлопчатобумажная ткань – материал платы – ТЕКСТОЛИТ
- Стеклоткань – материал платы – СТЕКЛОТЕКСТОЛИТ

2) керамика – пластины размером 20х10мм и 48х60мм (для СВЧ устройств)

3) металл с поверхностным диэлектрическим слоем (для плат с повышенной токовой нагрузкой)

В качестве материала проводников используется электротехническая медь (чистота 99,5%) в виде фольги, толщиной 35мм и 50мм, нанесенной на основание методом плакирования - прессованием при повышенной температуре (усилие отрыва фольги не менее 8 кг).

При выборе материала учитывают:

- метод получения печатной платы
- толщину печатных проводников
- требования к тепло и влагостойкости
- количество слоев
- количество перепаек
- стоимость

Таблица 2

Материал	Марка	Толщина фольги, мкм	Толщина материала с фольгой, мм	Область Применения
Гетинакс фольгированный	ГФ-1-35	35	1,5-2,0-2,5-3,0	ОПП ДПП
	ГФ-2-35	35		
	ГФ-1-50	50		
	ГФ-2-50	50		
Стеклотекстолит фольгированный	СФ-1-35	35	0,8-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0	ОПП ДПП
	СФ-2-35	35		
	СФ-1-50	50		
	СФ-2-50	50		
Стеклотекстолит	СТЭФ-1-2ЛК	-	1,0-1,5	ДПП (для полупроводниковой технологии)
Тонкий фольгированный диэлектрик	ФДМ-1А	35	0,25-0,35	ГПП
Гибкий фольгированный диэлектрик	ФДЛ	35; 50	0,06-0,07-0,1	ГПК
Стеклотекстолит фольгированный травящийся	ФТС-1-20А	20	0,08-0,15-0,18-0,27-0,50	МПП и ГПП
	ФТС-2-20А	20		
	ФТС-1-35А	35		
	ФТС-2-35А	35		
Стеклоткань прокладочная	СПТ-3	-	0,025-0,060	МПП 9

2.3.3. Методы изготовления печатных плат.

Чаще всего используют комбинированный позитивный и электрохимический методы изготовления ПП.

Электрохимический.

Сущность: анодное растворение меди и восстановление её на катоде.

Достоинства: управляемость процесса, высокая скорость процесса, простой состав электролита.

Недостатки: высокая стоимость оборудования, неравномерность удаления металла.

Травление

-это окислительно-восстановительный процесс, применяемый для удаления меди с непроводящих участков. Проводящий рисунок защищён краской, фоторезистом, сплавом олово - свинец и др.

Применяют травильный раствор на основе хлорного железа FeCl_3 или хлорной меди CuCl_2 , если защита - краска или фоторезист; персульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, если защита - сплав олово - свинец, перекись водорода, если защита - никель. Скорость травления 40 мкм/мин с последующим снижением до 5 мкм/мин. Среднее время процесса - 10 - 30 мин. Протравленные платы немедленно промывают проточной, горячей, холодной, затем сушат.

Комбинированные методы (позитивный и негативный).

Применение: двусторонние печатные платы (ДПП), гибкие печатные платы (ГПП).

Сущность: изготовление печатных плат из фольгированного диэлектрика с металлизацией отверстий химико-гальваническим способом.

Достоинства: насыщенный печатный монтаж, высокая точность.

Недостатки: процесс трудоёмкий.

Последовательность изготовления печатных плат.

Комбинированный позитивный метод.

(комбинированный - применяется и травление, и наращивание меди; позитивный - сверление отверстий по сплошной фольге, что предохраняет от срыва контактных площадок; травление - на завершающем этапе, т. е. сплошной слой фольги защищает поверхность диэлектрика от воздействия агрессивных растворов).

1. Нарезка заготовок.
2. Образование базовых отверстий.
3. Сверление монтажных отверстий и их очистка.
4. Сенсибилизация и активизация поверхности.
5. Химическое Меднение (5 - 8мкм.).

6. Создание защитного покрытия на будущих местах травления.
7. Гальваническое усиление меди (20-25мкм).
8. Гальваническое нанесение защитного слоя (олово - свинец, золото).
9. Удаление защитного рельефа.
10. Травление.
11. Создание неметаллизированных отверстий.
12. Обработка по контуру.
13. Маркировка.
14. Нанесение защитного покрытия.
15. Контроль.

Печатные платы изготавливают, преимущественно, комбинированным позитивным методом, основанном на применении двустороннего фольгированного диэлектрика.

Металлизацию проводят химико-гальваническим способом после предварительной химической металлизации. Осаждают медь и металлорезист, стойкий к травителям, в окна из защитной краски или фоторезиста, нанесенной на будущий рисунок схемы.

После удаления слоя защитной краски (фоторезиста) производится травление меди с пробельных мест, при этом наблюдается боковое подтравливание элементов схемы. Одновременно при использовании сеткографической краски происходит разрастание гальванически осажденной меди и металлорезиста, что уменьшает расстояние между проводниками.

При использовании сухого пленочного фоторезиста толщиной 40...60 мкм разрастания не происходит и сечение элементов проводящего рисунка оптимально.

3.Разработка технологических схем сборки устройства.

Для упрощения проектирования технологического процесса сборки составляют схемы сборочного состава и технологические схемы сборки. Схемы дают возможность определить взаимную связь между деталями и сборочными единицами, а также показывают последовательность проведения сборочных работ. Наибольшее распространение получили схемы сборочного состава веерного типа и технологические схемы сборки с базовой деталью.

3.1. Схемы сборочного состава.

3.1.1. Условные обозначения.

Каждую деталь и сборочную единицу представляют в виде прямоугольника с информационными полями:

- Наименование детали или сборочной единицы
- Номер позиции по спецификации сборочного чертежа
- Количество деталей или сборочных единиц, поступающих на сборку

№ поз.	Наименование
	Количество

Рис. 3.1. Условное изображение деталей и сборочных единиц на технологических схемах.

3.2. Схема сборки с базовой деталью.

Принципы построения.

1. Схема сборки начинается с базовой детали. В качестве базовой выбирают детали несущих конструкций: основание корпуса, каркас, печатная плата и т.п.
2. Базовая деталь соединяется с готовым изделием главной линией сборки.
3. К главной линии сборки присоединяются детали и сборочные единицы в порядке их введения в собираемую аппаратуру.
4. Точки соединений строго соответствуют месту присоединения.
5. В эту же точку подводят крепежные детали. Допускается вводить условное обозначение операций или обозначить операцию надписью.
6. В схему сборки (в разрыв линии сборки) может вводиться операция, не связанная непосредственно со сборкой – «Контроль», «Влагозащита» и т.п.
7. Если на сборку подается сборочная единица, то для неё по перечисленным правилам формируют вспомогательную линию сборки, которая начинается со своей базовой детали, а готовым изделием является рассматриваемая сборочная единица.

Схемы сборки являются моделью технологического процесса, позволяют наглядно представить разрабатываемый технологический процесс сборки и монтажа, выбрать оптимальную последовательность, выявить возможность параллельной сборки, учесть экономические показатели.

4.Разработка технологического процесса сборки и монтажа.

Разработка технологического процесса сборки и монтажа может производиться для сборочных единиц любого уровня сборки. Выбор конкретного сборочного узла - по согласованию с консультантом.

4.1. Выбор вида технологического процесса.

Перед началом разработки технологического процесса (ТП) необходимо выбрать вид ТП по следующей классификации:

1. По методу разработки и применению
 - единичные
 - типовые
2. По назначению
 - рабочие
 - перспективные
3. По степени детализации технологических документов

- маршрутные
- операционные
- маршрутно-операционные

Единичный ТП – ТП изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, применяется для типа производства от серийного до массового.

Типовой ТП – ТП изготовления изделий одной классификационной группы (одинаковой конструктивное оформление и требования по точности и качеству), применяется для единичного и мелкосерийного производства.

Рабочий ТП – ТП, выполняемый по рабочей технологической и конструкторской документации, опирается на производственную базу конкретного предприятия.

Перспективный ТП – ТП, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства которых ещё предстоит освоить.

Маршрутный ТП – ТП с последовательностью операций без содержания переходов и назначенных режимов, что выполняет рабочий высокой квалификации. Применение – единичное производство.

Операционный ТП – ТП, в котором содержание операций включает переходы и режимы, определяемые и назначаемые технологом. Применение – крупносерийное и массовое производство.

Маршрутно-операционный ТП – ТП, в котором содержание некоторых операций не содержит переходов и режимов, а выполняются эти операции чаще всего по типовым технологическим процессам или технологическим инструкциям. Применение – серийное производство.

При выборе вида технологического процесса необходимо помнить о том, что технологический процесс должен обеспечить точность, надежность и экономичность выпускаемой продукции.

4.2. Разработка последовательности технологических операций.

При разработке технологического процесса сборки и монтажа устройства необходимы следующие материалы: описание устройства, описание его служебного назначения, технические требования, технические условия, ГОСТы, ОСТы и т.п.

4.2.1. Порядок разработки ТП.

1. Разработка маршрутного технологического процесса.
2. Детальная разработка операций – разбиение на переходы, выбор и назначение приспособлений, инструментов, измерительных устройств т.п.
3. Назначение, выбор или расчет режимов
4. Определение методов и средств контроля
5. Оформление рабочей документации.

Маршрутный технологический процесс сборки и монтажа различных узлов приборов и радиоаппаратуры в целом строят на основе разработанных схем сборки. При разработке учитывают принятую дифференциацию (или концентрацию) операций (раздел 3) и тщательно и критически изучают материалы рабочего чертежа устройства, технических требований к устройству, технических условий, устанавливающих требования по эксплуатации, условиям хранения, транспортировки и т.п.

Структура ТП сборки и монтажа должна состоять из следующих уровней:

1-й уровень – предварительная механическая сборка, т.е.

- выполнение неразъемных соединений (конструкционная сварка, пайка, склейка)
- установка деталей крепежа (угольники, панели и т.п.)
- выполнение подвижных соединений.

2-й уровень – выполнение электрического монтажа, т.е.

- заготовительные операции (нарезка, зачистка, облуживание проводов, жгутов, кабелей)
- подготовительные операции (рихтовка, гибка, обрезка, лужение выводов навесных элементов, расконсервация печатных плат)
- сборка и монтаж функциональных узлов
- проверка параметров (настройка, регулировка) функциональных узлов
- защита от внешних воздействий
- технологическая тренировка

3-й уровень – общая сборка

- стыковка узлов в блоки
- общая сборка аппаратуры
- окончательная регулировка с закреплением регулирующих деталей
- установка кожухов, экранов.

Каждый уровень предусматривает необходимое и достаточное количество контрольных операций, а технологический процесс конкретной РЭА базируется на частных типовых технологических процессах (ТП).

Пример. Перечень операций технологического процесса сборки и монтажа функционального узла на печатной плате.

1. Входной контроль
2. Подготовка (ЭРЭ и платы)
3. Сборка и монтаж
4. Промывка
5. Сушка
6. Контроль
7. Защита от внешних воздействий
8. Технологическая тренировка
9. Регулировка
10. Контроль.

4.3.Обоснование выбора последовательности технологических операций.

Необходимость обоснования связана с нахождением устройства на определенном конструктивном уровне, и как следствие, с необходимостью проведения заготовительных, подготовительных операций, выбором тех или иных методов сборки и монтажа, выбором методов обеспечения заданной функциональной точности, геометрической точности, необходимости и ко-

личества контрольных операций, выбором методов и средств испытаний и т.д.

Входной контроль.

Наличие или отсутствие входного контроля связано с требованиями к точности выходных параметров, серийности производства. Чаще всего необходимость входного контроля определяется по экономическим показателям.

Заготовительные операции.

Заготовительные операции связаны с необходимостью заготовки проводов для изготовления жгутов, проводов, а также заготовки кабелей, так как провода и кабель подают на сборку, согласно сборочному чертежу, в виде бухт, поэтому требуется их нарезка, зачистка изоляции, скручивание (для многожильных проводов), лужение.

Подготовительные операции.

Подготовка необходима для печатной платы и ЭРЭ, поступающих на сборку. Печатная плата на сборку может подаваться с консервирующим покрытием флюсом, ЭРЭ – с выводами, требующими обрезки, гибки и лужения.

Подготовка к сборке заключается в промывке платы от консервирующего покрытия промывочной жидкостью (спирто-бензином для спирторастворимых флюсов) в ультразвуковой ванне с последующей сушкой на воздухе.

Выводы ЭРЭ при подготовке к сборке формуются, подрезаются с помощью ручного инструмента (кусачки, круглогубцы, плоскогубцы) или механизированно (в специальных штампах). Лужение выводов проводится для обеспечения качественной пайки при монтаже. Метод лужения выбирается окунанием в расплавленный припой ПОС-61 с предварительным флюсованием одним из бескислотных флюсов или паяльником мощностью не более 50 Вт.

Сборка и монтаж.

В производстве используются следующие схемы технологических процессов сборки и монтажа узлов на печатных платах:

- 1) Сборка узлов с ручной установкой ЭРЭ и индивидуальной пайкой паяльником. Применяется в единичном и мелкосерийном производстве. Существенным достоинством является возможность постоянного визуального контроля пайки, платы, ЭРЭ.
- 2) Сборка узлов с ручной установкой ЭРЭ и групповой пайкой методом «волны припоя». Применяется в единичном и серийном производстве. При пайке таким способом возможны непропаи (допускается не более 1% непропаев), которые устраняются при последующей ручной допайке.
- 3) Механизированная сборка узлов с помощью специальных держателей, вакуумных захватов или специальных сборочных столов, или автоматизированная сборка с помощью специальных технологических устройств – автоматизированных укладочных головок, автоматического модуля сборки. Методы монтажа – групповые методы пайки. Схема применяется в серийном и

массовом производстве и требует специальных автоматизированных станков с управлением от ЭВМ.

Возможность использования группового метода пайки «волной припоя» связана с особенностью конструирования узлов на печатных платах, то есть:

- ЭРЭ установлены с одной стороны платы (противоположной стороне пайки)
- ЭРЭ имеют штырьковые выводы
- конструкция ЭРЭ дает возможность зафиксировать их при сборке на печатной плате (подгибкой выводов, приклеиванием, установкой в специальном держателе)

Возможность использования средств автоматизации и механизации при сборке обусловлена компоновкой печатной платы:

- расположение корпусов ЭРЭ рядами, параллельными сторонам платы
- расстояние между корпусами не менее 2,5 мм (технологическая зона)
- минимальное количество типоразмеров ЭРЭ и т.п.

При выборе схем сборки учитывают тип производства, особенности конструкции платы и ЭРЭ, а также достоинства и недостатки указанных схем.

Промывка.

После пайки на поверхности печатной платы остается некоторое количество флюса и продуктов его разложения, которые вызывают коррозию контактных соединений, ухудшают диэлектрические характеристики основания платы, затрудняют проведение контрольных операций, поэтому необходимо предусмотреть очистку смонтированных плат в специально подобранных моющих средах с последующей сушкой.

Контроль.

Контрольные операции в процессе сборки назначаются в виде:

- входного контроля
- промежуточного контроля
- окончательного контроля.

Обоснование наличия входного контроля проведено ранее; промежуточный контроль включают после проведения операций монтажа, так как именно после этой операции формируется выходной сигнал функционального узла, но и возможны дефекты пайки, в том числе, скрытые. Однако при контроле они могут быть выявлены и вовремя устранены.

Контрольные операции включают визуальный контроль монтажа и функциональный контроль выходных параметров блока.

Путем внешнего осмотра проверяют монтажные провода и кабели, качество подготовки к монтажу ЭРЭ, отсутствие повреждений ЭРЭ и платы, качество пайки – отсутствие непропаев, пережогов, раковин, пор, посторонних включений и т.п.

Функциональный контроль проводят либо при помощи универсальной измерительной аппаратуры по монтажной схеме или с помощью системы автоматического контроля специальными диагностическими тестами.

Окончательный контроль проводится визуально путем осмотра изделия с целью выявления поверхностных дефектов и несоответствия изделия чертежу. Электрический контроль проводят в соответствии с программой контроля. Проверяется электрическая прочность и сопротивление изоляции, что позволяет не допустить выпуска негодных изделий или передать их на дальнейшую сборку.

Защита от внешних воздействий.

Радиоаппаратура эксплуатируется в различных климатических условиях, на надежность работы которой оказывают влияние такие параметры окружающей среды как температура, влажность, пыль, микроорганизмы, радиация.

Защита позволяет стабилизировать процессы, происходящие на поверхности или в объеме изделия, а, следовательно, и его параметры при изменении состава окружающей среды.

Вид защиты – пропитку, обволакивание, пассивацию выбирают, исходя из технических требований и требований технических условий, и проводят по типовым технологическим процессам.

Регулировка (настройка).

Регулировка (настройка) необходима для того, чтобы, не изменяя электрическую схему и конструкцию устройства, получить заданные параметры. Наличие регулируемых элементов (переменных резисторов, конденсаторов переменной емкости) требует организации процесса регулировки (настройки) по специально разработанной инструкции.

5. Оценка и расчет технологических режимов при сборке и монтаже.

Соблюдения режимов требуют следующие операции:

- Лужение выводов – температура припоя и время лужения
- Пайка ручная – температура паяльника и время пайки
- Пайка автоматическая – температура флюса и припоя, температура подогрева платы, ширина волны припоя, скорость движения ленты транспортера.
- Сушка после промывки – температура и время сушки
- Сушка после защиты от внешних воздействий – температура и время сушки промежуточных слоев; температура и время окончательной сушки.

Численное значение режимов зависит от выбранных технологических материалов, методов выполнения операций, особенностей конструкции узлов.

5.1. Выбор материалов.

5.1.1. Флюсы для пайки.

Назначение флюсов:

- Устраняют пленки окислов с поверхности металлов
- Улучшают смачиваемость металла припоем
- Устраняют жировые загрязнения
- Предохраняют от окисления поверхности металла и припоя в процессе пайки.

Требования к флюсам:

- Химическая активность в заданном интервале температур
- Термическая стабильность
- Минимально возможная температура активности
- Безопасность в работе
- Не вызывать коррозию металлов и припоев
- Длительность хранения
- Экономичность

Для получения контактных соединений в РЭА применяются низкотемпературные (температура плавления ниже 450°C) и бескислотные флюсы на основе канифоли (таблица 5.1).

Таблица 5.1.

Марка	Составляющие	Состав, %	Внешний вид	Область применения
А. В	Канифоль	100	Хрупкая стекловидная масса	Пайка и лужение деталей и проводников
КЭ	Канифоль Спирт этиловый	30-40 70-60	Жидкость светло-коричневого цвета	Пайка и лужение деталей и проводников
ФКСп ФКЭт	Канифоль Спирт этиловый	10-60 90-40	То же	Консервация в условиях хранения
ФКТ	Канифоль Спирт этиловый Тетрабромиддипсина	10-40 89,95-59,9 0,05-0,1	Жидкость коричневого цвета	Пайка и лужение деталей и проводников
ЛТИ-120	Канифоль Спирт этиловый Диэтиламин солянокислый Триэтаноламин	20-25 76-68 3-5 1-2	То же	То же при тщательной очистке
ФДГл	Глицерин Диэтиламин солянокислый	94-96 4-6	Бесцветная жидкость	Групповая пайка деталей

ЖЗ-1-АП	Цилиндровое масло Связка кремнийорганическая Кислота олеиновая Антиоксидант	79-81 16-17 1,8-4,9 0,1-).2	Жидкость коричневого цвета	Защита зеркала припоя от окисления в установках групповой пайки
---------	--	--------------------------------------	----------------------------	---

5.1.2. Припои для пайки и лужения.

Назначение припоев:

- Создание диффузионного соединения деталей при температуре меньшей температуры плавления соединяемых деталей
- Горячее облуживание

Требования к припоям:

- Температура плавления припоев не более 450 °С (низкотемпературные припои)
- Механическая прочность при кристаллизации
- Заданные электрические характеристики
- Антикоррозионные свойства
- Согласованный с соединяемыми металлами коэффициент теплового расширения
- Хорошая смачиваемость соединяемых металлов
- Быстрая кристаллизация
- Возможность дозирования (проволока, трубки с флюсами, таблетки, пасты и т.п.)
- экономичность

Основные марки припоев, их состав и назначение в таблице 5.2.

Марка	Составляющие	Состав, %	Паяемый металл	Температура пл. °С	Область применения
ПОС-40	Олово Свинец	40 60	Медь, никель и сплавы, олово и сплавы, серебро, золото	238	Пайка и лужение деталей, ЭРЭ и монтажных проводов, жгутов
ПОС-61	Олово Свинец	61 39	То же	183	То же
ПОСК 50-18	Олово Свинец Кадмий	50 32 18	То же	142	Пайка и лужение металлизированной керамики, конденсаторов, ЭРЭ, чувствительных к перегреву

Сплав Розе	Свинец Олово Висмут	25 25 50	То же	94	Пайка тонкостенных деталей, лужение печатных проводников
ПСр 2,5	Серебро Олово Свинец	2,5 5 92,5	Медь, никель и их сплавы, серебро, неметаллы с покрытием из серебра	295	Пайка и лужение деталей и ЭРЭ с серебряным покрытием.
ПОИн-52	Олово Индий	52 48	Медь, никель и сплавы, олово и сплавы, серебро, золото	120	Пайка и лужение металлизированной керамики, конденсаторов, ЭРЭ, чувствительных к перегреву

5.1.3. Жидкости для отмывки флюса.

Назначение.

- Очистка и отмывка паяных соединений от загрязнений (остатки флюсов, химические продукты флюсования)

Требования к жидкостям.

- Высокая растворяющая способность
- Не токсичность
- Пожаробезопасность
- Отсутствие влияния на элементы конструкции
- Экологическая безопасность

Выбор промывочной жидкости по таблице 5.3

Таблица 5.3

Марка флюса	Промывочная жидкость	Температура, °С	Время, мин	Способ применения
Канифоль А,В КЭ ФКСп ФКЭт ЛТИ-120 ФКТ	Смесь этилового спирта и бензина (9:1)	20	0,5-1,5 в каждой ванне	Последовательная промывка в трех ваннах (ванны могут быть в виде кюветы, а также ультразвуковые и вибрационные)
То же	Нефрас	20	0,5 в первой по 0,25 во второй и третьей	То же
ФДГл	Горячая	70	5-10	Струйная промывка с

	проточная вода			последующей промывкой щетками
ЖЗ-1-АП	Смесь этилового спирта и бензина (1:1)	20	1,5-2 в каждой ванне	Промывка в трех ваннах с помощью жесткой кисти или тампона.

Примечание. Промывка фреоном, несмотря на его высокую отмывающую способность, не допускается из-за его экологической безопасности.

5.1.4. Материалы для защиты функциональных узлов от внешних воздействий

Назначение.

- Защита от влаги, температуры, пыли, микроорганизмов, солнечной радиации.

Требования.

- Химическая чистота
- Адгезия
- Низкое значение влагопроницаемости
- Высокая нагревостойкость
- Невысокая вязкость
- Высокая текучесть
- Согласованность коэффициентов линейного расширения с материалами корпусов и выводов ЭРЭ
- Эластичность
- Не токсичность

Выбор материалов по таблице 5.4.

Таблица 5.4.

Марка	Наименование	Назначение	Режимы сушки	Метод нанесения
КЛ-835	Кремнийорганический лак	Пропитка катушек индуктивностей	130 ⁰ С-3 час	Пропитка, обволакивание (погружение и отвердевание)
УР-231	Специальный лак	Влагозащита печатных плат, гибких кабелей, ВЧ ячеек	60 ⁰ С- 4час 80 ⁰ С- 3 час. 100 ⁰ С-2 час	То же
ЭПК-5 ЭПК-6	Эпоксидный компаунд	То же	120 ⁰ С-3 час (предварительная выдержка на воздухе –1	То же

			час)	
ЭП-49С	Эпоксидный порошок	То же в жестких условиях эксплуатации (тропики)		Напыление в электростатическом поле
ПЭ-9	Пеноэпоксид	Защита блоков и узлов при повышенной механической нагрузке, в химически и биологически активных средах		Вспенивание

5.2. Расчет режимов.

5.2.1 Лужение погружением.

$$t_{\text{луж.}} = t_{\text{пл.}} + (20-70^{\circ}\text{C})$$

$t_{\text{луж.}}$ – температура лужения, $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{пл.}}$ - температура плавления припоя, $^{\circ}\text{C}$ (из таблицы 5.2)

Рассчитать интервал температур и обосновать выбор температуры лужения, учитывая наличие (или отсутствие) ЭРЭ, чувствительных к перегреву. Температура лужения должна иметь допуск не шире $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

Время лужения (T , с) не должно превышать 1-2 секунд для полупроводниковых ЭРЭ и 3-4 секунд для прочих ЭРЭ.

5.2.2. Пайка и лужение паяльником.

$$T_{\text{паяль}} = t_{\text{п.}} + (20 - 30^{\circ}\text{C})$$

$$t_{\text{п.}} = t_{\text{пл.}} + (20 - 70^{\circ}\text{C})$$

$t_{\text{паяль.}}$ – температура жала паяльника, $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{п.}}$ - температура пайки, $^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{пл.}}$ – температура плавления припоя, $^{\circ}\text{C}$ (из таблицы 5.2)

Рассчитать интервал температур жала паяльника и обосновать выбор температуры, учитывая наличие чувствительных к перегреву ЭРЭ.

Температуру нагрева жала паяльника выбирают такой, при которой припой быстро плавится, но не стекает с рабочей части жала паяльника, а флюс не сгорает мгновенно, а остается на жале в виде кипящих капель.

Температура жала паяльника устанавливается с допуском не шире $\pm 5^{\circ}\text{C}$ и должна контролироваться в процессе пайки (с помощью термопары) и при необходимости регулироваться. Можно применять паяльники со встроенной термопарой и системой автоматического регулирования температуры.

Время пайки ($T, ^\circ\text{C}$) не менее 2-3 секунд для полупроводниковых ЭРЭ и не менее 4-5 секунд для прочих ЭРЭ.

Для предотвращения перегрева применяют местные теплоотводы – пинцет с медными насадками на губках или специально сконструированные теплоотводы.

5.2.3. Пайка автоматическая.

Наибольшее распространение получила пайка волной припоя. Для этого вида автоматической пайки необходимо рассчитать:

- температуру пайки
- скорость движения ленты транспортера

назначить:

- температуру сушки флюса
- температуру предварительного нагрева платы.

Расчет температуры пайки:

$$t_{\text{п.}} = t_{\text{пл.}} + (40-80 ^\circ\text{C})$$

$t_{\text{п.}}$ – температура пайки

$t_{\text{пл.}}$ – температура плавления припоя (из таблицы 5.2.)

Расчет скорости движения ленты транспортера:

$$V_{\text{тр-ра}} = S/T, \text{ м/мин}$$

$V_{\text{тр-ра}}$ – скорость движения ленты транспортера, м/мин.

S – ширина волны припоя, м

T – фактическое время пайки вывода ЭРЭ, мин

Скорость движения ленты транспортера, с которой плата перемещается над волной припоя, обеспечивает необходимое время пайки. Поскольку время пайки одинаково для всех элементов, то оно устанавливается в границах, приемлемых для всех ЭРЭ.

Принимается фактическое время пайки $T=2,5 - 3$ секунды.

Ширина волны припоя устанавливается с учетом возможностей установок пайки волной припоя (таблица 5.5).

После расчета скорости движения ленты транспортера сверить полученное значение с возможностями установок пайки волной припоя (таблица 5.5).

Таблица 5.5

Характеристики установок пайки волной припоя

Показатели	АП-10, Россия	ТДС, США	Flowtinner, ФРГ	Teimi, Италия
Длина волны припоя, мм	230	255, 408, 610	100	280
Высота волны припоя, мм	15	28	12	15
Ширина волны припоя, мм	5-40	10-50	5-30	10-60
Направление волны	Двустороннее	Одностороннее	Двустороннее	Одностороннее
Флюсование	Волновое	Волновое или пенное	Волновое	Волновое
Скорость конвейера, м/мин	0,5....3,9	0....2	0,3	0,35..1,55
Масса припоя, кг	100	400	50	85
Время разогрева припоя, мин	120	180	95	120
Угол наклона, град	0	0...8	-	7

5.2.4. Сушка после промывки.

Температура и время сушки выбирается в зависимости от применяемого материала для промывки, наличия оборудования (термошкафы) для обеспечения температуры, наличия в составе узла ЭРЭ, чувствительных к повышенной температуре.

Обычно режимы сушки составляют:

- не более 15 минут при нормальной температуре (18-25⁰ С)
- не более 5 минут при температуре 40-60⁰ С

По применяемому лаку.

5.2.5. Сушка после нанесения защитных слоев.

Температуру и время сушки выбирают в соответствии с материалом, применяемом для защиты от внешних воздействий (таблица 5.4), учитывая наличие в составе узла элементов, чувствительных к повышенной температуре.

5.2.6. Механическая сборка.

При проведении механической сборки, в качестве режимов сборки при необходимости можно рассчитывать:

1. Для резьбовых соединений – крутящий момент, силу или (и) момент затяжки.
2. Для прессовых соединений – усилие запрессовки.
3. Для заклепочных соединений – усилие клепки.
4. Для клеевых соединений – усилие прижима склеиваемых деталей.

Расчетные формулы и справочные данные для расчета приведены в [5]. Указанные расчеты проводятся по согласованию с руководителем (консультантом) при наличии приспособлений, обеспечивающих такие режимы.

6. Выбор оборудования и технологической оснастки.

Средства технологического оснащения включают:

1. технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное)
2. технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля)
3. средства автоматизации и механизации производственных процессов

Технологическое оборудование – это орудия производства, в которых размещаются материалы, заготовки, средства воздействия на них и при необходимости источники энергии.

Примеры : прессы, литейные машины, металлообрабатывающие станки, испытательные и контрольные стенды, столы сборщика, монтажника, контролера, установки для пайки.

Технологическая оснастка – приспособления, инструменты, средства контроля, с помощью которых производятся действия над объектом производства.

Примеры : штампы, прессформы, приспособления для закрепления заготовок, деталей, узлов; приспособления для удобства сборки, монтажа и контроля; паяльники, круглогубцы, кусачки и пр.

Средства механизации – орудия производства, в которых ручной труд частично или полностью заменен машинным с сохранением участия человека управлением машинами.

Примеры: штампы для формовки и обрезки выводов ЭРЭ вместо набора ручных инструментов; отвертки с электрическим или механическим приводом; зондовые приборы контроля некоторых параметров и т.п.

Средства автоматизации – орудия производства, в которых функция управления передана машинам и приборам.

Примеры: технологические и транспортные промышленные роботы, токарные автоматы, станки с числовым программным управлением (ЧПУ), автоматические контрольно – измерительные устройства, поточные линии, сборочные автоматы, устройства транспортировки, удаления отходов и пр.

Выбор оборудования и технологической оснастки производят согласно операциям разработанного технологического процесса, опираясь на производственную базу реального предприятия, если техпроцесс рабочий, или на достижения науки и техники, которые еще предстоит освоить, если техпроцесс перспективный.

7. Оформление рабочей документации.

По результатам предыдущих разделов необходимо оформить документацию на технологический процесс.

7.1. Состав технологических документов.

Технологический процесс состоит из комплекта технологических документов, которые должны соответствовать Единой Системе Технологических документов (ЕСТД). ЕСТД – это свод государственных стандартов, в которых указаны правила оформления различных технологических документов.

Обязательными документами являются:

1. Титульный лист
2. Карта технических требований и требований техники безопасности (КТТБ).
3. Маршрутная карта (МК).

Кроме перечисленных документов техпроцесс может содержать:

- операционные карты (ОК)
- комплектовочные карты (КК)
- карты эскизов (КЭ)
- ведомость материалов (ВМ)
- ведомость оснастки (ВО)
- технологическая инструкция (ТИ)

Титульный лист – содержит наименование техпроцесса и узла (детали), ФИО разработчика и проверяющего, согласующие подписи.

КТТБ – содержит перечень требований техники безопасности и пожарной безопасности при проведении работ по ТП (или ссылки на соответствующие инструкции по видам работ), а также технические требования, общие для всего техпроцесса.

МК – описывает техпроцесс изготовления и контроля изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием оборудования.

ОК – описывает операцию по переходам с указанием технологической оснастки, режимов, норм времени.

КК – содержит перечень деталей и материалов, поступающих на каждую операцию.

КЭ – графическая иллюстрация техпроцесса (эскизы, графики, таблицы, схемы и т.п.)

ВМ – ведомость норм расхода материалов по операциям техпроцесса

ВО – перечень приспособлений и инструментов по операциям техпроцесса.

ТИ – описывает специфические приемы работ (например приготовление клея и т. п.), методику контроля, настройки, регулировки.

7.2. Правила оформления обязательных технологических документов.

7.2.1. Титульный лист .

Наименование технологического процесса, а также наименование детали (узла, прибора) указывают в центре листа надписью в виде:

Комплект документов
на технологический процесс сборки и монтажа
усилителя постоянного тока.

Поле титульного листа содержит информацию о разработчике (Ф.И.О. подпись, дата) и личная подпись. При необходимости на предприятиях техпроцесс утверждается (главным технологом) и согласовывается (с заказчиком).

7.2.2. КТТБ (ГОСТ 3. 1118-82)

КТТБ оформляется на маршрутных картах ГОСТ3. 1118-82 формы 1 (первый лист) и 1б (последующие листы) в виде пунктов требований по технике безопасности по видам работ и требований по пожарной безопасности по видам помещений. При оформлении карты допускается ссылаться на соответствующие инструкции, которые должны находиться на рабочих местах и в производственных помещениях.

В этой же карте указываются технические требования, относящиеся ко всему техпроцессу.

Пример.

1. Все работы проводить в соответствии с требованиями по технике безопасности инструкций для соответствующих профессий и видов работ.

1. При работе с легко воспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) строго соблюдать требования инструкции по пожарной безопасности.

.

5. При работе с ЭРЭ надеть на руку антистатический браслет.

6. Изделия и полуфабрикаты переносить только в технологической таре.

7. Перед началом работы проверять срок годности технологических материалов (припоя, флюса, клея, эмали и т.д.)

8. Проверять температуру паяльника не реже одного раза в полчаса и после каждого включения.

9. Работать только на аттестованном оборудовании и оснастке. Данные по аттестации должны быть указаны в паспортах.

10. При работе с ЭРЭ соблюдать требования отраслевых стандартов.

7.2.3. Маршрутная карта (ГОСТ3.1118-82)

Маршрутная карта оформляется по ГОСТ3.1118-82 на картах формы 1 (первый лист) и 1б (последующие листы). Карты содержат много информации в виде машинных кодов, что удобно использовать на предприятиях, имеющих специальную оргтехнику для разработки техпроцессов.

В учебных целях достаточно представить в карте следующую информацию:

1. Буквенная идентификация текста (для облегчения работы технолога, рабочего, автоматизации процесса разработки ТП):

А – номер и наименование операции

Б – оборудование

О – текст операции

Т – технологическая оснастка (приспособления, инструмент)

Р – режимы

2. Номера операций.

Операции нумеруются в виде машинных кодов – трехзначных чисел с интервалом 3 или 5: 003, 006, 009, 012 и т.д. или 005, 010, 015, 020 и т.д.

3. Наименование операций.

Наименование операций должно быть кратким, выражающим суть операции, чаще это существительное («Сборка», «Монтаж», «Промывка», «Сушка») или прилагательное («Подготовительная», «Контрольная», «Регулировочная», «Контрольная»).

4.Оборудование.

Наименование и марка оборудования указывается сразу после номера и наименования операции.

Наименование оборудования уточняется у преподавателя.

5.Текст операции.

Текст операции делят на переходы, которые нумеруются арабскими цифрами. Текст перехода начинают с глагола повелительного наклонения (получить, проверить, установить и т.п.) и указывают необходимые действия, которые необходимо осуществить.

1. Технологическая оснастка и режимы.

Технологическая оснастка и режимы указываются после тех переходов, где они необходимы.

Пример:

А/ Б	№ опер.	Наименование и содержание операции.
А	003	Комплектовочная
Б		Стеллаж
О		1. Скомплектовать ЭРЭ, детали по спецификации к сборочному чертежу и перечню элементов. 2.Проверить наличие отметки о входном контроле на ЭРЭ или в сопроводительной документации.
А	006	Проверочная
Б		Стол рабочего
О		1.Проверить на упаковке дату изготовления печатной платы. 2.Вскрыть пакет
Т		Ножницы
О		3.Проверить коробление платы – не более 2мм на 100 мм длины
Т		Контрольная плита, лекальная линейка, лупа ЛП-2,5 ^x ГОСТ 25706-83
А	009	Расконсервация
Б		Установка для ультразвуковой промывки
О		1.Удалить консервирующее покрытие путем промывки платы в спирто-бензиновой смеси (1:1) погружением в ванну ультразвуковой установки, руководствуясь инструкцией № 41-1 2.Сушить плату на воздухе
Т		Подставка для сушки

Р		Время Т=5 – 10 мин.
О		3. Уложить плату в тару
Т		Тара

Далее по разработанному техпроцессу.

После оформления всех карт, их компонуют, нумеруют листы (в нижнем правом углу) и подшивают к основной пояснительной записке в качестве приложения.

6. Для теоретического дипломного проекта.

В теоретическом дипломном проекте необходимо рассмотреть проблемы изготовления печатных узлов.

Например:

За последние годы в отечественной радиоэлектронной отрасли произошла серьёзная модернизация оборудования на производствах по монтажу электронных блоков, применяются современные технологии монтажа электронных компонентов, отечественные производители электронных компонентов расширяют номенклатуру выпускаемых изделий. При этом для большинства выпускаемых отечественных поверхностно монтируемых электронных компонентов отсутствуют конкретные указания по использованию современных методов монтажа на печатные платы. Как правило, в технических условиях (ТУ) нет указаний по монтажу электронных компонентов с использованием ставших уже стандартными технологиями групповой пайки оплавлением в конвекционных печах, а так же указаний по использованию различных методов отмывки и ограничениях с ними связанными.

Ряд производителей приводят только ссылку на ГОСТ РВ 20.39.412 без уточнений. Не все предлагаемые на рынке компоненты имеют упаковку для автоматизированного монтажа (ленты, пеналы, матричные поддоны), покрытия выводов не всегда позволяют производить качественную пайку в печах и т.д. Кроме того, поскольку современные методы автоматизированного монтажа предполагают использование достаточно агрессивных технологий отмывки, то зачастую не все отечественные материалы, используемые для защиты корпусов, совместимы с современными отмывочными материалами. Монтаж некоторых компонентов невозможно выполнить в принципе, поскольку отсутствует формовка выводов. Иными словами сложилась ситуация, когда отечественные производства, обладающие большими технологическими возможностями по монтажу электронных блоков, не имеют достаточной информации для использования отечественных электронных компонентов. Отечественная нормативная база так же в большинстве своём описывает устаревшие технологии монтажа электронных компонентов, не учитывая современные технологические возможности производств радиоэлектронной аппаратуры.

Для корпусирования сложных полупроводниковых микросхем, в особенности с большим количеством контактов ввода-вывода, широкую популярность в настоящее время приобрели BGA-компоненты. Основное конструктивное отличие их от традиционных электронных компонентов (ЭК) заключается в том, что выводы данных ЭК представляют собой матрицу шариков, размещенных

непосредственно под корпусом компонента. Такая конструкция обуславливает ряд существенных достоинств, среди которых можно выделить :

- Отсутствие подверженных изгибу выводов. Вызывает меньше проблем с копланарностью и необходимостью бережного обращения;
- Самоцентрирование. В процессе оплавления BGA-компоненты обладают эффектом самоцентрирования (до 50% смещения относительно диаметра КП);
- Шаг выводов больше, чем у QFP-компонентов (справедливо для PBGA) – проще осуществлять качественный монтаж;
- Лучшие термические и электрические характеристики по сравнению со многими QFP-компонентами;
- Одно- или многочиповое исполнение;
- Малый размер. Размер многих микроBGA-компонентов приближается к размеру кристалла;
- Большое количество и высокая плотность контактов ввода/вывода. Требуют меньшего размера знакоместа на печатной плате (ПП) из-за использования всей нижней поверхности корпуса;
- Низкопрофильность (для многих типов BGA-компонентов);
- Меньшее термическое сопротивление между корпусом и ПП по сравнению с выводными корпусами;
- Малая индуктивность выводов.

Литература:

1. <http://www.erkon-nn.ru/sovremennye-tehnologii-poverhnostnogo-montazha-dlya-otchestvennyh-rezistorov/>
2. <http://www.rcmgroup.ru/press/tech/article/standart-ipc-s-816-ru-kak-borotsja-s-defektami-poverkhnostn-2.html>
3. http://kbbweb.narod.ru/teoriya/smt_tehnology.htm
4. <http://www.global-smt.ru>