

Министерство образования и науки Российской Федерации
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

ПРАКТИКУМ

по дисциплинам
«Основы технологии РЭС», «Технология РЭС»,
«Технология поверхностного монтажа»,
«Технологические процессы и производства» и
«Технология ЭВС-2»

Министерство образования и науки Российской Федерации
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. РЭТЭМ

_____ В.И.Туев

«_____» _____ 2012 г.

ПРАКТИКУМ

по дисциплинам

«Основы технология РЭС», «Технология РЭС»,

«Технология поверхностного монтажа»,

«Технологические процессы и производства» и

«Технология ЭВС-2»

Составитель

доцент кафедры РЭТЭМ

_____ Христюков В.Г.

«_____» _____ 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА
- 2 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ РЭС
- 3 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРУДОЕМКОСТИ СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ РЭС
- 4 СХЕМА СБОРОЧНОГО СОСТАВА
- 5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СБОРКИ
- 6 ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ
- 7 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ
- 8 КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА КОМПОНЕНТОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА

Теоретические сведения

Характер технологического процесса (ТП) во многом зависит от типа производства, определяющего построение и степень детализации разработки технологических процессов. Различают: единичное, серийное (мелко-, средне- и крупносерийное) и массовое производства.

В условиях **единичного производства** на рабочих местах обрабатывают различные детали. Технологические операции при этом максимально концентрированы, выполняются квалифицированными рабочими с применением точного универсального оборудования.

При **серийном производстве** изделия выпускаются партиями. На рабочих местах выполняется несколько периодически повторяющихся операций. Характер построения ТП зависит от объема выпуска.

При **массовом производстве** на рабочем месте выполняется одна и та же операция. Используются высокопроизводительные специальные станки, автоматы, СТО и точные заготовки. ТП строятся по принципу непрерывного потока. Цикл изготовления минимальный, себестоимость продукции наименьшая по сравнению с другими типами производства.

Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций

$$K_{з.о} = O/P, \quad (1)$$

где O — количество операций ТП, подлежащих выполнению в течение месяца; P - число рабочих мест, необходимых для их выполнения,

$$P = \frac{N \sum_{i=1}^k T_{шт.i}}{60 \cdot k \cdot \Phi_{д}}, \quad (2)$$

где N - годовой объем выпуска; $\sum T_{шт.i}$ - трудоемкость изготовления изделия; $T_{шт.i}$ - норма штучного времени i -й операции; $\Phi_{д} = 2070$ ч - действительный годовой фонд рабочего времени; k - коэффициент выполнения норм времени. В серийном производстве объем выпуска определяет

темп выпуска:

$$t = 60\Phi_d / N \quad (3)$$

Целесообразно, чтобы длительность операций была равна или кратна t . Для массового производства $K_{3.0} = 1$, для крупносерийного $1 < K_{3.0} \leq 10$, для серийного $10 < K_{3.0} \leq 20$, для мелкосерийного $20 < K_{3.0} \leq 40$, для единичного $K_{3.0} > 40$ и верхний предел не регламентируется.

До разработки ТП реальное значение $K_{3.0}$ неизвестно. При определении типа производства учитывают либо заданную (плановую) трудоемкость, либо ориентировочную, оцененную на начальных стадиях проектирования ТП [1]. Тогда

$$K_{3.0} = O \cdot t / \sum T_{шт.i} = t / T_{шт.i} \quad (4)$$

где $T_{шт.i}$ - средняя норма штучного времени ($T_{шт.}$ определяющей операции данного ТП);
 t - темп выпуска.

Пример 1

Сборку изделия выполняют за 7 технологических операций, общая трудоемкость которых 9,88 мин. Объем выпуска изделий $N = 60000$ шт. в год. Определить тип производства.

Решение

При односменной работе и коэффициенте выполнения нормы $k = 1$ необходимое число рабочих мест:

$$P = N \cdot \sum T_{шт.i} / (60 \cdot k \cdot \Phi_d) = (60000 \cdot 9,88) / (60 \cdot 1 \cdot 2070) = 4,8 \approx 5$$

$$K_{3.0} = O/P = 7/5 = 1,4$$

Производство крупносерийное.

Пример 2

Деталь изготавливают штамповкой за одну операцию. Норма штучного времени $T_{шт} = 0,2$ мин. Определить тип производства при объеме выпуска $N = 50000$ шт. в год.

Решение

Такт выпуска деталей при односменной работе

$$t = 60\Phi_d / N = (60 \cdot 2070) / 50000 = 2,5 \text{ мин.}$$

$$K_{30} = t / T_{шт} = 2,5 / 0,2 = 12,5$$

Производство среднесерийное.

Пример 3

Колодка разъема изготавливается из термопласта АГ-4в. Объем выпуска $N = 60000$ шт. в год. Максимальный линейный размер детали $l_{\max} = 12$ мм. Определить тип производства при односменной работе.

Решение

Наиболее экономичный способ изготовления изделий из АГ-4в - литьевое прессование в стационарных многогнездных пресс-формах без арматуры. Предположим, что используется 6-гнездная пресс-форма.

Такт выпуска деталей

$$t = 60\Phi_d / N = (60 \cdot 2070) / 60000 = 2,07 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на операции прессования

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{орг} = T_o + T_v + k(T_o + T_v)$$

где T_o - основное технологическое время, равное выдержке материала в пресс-форме.

Из технологических справочников (см., например: Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы / Под ред. В.Л. Соломахо.- Мн.: Выш. шк., 1988.- 272 с.) для термопласта АГ-4в берем выдержку 1 мин на 1 мм толщины детали. Так как $l_{\max} = 12$ мм, $T_o = 12$ мин, то на одну деталь при шести гнездах: $T_o = 12/6 = 2$ мин;

T_v - вспомогательное время (загрузка загрузочной камеры пресс-материалом, включение и выключение давления, удаление детали, очистка пресс-формы, удаление литника и др.);

$T_{орг}$ - время организационного обслуживания рабочего места.

Из нормативно-технической документации: $T_v = 0,592$ мин; $T_{орг} = 7,5\% (T_o + T_v) = 2,79$ мин.

$$K_{30} = t / T_{шт} = 2,07 / 2,79 \approx 1$$

Производство массовое.

ЗАДАЧИ ДЛЯ АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Определить тип производства для вариантов технологических процессов, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта ТП	Объем выпуска, тыс. шт. в год	Трудоемкость из- готовления, мин	Кол-во опе- раций в ТП	Число смен	Коэффициент выполнения нормы	T _{шт} , мин
1	30	-	-	1	1.00	0,30
2	500	250	150	1	1.00	-
3	0,2	-	-	1	1.00	1,50
4	150	-	-	1	0,95	2,00
5	12	-	-	1	0,95	0,50
6	1000	120	17	2	0,95	-
7	0,8	35	54	2	1,05	-
8	1,2	40	80	2	1,05	-
9	500	180	12	2	1.00	-
10	5	3000	14	2	0,95	-
11	1000	3600	22	3	1.00	-
12	5	3600	23	3	1.00	-
13	150	250	70	2	1,05	-
14	200	-	-	1	1,20	14,00
15	50	190	90	3	0,95	-
16	80	-	-	3	0,95	1,50
17	750	-	-	1	1,05	20,00
18	270	1800	85	1	1,10	-
19	120	-	-	2	1.00	8,00
20	180	-	-	1	1.00	1,45
21	150	-	-	1	1,30	1,80
22	100	360	20	2	0,98	-
23	120	-	-	3	1.00	1,50
24	35	-	-	3	1.00	10,00
25	40	250	35	3	0,95	-
26	85	-	-	2	1.00	1,80
27	140	40	40	1	1,10	-
28	170	-	-	1	0,95	10,00
29	180	50	50	1	1.00	-
30	75	80	45	1	0,95	-

Действительный годовой фонд рабочего времени Φ_d равен:

при односменной работе - 2070 ч;

при двухсменной работе - 4140 ч;

при трехсменной работе - 6210 ч.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ РЭС

1. Теоретические сведения

Технологичность — совокупность свойств изделия, которые проявляются в оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия. Основными показателями технологичности в соответствии со стандартами Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) являются трудоемкость изготовления изделия, себестоимость технологическая, уровень технологичности по трудоемкости, уровень технологичности по себестоимости. К дополнительным техническим показателям технологичности относятся коэффициент унификации, коэффициент автоматизации и механизации.

Базовые показатели технологичности блоков РЭС установлены отраслевым стандартом ОСТ 4ГО.091.219-81 "Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА" для четырех основных групп блоков: электронные, радиотехнические, электромеханические, коммута-ционные. Для этих блоков определены 7 частных показателей технологичности, каждый из которых имеет свою весовую характеристику φ_i (таблица 1), которая зависит от порядкового номера частного показателя и рассчитывается по формуле 1

$$\varphi_i = i / 2^{i-1} \quad (1)$$

где i — порядковый номер ранжированной последовательности частных показателей.

На основании расчета всех показателей вычисляют комплексный показатель технологичности по формуле 2.

Таблица 1 - Весовые характеристики показателей

i	φ_i	i	φ_i
1	1,0	5	0,31
2	1,0	6	0,187
3	0,75	7	0,11
4	0,5		

$$K_k = \frac{\sum_{i=1}^{i=7} K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^{i=7} \varphi_i} \quad (2)$$

Коэффициент технологичности находится в пределах $0 < K_k < 1$.

К электронным устройствам относятся логические и аналоговые блоки оперативной памяти РЭС, где число ИМС больше или равно числу ИЭТ.

Состав показателей технологичности в ранжированной последовательности для электронных РЭС приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Электронные устройства

i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ_i
1	Применения микросхем и микросборок	$K_{м.с}$	1,0
2	Автоматизации и механизации монтажа	$K_{м.м}$	1,0
3	Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	$K_{м.п.ИЭТ}$	0,75
4	Автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{а.р.к}$	0,5
5	Повторяемости ИЭТ	$K_{пов.ИЭТ}$	0,31
6	Применения типовых ТП	$K_{т.п}$	0,187
7	Прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,11

Коэффициент применения микросхем и микросборок:

$$K_{м.с} = N_{э.мс} / (N_{э.мс} + N_{иэт}) \quad (3)$$

где $N_{э.мс}$ - общее число дискретных элементов, замененных микросхемами и установленными на микросборках в РЭС; $N_{иэт}$ - общее число ИЭТ, не вошедших в микросхемы. К ИЭТ относят резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, реле, разъемы, реле и другие элементы.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа:

$$K_{м.м} = N_{м.м} / N_{м} \quad (4)$$

где $N_{м.м}$ — количество монтажных соединений ИЭТ, которые предусматривается осуществить автоматизированным или механизированным способом. Для блоков на печатных платах механизация относится к установке ИЭТ и последующей пайке волной припоя; N_m - общее количество монтажных соединений, определяемое для разъемов, реле, микросхем и ЭРЭ по количеству выводов.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу:

$$K_{м.п.ИЭТ} = N_{м.п.ИЭТ} / N_{п.ИЭТ} \quad (5)$$

где $N_{м.п.ИЭТ}$ - количество ИЭТ в штуках, подготовка выводов которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов; в их число включаются ИЭТ, не требующие специальной подготовки (патроны, реле, разъемы и т.д.); $N_{п.ИЭТ}$ - общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля:

$$K_{а.р.к} = N_{а.р.к} / N_{р.к} \quad (6)$$

где $N_{а.р.к}$ - число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах; $N_{р.к}$ — общее количество операций контроля и настройки. Две операции: визуальный контроль и электрический являются обязательными. Если в конструкции имеются регулировочные элементы, то количество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

Коэффициент повторяемости ИЭТ:

$$K_{пов.ИЭТ} = 1 - (N_{т.ор.ИЭТ} / N_{т.ИЭТ}) \quad (7)$$

где $N_{т.ор.ИЭТ}$ - количество типоразмеров оригинальных ИЭТ в РСИ, к которым относятся ИЭТ, разработанные и изготовленные впервые по техническим условиям. Типоразмер определяется компоновочным размером и стандартом на элемент; $N_{т.ИЭТ}$ - общее количество типоразмеров на элемент.

Коэффициент применения типовых технологических процессов:

$$K_{т.п} = (D_{т.п} + E_{т.п}) / D + E \quad (8)$$

где $D_{т.п}$ и $E_{т.п}$ — число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых технологических процессов; D и E — общее число деталей и сборочных единиц в РСИ, кроме крепежа (винтов, гаек, шайб).

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей:

$$K_{\phi} = D_{пр.} / D \quad (9)$$

где $D_{пр}$ - детали, изготовленные по прогрессивному ТП (штамповка, прессование из пластмасс, литье и т.д.); D — общее число деталей (без учета нормализованного крепежа).

К радиотехническим относятся приемно-усилительные блоки, источники питания, генераторы сигналов. Состав показателей технологичности приведен в таблице 3.

Коэффициент освоенности ДСЕ:

$$K_{осв.} = D_{т.з} / D_{т} \quad (10)$$

где $D_{т.з}$ - количество типоразмеров заимствованных ДСЕ, ранее освоенных на предприятии; $D_{т}$ - общее количество типоразмеров ДСЕ в РЭС.

Таблица 3 - Радиотехнические устройства

i	Коэффициент технологичности	Обозначение	ϕ_i
1	Автоматизации и механизации монтажа	$K_{м.м}$	1,0
2	Автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	$K_{м.п.ИЭТ}$	1,0
3	Освоенности ДСЕ	$K_{осв.}$	0,75
4	Применения микросхем и микросборок	$K_{мп.с}$	0,5
5	Повторяемости печатных плат	$K_{пов.п.п}$	0,31
6	Применения типовых ТП	$K_{т.п}$	0,187
7	Автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{а.р.к}$	0,11

Коэффициент повторяемости печатных плат:

$$K_{\text{пов.п.п}} = D_{\text{тип}} / D_{\text{пп}} \quad (11)$$

где $D_{\text{тип}}$ - число типоразмеров печатных плат в РЭС; $D_{\text{пп}}$ - общее число печатных плат в РЭС.

К электромеханическим устройствам относятся механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи и т.д. Состав показателей технологичности приведен в табл. 4.

Таблица 4 - Электромеханические устройства

i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ_i
1	Точности обработки	$K_{\text{т.ч}}$	1,0
2	Прогрессивности формообразования деталей	$K_{\text{ф}}$	1,0
3	Сложности обработки	$K_{\text{с.о}}$	0,75
4	Повторяемости деталей и сборочных единиц	$K_{\text{пов.ДЕ}}$	0,5
5	Параллельности сборки	$K_{\text{п.сб}}$	0,31
6	Сложности сборки	$K_{\text{с.сб}}$	0,187
7	Использования материалов	$K_{\text{им}}$	0,11

Коэффициент точности обработки:

$$K_{\text{т.ч}} = 1 - (D_{\text{т.ч}} / D) \quad (12)$$

где $D_{\text{т.ч}}$ - число деталей (без учета стандартных и крепежных) квалитет размеров которых не выше 10. Точность резьбовых поверхностей при расчете не учитывается; D — общее число деталей.

Коэффициент сложности обработки:

$$K_{\text{с.о}} = 1 - (D_{\text{м}} / D) \quad (13)$$

где $D_{\text{м}}$ - число деталей, включая заимствованные и стандартные, требующие обра-

ботки снятием стружки; D - общее число деталей.

Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц:

$$K_{\text{пов.ДЕ}} = (D_T + E_T) / (D + E) \quad (14)$$

где D_T и E_T - общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц в РЭС без учета нормализованного крепежа; D и E - общее число типоразмеров деталей и сборочных единиц.

Коэффициент параллельности сборки:

$$K_{\text{п.сб}} = E_{\text{п.сб}} / E \quad (15)$$

где $E_{\text{п.сб}}$ - число сборочных единиц в РЭС, допускающих параллельную сборку, с учетом целесообразности расчленения РСИ на сборочные единицы; E - общее число сборочных единиц.

Коэффициент сложности сборки:

$$K_{\text{с.сб}} = 1 - (E_{\text{т.сл}} / E_T) \quad (16)$$

где $E_{\text{т.сл}}$ - число типоразмеров сборочных единиц, входящих в РЭС и требующих регулировки и подгонки в процессе сборки; E_T - общее количество сборочных единиц.

Коэффициент использования материалов определяется:

$$K_{\text{и.м}} = M \setminus M_{\text{к.м.р}} \quad (17)$$

где M - масса РЭС без учета комплектующих изделий и тары; $M_{\text{к.м.р}}$ - масса конструкционного материала:

$$M = M_{\text{иЕ}} + M_{\text{ид}}, \quad (18)$$

где $M_{\text{иЕ}}$ - масса i -й сборочной единицы; $M_{\text{ид}}$ - масса i -й детали, являющейся составной частью РЭС.

К коммутационным устройствам относятся соединительные, распределительные блоки, коммутаторы и т.п. Состав показателей технологичности приведен в таблице 5.

Таблица 3.5 - Коммутационные устройства

i	Коэффициент технологичности	Обозначение	φ_i
1	Повторяемости материалов	$K_{пов.м}$	1,0
2	Сложности сборки	$K_{с.сб}$	1,0
3	Точности обработки	$K_{т.ч}$	0,75
4	Прогрессивности формообразования деталей	$K_{ф}$	0,5
5	Использования материалов	$K_{им}$	0,31

Коэффициент повторяемости материалов определяется:

$$K_{пов.м} = 1 - (D_{м.м} / D_{т.ф}) \quad (19)$$

где $D_{м.м}$ - число маркосортиментов материалов, применяемых в РЭС. Под маркосортиментом понимается сочетание марки материала и профиля его поставки; $D_{т.ф}$ - количество типоразмеров оригинальных деталей в РЭС.

Нормативные значения комплексных показателей конструкций РЭС зависят от стадии разработки рабочей документации (таблица 6).

Таблица 6 - Нормативные значения показателя технологичности

Класс устройств	Разработка рабочей документации	Доработка рабочей документации	
		Установочной серии	Установившегося серийного
Радиотехнические	0,60-0,75	0,70-0,80	0,75-0,85
Электронные	0,40-0,70	0,45-0,75	0,50-0,80
Коммутационные	0,35-0,55	0,50-0,70	0,55-0,75

Для повышения технологичности конструкций устройств необходимо выполнение следующих мероприятий:

- повышение унификации, конструкторской и функциональной взаимозаменяемости деталей;
- расширение использования ИМС и микросборок;

- увеличение сборности за счет базовых несущих конструкций;
- увеличение количества деталей, изготовленных прогрессивным методом, и уменьшение изготовленных точными способами;
- рациональной компоновкой элементов на плате;
- автоматизация подготовки элементов к монтажу путем использования автоматов, полуавтоматов;
- совершенствованием ТП монтажа;
- автоматизация операций контроля и настройки.

Порядок выполнения занятия

Загрузить в ПЭВМ программу расчета комплексного показателя технологичности RPT9.

Ввести название изделия, тип аппаратуры и исходные данные в следующей последовательности:

1. Количество автоматизированных монтажных соединений.
2. Общее количество монтажных соединений.
3. ИЭТ, подготовленных к монтажу механизированным способом.
4. Общее количество ИЭТ.
5. Число типоразмеров оригинальных ИЭТ.
6. Общее число типов ИЭТ.
7. Общее число элементов, замененных ИМС.
8. Общее число ИЭТ, не вошедших в ИМС.
9. Число деталей, полученных прогрессивным методом.
10. Общее число деталей.
11. Число ИЭТ, изготовленных с применением типовых ТП.
12. Общее число деталей и сборочных единиц.
13. Число автоматических операций контроля и регулировки.
14. Общее число операций регулировки и контроля.
15. Заданный показатель технологичности.

После завершения расчета вывести на печать таблицу коэффициентов технологичности и проанализировать результаты. Если $K_{расч} < K_{ззд}$, то внести изменения в конструкцию и технологию сборки, повторить расчет.

Пример

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Выполнен на основе отраслевого стандарта ОСТ4 ГО.091.219

Название изделия: формирователь импульсов

Тип аппаратуры: электронный

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Количество автоматически выполненных монтажных соединений	180.000
Общее количество монтажных соединений (шт)	190.000
Число ИЭТ, подготовленных к монтажу механизированными способами	41.000
Общее количество ИЭТ (шт)	42.000
Число типоразмеров оригинальных ИЭТ	5.000
Общее число типов ИЭТ	21.000
Общее число элементов, замененных ИМС	34.000
Общее число ИЭТ, не вошедших в ИМС	39.000
Число деталей, полученных прогрессивными методами	5.000
Общее число деталей	9.000
Число ДСЕ, изготовленных с применением типовых ТП	9.000
Общее число деталей и сборочных единиц	9.000
Число автоматических операции контроля и регулировки	1.000
Общее число операций регулировки и контроля	2.000
Заданный комплексный показатель технологичности	0.75

Коэффициенты	Численные значения
Автоматизации и механизации монтажа	0.974
Автоматизации подготовки ИЭТ к монтажу	0.976
Повторяемости ИЭТ	0.762
Повторяемости микросхем	0.466
Прогрессивности формообразования деталей	0.556
Применения типовых техпроцессов	1.000
Автоматизации контроля и регулировки	0.500
Расчетный комплексный показатель технологичности	0,764

Вывод: поскольку $K_{расч} > K_{зад}$, то конструкция изделия технологична, можно разрабатывать техпроцесс.

**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРУДОЕМКОСТИ
СБОРОЧНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ РЭС**

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В зависимости от количества выпускаемой продукции и степени дифференциации технологических процессов различают следующие типы производства: индивидуальное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное и массовое в соответствии с табл.1.

Т а б л и ц а 1

Тип производства	Характер выполняемой работы	Количество сборочных единиц, одновременно запускаемых в производство	Количество технологически неделимых элементов, входящих в операции монтажа
Индивидуальное	Монтаж единичных изделий различной номенклатуры. Выпуск этих изделий либо совсем не повторяется, либо повторяется через неопределенные промежутки времени	Св.1 до 10	Св.25
Мелкосерийное	В процессе монтажа на одном рабочем месте выполняются разнообразные комплексы приемов и переходов	Св.10 до 30	
Серийное	Монтаж изделий устойчивой номенклатуры сериями, повторяющимися через определенные промежутки времени. Выполнение однотипных операций закреплено за специализированными рабочими местами	Св.30 до 300	
Крупносерийное	Монтаж большого количества одинаковых изделий производится поточным методом.	Св. 300 до 3000	Св. 10 до 25
Массовое	Процесс монтажа расчленен на простейшие операции, закрепленные за конкретными рабочими местами	Св. 3000	До 10

1.2. Выпускаемая продукция в зависимости от конструктивных особенностей, требований к технологии монтажа и различных условий эксплуатации условно классифицирована на три группы сложности - I, II и III.

К I группе сложности относятся широкоэвещательная аппаратура и аппаратура проводной связи массового применения:

- радиовещательные приемники, радиолы, магнитофоны, телевизоры бытового назначения;
- телеграфные аппараты, фототелеграфные, приемные и буквопечатающие;
- городские и заводские телефонные автоматические станции, коммутаторы телефонных междугородных станций, диспетчерские коммутаторы, телефонные аппараты с номеронабирателями для автоматических телефонных станций и т.д.

Ко II группе сложности относятся аппаратура с повышенными техническими требованиями к надежности при эксплуатации, а также контрольно-измерительная аппаратура:

- радиоаппаратура специальная (наземного применения, радиолокационная и т.д.);
- телевизионные и передающие установки;
- телевизионные передвижные станции;
- электронно-вычислительные машины и устройства к ним;
- радиостанции, размещенные в кузове или в прицепах автомашин;
- печатающие устройства (реперфораторы, трансмиттеры);
- радиоизмерительные приборы общего применения.

К III группе сложности относятся аппаратура с особыми техническими требованиями к

надежности и внешнему виду, отвечающая особым условиям эксплуатации:

- программные и орретирующие механизмы;
- бортовые самолетные станции;
- гироскопические механизмы и устройства;
- эксцентриковые механизмы;
- сложные приборы, имеющие сопряженные электромагнитные, часовые механизмы и дифференциальные сцепления;
- строители.

1.3. Для изделий I группы сложности в условиях остальных типов производства и для изделий II и III групп сложности в условиях всех типов производства необходимо пользоваться поправочным коэффициентом, значения которого приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициента "К"

Тип производства	Группы сложности		
	I	II	III
Индивидуальное	1,3	1,6	2,0
Мелкосерийное	1,2	1,5	1,8
Серийное	1,0	1,20	1,50
Крупносерий-	0,75	0,90	1,12
Массовое	0/70	0,85	1,05

1.4. При монтаже аппаратуры с особыми (III группа) и повышенными (II группа) техническими требованиями встречаются отдельные элементы работ, на выполнение которых не распространяются эти требования. Такие элементы следует относить к I группе сложности.

1.5. Нормы времени составляются исходя из следующих организационно-технических условий:

- каждый рабочий обеспечен комплектом необходимого инструмента и приспособлений;
- оборудование, приспособления и инструмент находятся в исправном состоянии;
- заготовки, сборочные единицы, необходимая технологическая документация доставляются на рабочие места распределителями работ или подсобными рабочими;
- соблюдается нормальная освещенность и другие санитарно-гигиенические условия;
- инструктаж рабочего мастером, проверка и сдача выполненной работы производятся на рабочем месте.

2. РАСЧЕТ НОРМ ВРЕМЕНИ

2.1. Норма штучного времени $T_{шт\ i}$ (технологическая трудоемкость) на выполнение операции при изготовлении изделий всех групп сложности в условиях всех видов производства определяется по формуле

$$T_{шт\ i} = T_{оп\ i} \cdot K [1 + (K_1 + K_2)/100]$$

где $T_{оп\ i}$ - оперативное время, на выполнение монтажной операции, мин;

K - поправочный коэффициент, учитывающий группу сложности и вид производства (табл.2);

K_1 - подготовительно-заключительное время, время обслуживания рабочего места и личные надобности (п. 4), процент от оперативного времени;

K_2 - время на отдых (п. 4.1), процент от оперативного времени.

Общая трудоемкость $T_{шт}$ изготовления изделия для всех групп сложности в условиях всех видов производства определяется по формуле

$$T_{шт} = \sum_{j=1}^m T_{шт\ j}$$

2.2. При выполнении монтажных работ рабочий может находиться в следующих условиях: "Удобно", "Свободно", "Неудобно", "Стесненно", "Очень неудобно", "Очень стесненно", "Осторожно". Характеристика указанных условий приведена в рекомендуемом приложении 4.

В нормативах времени учитывается выполнение работы одним рабочим в условиях "Свободно", "Удобно".

При расчете норм времени на работы, выполняемые в других условиях, необходимо пользоваться коэффициентом, значения которого приведены в табл.3.

Таблица 3

Условие выполнения работ	Коэффициент
Осторожно	1,2
Стесненно, неудобно	1,3
Очень стесненно, очень неудобно	1,5

2.3. При выполнении одной операции монтажа одновременно двумя или более рабочими время следует нормировать для каждого рабочего в зависимости от выполняемой работы.

2.4. Нормативами (ОСТ4 ГО.050.012) учтено перемещение инструмента на расстояние 0,5м.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ И МОНТАЖА РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СЛОЖНОСТИ

3.1. Технологические особенности монтажа изделий I группы

Монтаж изделий первой группы выполняется различными марками проводов, шнуров и кабелей согласно техническим условиям и техническим требованиям на изделие.

Основными материалами при лужении и пайке являются бескислотные флюсы и различные припои. Пайки соединений должны обеспечивать надежность контакта и необходимую механическую прочность. Пайка проводов встык и внакладку не допускается. Печатный монтаж не должен иметь повреждений в виде трещин и отслаиваний фольги.

3.2. Технологические особенности монтажа изделий II группы

В качестве основного материала при лужении и пайке применяются различные припои. Лужение и пайка монтажных соединений должны выполняться с соблюдением предосторожности во избежание излишнего перегрева монтируемых изделий, ожога или оплавления изоляции проводов и изолирующих трубок. Паяная поверхность монтажных соединений должна быть глянцевой, без пор, загрязнений, наплывов, острых выпуклостей припоя и инородных вкраплений.

При монтаже навесных радиоэлементов обеспечивается надежность их крепления на механических опорах, производится проверка типов, номиналов элементов, отсутствие царапин, сколов, трещин на корпусах, повреждений надписей, отсутствия резких изгибов и надломов выводов.

Качество монтажа проверяется визуально или с помощью омметров, пробников и в необходимых случаях с помощью лупы; механическая прочность - натягом проводов с усилением в соответствии с техническими условиями.

3.3. Технологические особенности монтажа изделий III группы

Все монтажные работы выполняются по заранее разработанному подробному технологическому процессу в соответствии с техническими условиями и инструкциями. Технологические операции, выполняемые каждым исполнителем, фиксируются в специальном технологическом паспорте.

В качестве основного материала для лужения и пайки применяются различные припои.

Флюсование и пайка монтажных соединений должны выполняться с исключительной осторожностью и с соблюдением определенных режимов. При пайке монтажных соединений не допускается острых выпуклостей, пор, трещин, вздутий, пузырчатости, инородных вкраплений и рыхлых поверхностей припоя, затекания флюса и припоя в негерметичные приборы. Паяная поверхность монтажных соединений должна быть глянцевой.

В некоторых случаях пайку производят с применением теплоотводов. При монтаже в труднодоступных местах, чтобы не касаться окружающих изделий нагретой частью паяльника, применяются теплозащитные экраны.

Из мест пайки удаляют нагар и остатки флюса. Места пайки протирают хлопчатобумажной тканью, смоченной спиртом. Пайку печатного монтажа производят припоем ПОС-61. Тщательная проверка правильности монтажа осуществляется с помощью различных контрольно-измерительных приборов и установок, специальных переносных ламп и зеркал.

При укладке проводов в жгут перекрещивания и изгибы их не допускаются. Изгибы проводов допускаются в местах ответвлений, причем радиус изгиба не должен быть менее 2—3 диаметров по изоляции отдельных проводов.

Совместная вязка в жгуты экранированных и неэкранированных проводов разрешается только после изоляции экрана гибкими трубками или лентами.

**4. ПОДГОТОВИТЕЛЬНО-ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ,
ВРЕМЯ НА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЛИЧНЫЕ
НАДОБНОСТИ**

Подготовительно-заключительное время, время на организационно-техническое обслуживание и личные надобности берется в процентах от оперативного времени.

Таблица 4

Затраты времени	Содержание работы	Время от $T_{оп}$, %			
		Тип производства			
		массовое	крупносерийное	серийное	мелкосерийное и индивидуальное
Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$	Получение и сдача работы, наряда, технической документации, инструмента, материала, приспособлений . Ознакомление с документацией и работой. Получение инструктажа в начале работы. Подготовка рабочего места, наладка оборудования, приспособлений	-	1,4	2,5	3,2
Время на организационно-техническое обслуживание $T_{обс}$	Подналадка, опробование и поддержание в рабочем состоянии оборудования, инструмента и приспособлений. Получение инструктажа в процессе работы. Поддержание чистоты и порядка на рабочем месте в течение смены	1,6	1,9	3,0	4,3
Время на личные надобности $T_{лн}$	Личные надобности	2,1			
Всего от оперативного времени (K_1)	-	3,7	5,4	7,6	9,6

4.1 ВРЕМЯ НА ОТДЫХ

Время на отдых берется в процентах от оперативного времени.

Таблица 5

Характеристика работ	Характеристика регламентированных перерывов	Величина и распределение перерывов	Использование перерывов	Время на отдых от оперативного времени (K_2), %
Работы, связанные с незначительными физическими усилиями или нервным напряжением	Нечастые короткие перерывы	Два перерыва по 5 мин в течение рабочего дня: а) перед началом работы и за 1,5 ч до ее окончания; б) через 2 ч после начала работы и за 1,5 ч до ее окончания	Производственная гимнастика	3
Работы, связанные со средними физическими усилиями или нервным напряжением	Нечастые перерывы средней длительности	Два перерыва по 10 мин в течение рабочего дня - через 2 ч после начала работы и за 1,5 ч до ее окончания	Производственная гимнастика два раза в день по 5 мин	5
Работы, не требующие значительных физических усилий, но в неблагоприятных условиях (монотонность труда, неудобное рабочее положение)	Частые короткие перерывы	Четыре перерыва по 5 мин в течение рабочего дня - через каждые 1,5 ч работы	Производственная гимнастика два раза в день, остальные два перерыва - отдых в удобном положении с легкой разминкой длительно - стью до 1 мин	6
Работы, связанные с большими физическими усилиями (тяжелые) или повышенным нервным напряжением	Нечастые перерывы средней длительности	Три перерыва по 10 мин в течение рабочего дня	Отдых в спокойном состоянии (при работах с повышенным нервным напряжением, легкие разминочные упражнения)	9
Работы с большим зрительным напряжением, при высоком темпе и неблагоприятных условиях (загрязненность воздуха, вибрация, температура и тепловые излучения)	Частые и короткие перерывы	Перерывы по 3-5 мин через каждый час работы (.два раза в день перерывы по 10 мин)	Производственная гимнастика два раза в день	12

Работы с очень большими физическими усилиями или значительными физическими усилиями в неблагоприятных условиях	а) частые перерывы средней длительности; б) перерывы средней частоты, длительные	Перерывы по 8-10 мин через каждый час работы. Три перерыва в течение рабочего дня длительностью 15-20 мин	Отдых в спокойном состоянии в специально отведенном помещении	16
Работы, выполняемые в неблагоприятных условиях при высоком темпе и повышенном нервном напряжении	Очень частые короткие перерывы	Перерывы по 4-5 мин через каждые полчаса работы	Отдых в спокойном состоянии в специально отведенных помещениях	16
Работы с большими физическими усилиями в особо неблагоприятных условиях	Частые длительные перерывы	Перерывы по 12-15 мин через каждый час работы		20

5. ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

"Свободными" и "Удобными" следует считать такие условия работы, при которых имеется возможность во время работы перемещаться всем телом (стоять и сидеть), отсутствуют препятствия, ограничивающие движения рук рабочего (плотность монтажа до 3-х паек на 1 см²).

"Стесненными" и "Неудобными" следует считать такие условия работы, при которых имеются препятствия (насыщенность прибора, блока радиоэлементами, плотность монтажа до 5-ти паек на 1 см², сложная конфигурация блока затрудняющие свободный доступ к месту работы, вызывающие необходимость низко нагибаться, резко поворачивать корпус, высоко поднимать руку, работать на коленях и т.п.

"Очень стесненными" и "Очень неудобными" следует считать условия, при которых кроме препятствий, ограничивающих движения рук рабочего, имеются препятствия, затрудняющие обозрение места работы и создающие необходимость внимательно следить за равновесием тела, работать лежа (плотность монтажа свыше 5-ти паек на 1 см²).

"Осторожными" следует считать условия работы, при которых требуется замедленность движений, большое зрительное напряжение и особое внимание рабочего.

6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ШТУЧНОГО ВРЕМЕНИ

Таблица 6

Содержание работы	Количество приемов	Номер таблицы стандарта	Оперативное время, мин		Значение коэффициента К	Время на $T_{пз}, T_{обс}, T_{отд}$ от $T_{оп} / (K_1 + K_{21}), \%$	Штучное время, $T_{шт},$ мин
			На единицу работы	На всю работу			
Взять жгут, обмотать лентой шириной 10 мм вполнахлеста: первая и последняя стяжка; промежуточная стяжка на участке с отводами.	2	67	0,242	0,242	1,2	7,6+3	0,321
	18	67	0,084	1,512	1,2	7,6+3	2,000
Промежуточная стяжка на участке без отводов	20	67	0,042	0,84	1,2	7,6+3	1,113
Итого: $T_{шт}$							3,434

7. ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

1. Намотка заготовок на приспособление
2. Резка заготовок на автоматах
3. Резка пучка проводов на эксцентриковом прессе
4. Резка изолированных проводов, экранирующей оплетки и изоляционных трубок
5. Резка неизолированных проводов
6. Резка пучка заготовок
7. Свертывание заготовок в бухту
8. Комплектование проводов, изоляционных трубок, оплеток
9. Заготовка прокладок
10. Нанесение знаков на детали, сборочные единицы
11. Установка и снятие маркировочных бирок
12. Снятие экранирующей оплетки с конца провода или кабеля
13. Снятие изоляции с проводов, кабелей, шнуров
14. Снятие одного слоя изоляции с провода, кабеля или шнура

15. Снятие изоляции за один прием с группы проводов
16. Раскручивание, зачистка и скручивание жил провода, шнура или кабеля
17. Лужение проволоки на полуавтомате
18. Формовка перемычек
19. Лужение концов проводов, кабелей, шнуров, экранирующей оплетки в электро- ванне
20. Лужение концов провода, кабеля, шнура электропаяльником
21. Лужение концов экранирующей оплетки электропаяльником
22. Надевание изоляционных трубок на провода и шнуры
23. Надевание резиновых шлангов на провода
24. Надевание экранирующей оплетки на провода
25. Надевание экранирующей оплетки на жгуты
26. Заделка конца провода, шнура, кабеля
27. Разделка провода, шнура, кабеля
28. Разделка экранирующей оплетки
29. Пайка заделанных концов провода, шнура, кабеля
30. Заделка экранирующей оплетки на втулку или шайбу
31. Пайка экранирующей оплетки к шайбе или втулке
32. Распаковка и проверка электрорадиоэлементов
33. Рихтовка, зачистка и обрезка выводов электрорадиоэлементов
34. Сращивание перемычек и выводов электрорадиоэлементов
35. Формовка, обрезка и лужение выводов электрорадиоэлементов на полу
36. Формовка выводов электрорадиоэлементов на приспособлениях
37. Формовка выводов электрорадиоэлементов плоскогубцами
38. Лужение выводов электрорадиоэлемента в электрованне
39. Лужение выводов электрорадиоэлемента электропаяльником
40. Надевание изоляционных трубок на выводы или корпус электрорадиоэлемента
41. Наложение ниточного бандажа
42. Наложение проволочного бандажа
43. Опайка проволочного бандажа
44. Спайка экранирующих оплеток проводов
45. Зачистка и лужение земляных лепестков
46. Обмотка металлических шин липкой изоляционной лентой
47. Укладка проводов на шаблоне

48. Укладка проводов в корпусе блока
49. Вязка жгута нитками
50. Крепление жгута проволокой
51. Снятие жгута с шаблона
52. Подрезка концов проводов в жгуте
53. Плетение проводов в косу
54. Свивание проводов на станке
55. Свивание проводов вручную
56. Обшивка жгута, кабеля
57. Изоляция провода бусами
58. Обмотка жгута или пучка проводов изоляционной лентой
59. Покрытие обмотки жгута лаком
60. Укладка жгута в корпусе блока или прибора
61. Укладка жгута в кузове
62. Крепление жгута
63. Протягивание проводов через отверстия
64. Протягивание провода через отверстия гребенок
65. Подключение концов жгута или жил кабеля с помощью винта и гайки
66. Подключение концов провода, жил кабеля, перемычек
67. Подключение выводов электрорадиоэлементов
68. Пайка концов проводов, перемычек и выводов электрорадиоэлементов
69. Дуговая электросварка концов проводов или выводов
70. Установка электрорадиоэлементов, перемычек на печатную плату
71. Установка электрорадиоэлементов, проводов, жгутов на клей или эпоксидную смолу
72. Пайка выводов электрорадиоэлементов, микросхем, перемычек (печатные платы)
73. Промывка печатных плат после монтажа
74. Промывка паек
75. Очистка узлов сжатым воздухом
76. Прозвонка жгута или кабеля
77. Демонтаж проводов, перемычек и электрорадиоэлементов
78. Перемещение инструмента на рабочем месте
79. Перемещение деталей, сборочных единиц на рабочем месте

80. Транспортировка деталей

81. Повертывание деталей вручную

8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Рассчитать технологическую трудоемкость печатного узла. Тип производства и печатный узел выдается преподавателем. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

8.1. Провести анализ печатного узла на предмет:

- наличие компонентов с проволочными выводами требующих операции формовки, микросхем и нестандартных корпусов;
- виды формовки выводов компонентов;
- фиксация выводов компонентов;
- наличие паяльной маски;
- маркировки и т.д.

8.2. Составить спецификацию на печатный узел.

8.3. Из перечня типовых технологических операций (п.7) выбрать операции которые будут реализованы в процессе выполнения работы.

8.4. Рассчитать технологическую трудоемкость печатного узла в соответствии с выбранным перечнем технологических операций по ОСТ4 ГО. 050. 012 « Научная организация труда. Нормирование монтажных работ. Нормативы времени (элементные)», используя табличную форму, представленную в п.б

9. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующее:

- описание цели работы;
- расчет технологической трудоемкости $T_{шт}$ печатного узла;
- выводы.

СХЕМА СБОРОЧНОГО СОСТАВА

Сборочные свойства изделия являются одной из важнейших характеристик технологичности конструкции изделия. Последовательность сборки зависит в основном от конструкции собираемого изделия и степени дифференциации сборочных работ. Наиболее полное и наглядное представление о сборочных свойствах изделия, о его технологичности и возможностях организации процесса сборки дают схемы сборочного состава (ССС) компонентов, которые строятся с выделением (ССС с базовой деталью) и без выделения базовых компонентов (ССС веерного типа). На практике чаще всего используют веерный тип построения схем сборочного состава, т.к. этот тип схем визуально отличается от схем с базовой деталью, а технологические схемы сборки изделия или его составной части строятся с выделением базовых компонентов.

Схема сборочного состава изделия предназначается для анализа сборочных свойств изделия (собираемости изделия) и является основой для разработки технологических схем сборки, так как показывает сборочные компоненты (детали, сборочные единицы, покупные изделия), входящие в данное изделие, и их количество, а также взаимные связи. Схема позволяет судить о типе и характере соединений, использованных в конструкции изделия, их количестве и местах применения.

Правильно построенная схема сборочного состава дает объективное представление о сборности конструкции и возможных путях сборочного процесса.

Выбор и определение последовательности сборки изделия зависит, в основном, от конструкции собираемого изделия и от степени требуемой концентрации или дифференциации сборочных операций.

Основными отправными положениями построения схемы сборности так же, как и построения схемы сборочного состава, являются положения, разработанные Д.Н.Федосеевым ([1] Проектирование технологических процессов сборки приборов. -М: Машгиз, 1963).

1. На первом этапе технологического анализа сборочных свойств изделия строятся исходные схемы сборочного состава, служащие основанием для последующей разработки рабочих схем сборки.
2. Исходные схемы сборочного состава строятся при не зависимости их от программы выпуска изделий.
3. Сборочные единицы исходных схем сборочного состава образуются при усло-

вии независимости их технологического существования, то есть предполагается, что они могут отдельно собираться, храниться, транспортироваться, контролироваться и т.д.

4. Минимальное количество сборочных компонентов (сборочных единиц или деталей), необходимых для образования: сборочной единицы первой ступени сборки, равно двум.
5. Минимальное количество сборочных компонентов (сборочных единиц или деталей), присоединяемых к сборочной единице данной ступени, необходимое для образования сборочной единицы высшей ступени, равно единице.
6. Исходная схема сборочного состава строится при условии одновременного образования наибольшего количества сборочных единиц.
7. Исходная схема сборочного состава обладает свойством непрерывности, то есть предполагается, что каждая последующая ступень сборки не может быть образована без наличия порядковой предыдущей ступени сборки.

На рис. 1 приведена теоретическая схема сборочного состава, а в табл. 1 количественные характеристики схемы. Теоретическая схема сборочного состава позволяет расчленить процесс сборки на операции. Однако, учитывая конкретные производственные условия, сборочный процесс можно расчленить по рабочей схеме сборочного состава на меньшее или большее число операций, используя принцип дифференциации или концентрации сборочных операций. Каждый компонент изделия на схеме обозначают прямоугольником, разделенным на три части (рис. 2). Рабочая схема сборочного состава показана на рис. 3.

Сначала составляют схемы для отдельных сборочных единиц в виде различных вариантов последовательности сборки. После установления наиболее подходящих вариантов их komponуют в одну сборочную схему, которая завершается собранным изделием. В некоторые детали включают и основные материалы (материалы, остающиеся в изделии, — припой, лаки, краски и др.), оформляя их на схеме аналогично деталям. Схемы сборочного состава, дополненные поясняющими краткими надписями (например, «отрегулировать зазор», «покрыть светящейся массой», «совместно сверлить» и т. п.), помещенными у той сборочной единицы, к которой они относятся, называют технологическими схемами сборки. В простейшем случае схема сборочного состава изделия представляет собой одновременно и технологическую схему сборки.

Для сложного изделия целесообразно строить укрупненную технологическую схему для общей сборки и технологические схемы для сборки отдельных сборочных единиц.

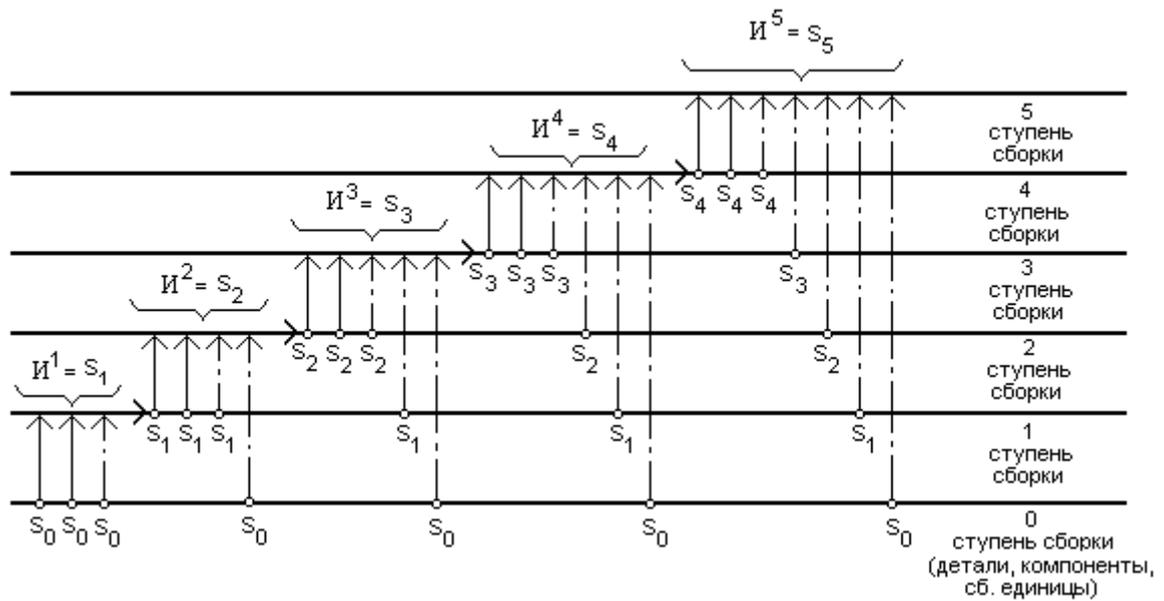


Рис. 1. Теоретическая схема сборочного состава веерного типа

Таблица 1. Количественные характеристики схемы сборочного состава

Характеристика	Формулы для расчета	Обозначение величин
Степень сложности сборочного состава, отражающая количество ступеней сборки	<p>Степень сложности сборочного состава</p> $I^n = S_{n+1}$ <p>Минимальный сборочный состав компонента последовательных ступеней сборки</p> $S_1 = S_0 + S_0 = 2 S_0$ $S_2 = S_1 + S_0$ $S_3 = S_2 + S_0$ <p>.....</p> $S_n = S_{n-1} + S_0$ <p>Средний сборочный состав компонента последовательных ступеней сборки</p> $S_1 = 2 S_0 + m_0 S_0$ $S_2 = m_1 S_1 + m_0 S_0$ $S_3 = m_2 S_2 + m_1 S_1 + m_0 S_0$ <p>.....</p> $S_n = m_{n-1} S_{n-1} + \dots + m_0 S_0$	<p>I - изделие;</p> <p>S - компонент изделия;</p> <p>n - ступень сборки;</p> <p>$m_1, m_2, m_3, \dots, m_{n-1}$ - коэффициенты кратности.</p>
Средняя полнота сборочного состава изделия	<p>Общее число сборочных единиц теоретической схемы сборочного состава</p> $Q = \sum_{i=1}^{i=n-1} m_i$ <p>Средняя полнота сборочного состава изделия</p> $P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} m_i}{n-1}$	<p>Q — число сборочных единиц теоретической схемы сборочного состава (число операций по теоретической схеме);</p> <p>$P_{\text{ср}}$ - средняя полнота сборочного состава изделия.</p>

Характеристика	Формулы для расчета	Обозначение величин
Модуль расчлененности для сравнимых технологических процессов сборки	Отношение числа операций, запроектированных для конкретных организационно-технических условий по рабочей схеме сборочного состава, к числу операций по теоретической схеме $M = N/Q$ При $M < 1$ - процесс концентрирован; При $M > 1$ - процесс дифференцирован.	M - модуль расчлененности данного процесса сборки; N - число рабочих операций, определенных для данных конкретных организационно-технических условий
Коэффициент средней точности сборочных работ	Коэффициент, характеризующий среднюю точность сборочных работ по тому или иному выходному параметру $K_{\text{ср.сб}} = \frac{\sum k_{q_k}}{Q}$	$K_{\text{ср.сб}}$ - коэффициент средней точности сборки; k —показатель качества точности; q_k — число сборочных единиц данного качества точности в изделии.

Для сложного изделия целесообразно строить укрупненную технологическую схему для общей сборки и технологические схемы для сборки отдельных сборочных единиц.

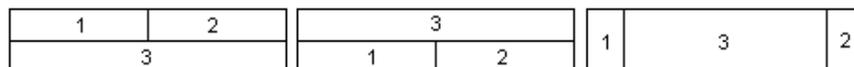


Рис. 2. Варианты модулей, символизирующие исходные детали и компоненты или компоненты последующих ступеней сборки.

1 – номер элемента сборки по спецификации; 2 – количество элементов сборки;
3 – наименование.

Ступень												Коэффициент кратности																																																
Схемы	Сборки																																																											
V	4			4Сб.01		1						$m_0^Д=1$ $m_3=1$ $m_0^Е=1$ $m_2=1$ $m_4=1$ $m_1=0$																																																
IV	3			3Сб.01		1						$m_0^Д=2$ $m_3=1$ $m_0^Е=2$ $m_2=1$ $m_1=1$																																																
III	2			2Сб.01		1				2Сб.02		1		$m_0^Д=7$ $m_2=2$ $m_0^Е=6$ $m_1=3$																																														
II	1	Сб.01		1				Сб.02		1		Сб.03		2		Сб.04		1		$m_0^Д=9$ $m_1=4$ $m_0^Е=8$																																								
I	0	4	Д	1	2	Д	1	3	Д	1	15	Сб.	1	1	Д	1	5	Д	1	9	Д	2	10	Сб.	2	16	Сб.	1	12	Д	2	13	Сб.	2	11	Д	2	6	Сб.	2	17	Д	1	7	Сб.	1	14	Д	1	8	Сб.	1	6	Д	1	18	Сб.	1	$m_0^Д=14$ $m_0^Е=11$ $\sum m_0=25$	

Рис. 3. Рабочая схема сборочного состава (Д – деталь; Сб – сборочная единица)

Пример 2.

Разработка схемы сборочного состава дросселя

Решение. Дроссель состоит из катушки 2, намотанной на каркас, который устанавливается в сердечнике типа СБ, состоящем из двух чашек 3 и 4. Сердечник с катушкой закрепляется в пластмассовом корпусе, состоящем из двух частей 7 и 9, с помощью трех винтов 16. Обе части корпуса закрываются пластмассовой крышкой 11, алюминиевым экраном 5 и герметизируются компаундом. В хвостовике корпуса 7 ввернут подстроечный сердечник 6, который заливают герметикой 14 и закрывают крышкой 13.

Схема сборочного состава и технологическая схема сборки приведены на рис. 3.5 и 3.6. Показатель степени сложности сборочного состава $л = 5$. Средняя полнота сборочного состава $= 8/5 = 1,6$.

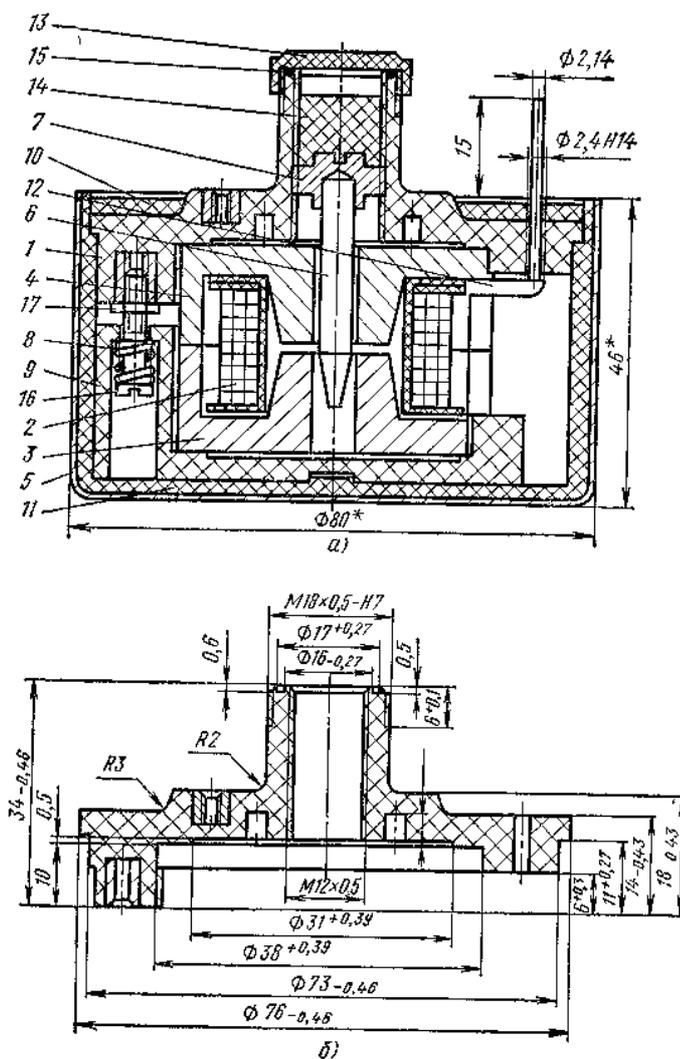


Рис. 1 Дроссель: а — дроссель, б — корпус дросселя

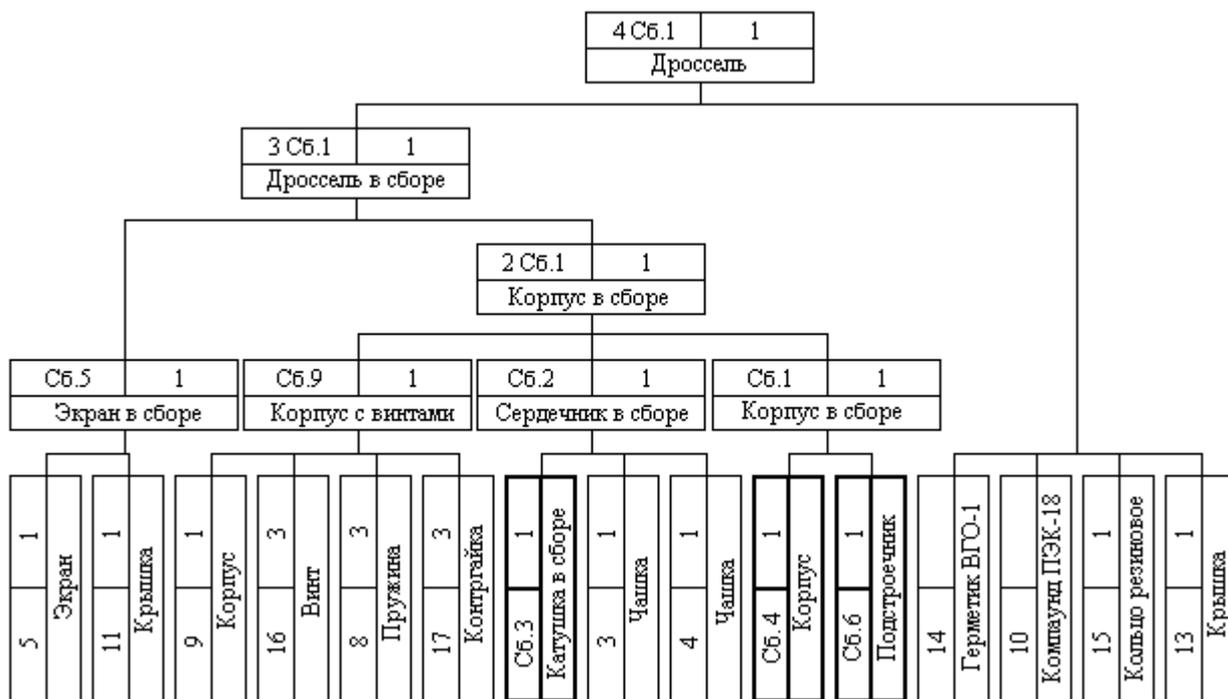


Рис. 2. Схема сборочного состава дросселя

Пример 2.

Разработка схемы сборочного состава конденсатора переменной емкости

Решение. Конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком состоит из ротора 1 и статора 2, установленных в двух керамических платах 7. Статор запаивают в металлизированные отверстия плат, ротор закрепляют в двух бронзовых втулках 6. Напряжение на обкладки конденсатора подается через контакты 3, 4, 5 и 8,

Статор и ротор собирают независимо друг от друга, окончательную сборку осуществляют в приспособлении, обеспечивающем требуемую величину зазора между пластинами ротора и статора. Схемы сборки конденсатора приведены на рис. 1 и 2.

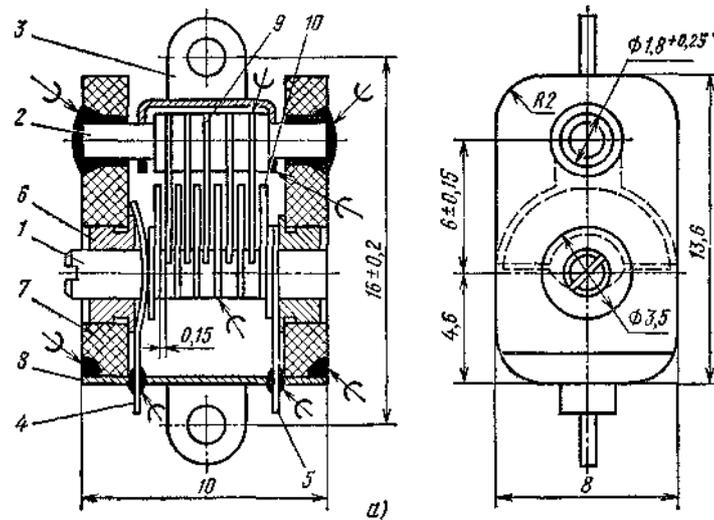


Рис. 1. Конденсатор переменной емкости (КПЕ)

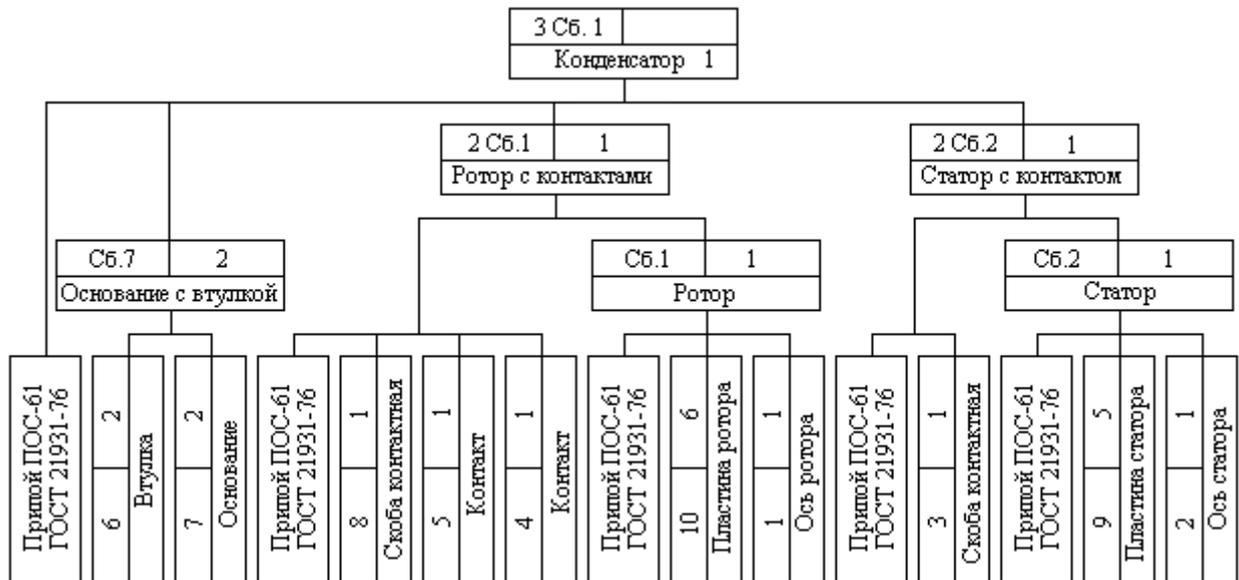


Рис. 2. Схема сборочного состава КПЕ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СБОРКИ

СОСТАВ РАБОТ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Заключительным этапом в производстве РЭС является сборка. Сборочные работы составляют иногда 40-60% от общей трудоемкости изготовления радиоаппаратуры.

Согласно определению, **сборка** — это совокупность операций, при которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, комплексы, системы и изделия.

ТП сборки РЭС складывается из различных по характеру операций (механический монтаж, выполнение электрического соединения и общая сборка готового изделия). Такой процесс требует применения разнообразного оборудования, специальной технологической оснастки, инструмента. Этот процесс является трудоемким. Поэтому при разработке ТП сборки с особой остротой встает задача снижения трудоемкости сборочных работ. Этим объясняется актуальность проблемы автоматизации сборки, особенно в многономенклатурном производстве .

Автоматизация сборочных работ должна проводиться на базе *групповой технологии* либо на основе типовых ТП.

Основными показателями оптимального выбора варианта сборки и типа технологического оборудования согласно ЕСТПП являются трудоемкость изделия Т и технологическая себестоимость изделия С при заданной программе выпуска.

При построении схем сборочного состава используются такие понятия, как деталь, сборочная единица, группа и подгруппа, на рис. 1 приведена укрупненная технологическая схема, характеризующая сборку изделия

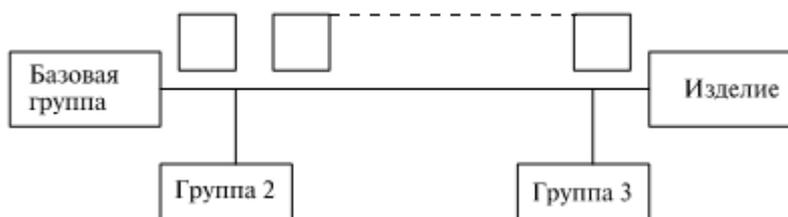


Рис. 1. Технологическая схема общей сборки изделия

При такой сборке выделяется базовый элемент — деталь, подгруппа, группа. При этом выбирают ту деталь, поверхность которой будет использована при установке в готовое из-

делие или при креплении узла к ранее собранным узлам. Обычно базовой деталью служат плата, панель, шасси.

При разработке ТП сборки технологические схемы составляются в нескольких вариантах, отличающихся по структуре и по последовательности комплектования сборочных элементов. Выбор варианта проводят, как уже отмечалось, с учетом производительности, себестоимости, удобств и других конкретных условий выполнения сборочных операций. Технологические схемы сборки дают наглядное представление о сборочных свойствах изделия (в том числе и технологичности) и возможностях организации процесса сборки РЭС. Поэтому технолог, отвечающий за сборочные процессы, старается представить их себе на ранних стадиях создания конструкций РЭС.

Формирование схемы сборки, где выделяют технологические сборочные единицы и определяют возможный порядок сборки, является наиболее сложной частью алгоритмического процесса. Здесь в соответствии с рассмотренными выше математическими моделями процесса проектирования решают задачи технологического членения, формирования порядка установки деталей и выполнения соединений. Для решения этих задач автоматически анализируется структура изделия, взаимосвязи между всеми образующими его элементами (деталью, узлами) и строится модель, описывающая взаимные ограничения элементов конструкции, схему базирования и доступа. Эта модель является информационной основой для решения задач рассматриваемого этапа. Результат решения задач этого этапа оформляется в виде технологической схемы сборки.

Изделием в машиностроении называют любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделием могут быть машина, ее элементы в сборе, а также отдельные детали, в зависимости от того, что является продуктом конечной стадии данного производства.

Деталь — это изделие (составная часть изделия), изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Характерный признак детали — отсутствие в ней разъемных и неразъемных соединений. Деталь — это первичный сборочный элемент каждого изделия.

Сборочная единица — это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями. Ее характерной особенностью является возможность сборки независимо от других элементов изделия. Составная часть изделия в зависимости от конструкции может состоять либо из отдельных деталей, либо из составных частей высших порядков и деталей. Различают составные части первого, вто-

рого и более высоких порядков.

Составная часть первого порядка входит непосредственно в составную часть изделия. Она состоит либо из отдельных деталей, либо из одной или нескольких составных частей второго порядка и деталей.

Составная часть второго порядка входит в составную часть первого порядка. Ее расчленяют на детали или на составные части третьего порядка и детали и т. д.

Составную часть наивысшего порядка расчленяют только на детали.

Изделие часто расчленяют на составные части по функциональному признаку (механизм газораспределения двигателя, система его смазки или охлаждения). Эти составные части не являются сборочными, так как их нельзя обособленно и полностью собрать отдельно от других элементов изделия. Деление изделия на составные части и оформление чертежей и других технических документов в машиностроении дано в ГОСТ 2.101—68*.

Построение технологических процессов общей и узловой сборки может быть представлено с помощью технологических схем сборки. Эти схемы отражают структуру и последовательность сборки изделия и его составных частей. В качестве примера на рис. 1 показаны технологические схемы общей (а) и узловой (б) сборки.

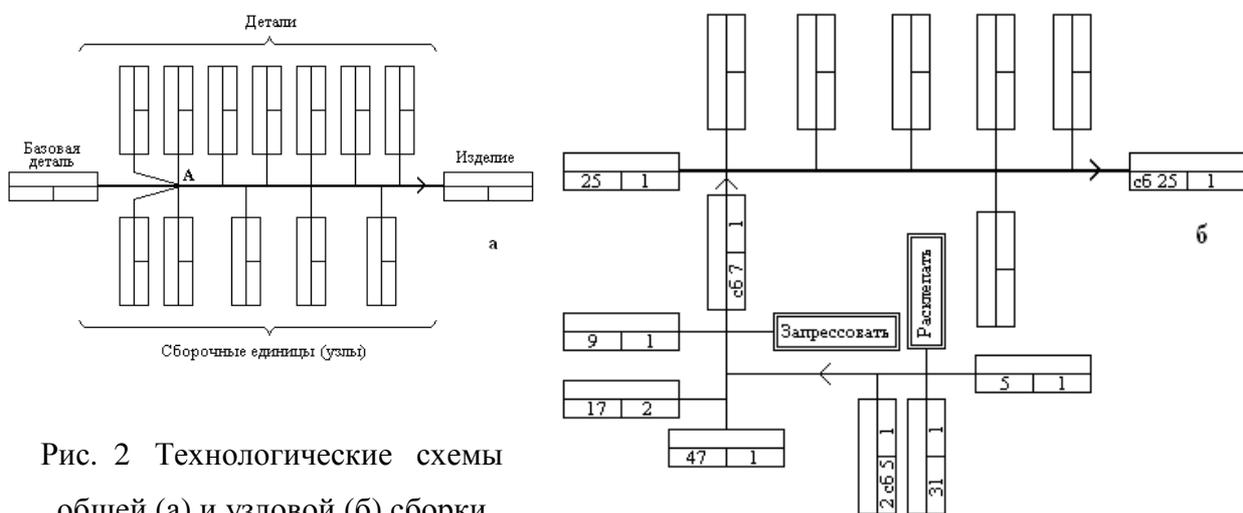


Рис. 2 Технологические схемы общей (а) и узловой (б) сборки

На этих схемах каждый элемент изделия обозначен прямоугольником, разделенным на три части. В его верхней части дано наименование элемента; в левой нижней части — числовой индекс, а в правой нижней — число элементов, входящих в данное соединение.

Индексацию элементов производят в соответствии с номерами, проставленными на сборочных чертежах и в спецификациях. Перед числовым индексом составной части изделия ставят буквы сб. (сборка), перед индексом составной части второго порядка — 2 сб. и т. д.

Элемент, с которого начинают сборку изделия (его составной части), называется базовым. По его номеру ставят числовой индекс составной части, в которую он входит.

Процесс общей сборки изображают на схеме горизонтальной линией. Ее проводят в направлении от базового элемента изделия к собранному объекту. Сверху располагают в порядке последовательности сборки условные обозначения всех непосредственно входящих в изделие деталей, а снизу всех непосредственно входящих в изделие составных частей. На технологических схемах узловой сборки эти составные части расчленяют на составные части высших порядков, а в отдельных случаях — только на детали.

Технологические схемы сборки снабжают надписями — сносками, поясняющими характер сборочных работ (запрессовку, пайку, клепку, выверку, регулирование, проверку зазоров и пр.), когда они не ясны из схемы, и выполняемый при сборке контроль. Дополнительные работы, к которым можно отнести частичную или полную разборку составных частей при сборке машины, также отражают на схеме пояснительной надписью.

Технологические схемы упрощают проектирование процессов сборки и позволяют оценить технологичность конструкции изделия. Предпочтительна та конструкция изделия, которая позволяет выполнять его сборку из предварительно собранных взаимозаменяемых составных частей. В этом случае сборку составных частей и изделия выполняют параллельно и независимо, что сокращает ее длительность. Схемы отражают возможность одновременной установки нескольких составных частей изделия на его базовую деталь (точка А на рис.1, а), что также сокращает длительность цикла сборки. Кроме того, составные части поступают на сборку изделия после технического контроля их качества, что позволяет быстрее обнаруживать дефекты общей сборки, которые в этом случае следует искать в соединениях составных частей, а не внутри их. Составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки (параллельно), обеспечивая необходимую согласованность и координацию действий на основе схемы общей сборки изделия. При построении технологических схем можно также выявить допущенные конструктивные неувязки собираемого изделия.

Технологические схемы сборки на одно и то же изделие можно составить в нескольких вариантах, которые отличаются структурой и последовательностью комплектования

сборочных элементов. Принятый вариант фиксируют составленной схемой, которая является одним из основных технологических документов. Создавая новые машины, следует предусматривать их общую сборку из предварительно собранных составных частей (принцип узловых сборки), что обеспечивает преимущества не только при их производстве, но также при обслуживании, эксплуатации и ремонте.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ СБОРКИ

Структура сборочных процессов

Сборка многокомпонентных изделий (автомобилей, станков, компрессоров, двигателей и др.) отличается сложностью. Изучать структуру сборочных процессов необходимо для выбора рационального варианта технологического процесса, установления целесообразной степени специализации сборщиков, наивыгоднейшего деления процесса на части для повышения серийности и загрузки рабочих мест, а также для определения связи с производственным процессом в целом. На структуру сборочных процессов влияют конструкция изделия, его размеры и масса, программа выпуска, время сборки, степень кооперации производства, место расположения смежных участков и цехов предприятия.

В общем случае процесс сборки расчлняют на следующие последовательно выполняемые этапы: предварительная сборка, промежуточная сборка, узловая сборка, общая сборка изделия, разборка изделия (если необходимо). Предварительную сборку применяют для заготовок, составных частей или изделия в целом, которые в последующем подлежат разборке.

Промежуточную сборку выполняют для припасовки сопрягаемых деталей перед окончательной сборкой. Ее часто производят перед окончательной обработкой соединяемых деталей (совместное растачивание разъемного подшипника с крышкой). Эта сборка обеспечивает последующую окончательную сборку соединения без потерь времени, что важно при поточных методах работы.

Узловая сборка — сборка, объектом которой является составная часть изделия. Эта сборка может быть окончательной, если собираемые составные части изделия поступают потребителям в качестве запасных частей.

Общая сборка — сборка, объектом которой является изделие в целом. Она является заключительным этапом сборочного процесса, обеспечивающим заданное качество изделий. После окончательного (приемочного) контроля изделие обычно окрашивают. Изделие

разбирают, если его размеры и масса не позволяют транспортировать его на место эксплуатации.

Изделия собирают на рабочих местах, сборочных участках и в отделениях сборочного цеха. На рабочем месте один или несколько сборщиков выполняют работу по сборке одного или нескольких одинаковых изделий. Рабочее место может иметь один или несколько рабочих постов. Рабочее место оборудуют соответственно выполняемой работе. На нем должны быть созданы оптимальные физиологические условия работы (температура, освещенность, вентиляция, устранение шума и вибрации).

Сборочный участок состоит из нескольких рабочих мест. На нем собирают более крупные части изделия, поэтому он лучше оснащен, чем обычные рабочие места. В отделениях сборочного цеха собирают изделия. Они представляют самостоятельные технико-организационные подразделения с хорошо развитой структурой.

Формы сборки.

По перемещению собираемых изделий сборка может быть Двух разновидностей — *стационарной и подвижной*. Стационарная сборка — сборка изделия или его составных частей на одной позиции, а подвижная — с перемещением изделия по позициям. В единичном и мелкосерийном производстве изделие полностью собирают на одном рабочем месте (участке), один или несколько рабочих (бригада сборщиков). При выпуске одинаковых изделий более крупными партиями их собирают одновременно на нескольких рабочих местах. По принципу пространственного размещения объектов и средств производства сборку можно подразделять по видам собираемый изделий (малые, средние и крупные изделия) и по технологии ее выполнения (участки сварки, клепки, пайки, окраски и пр.). По временному принципу сборка может быть последовательной, параллельной и смешанной. Различное сочетание данных признаков приводит к частным разновидностям стационарной сборки. При большой программе выпуска стационарную сборку разделяют на узловую и общую.

По организации производства сборку подразделяют на поточную и групповую (в условиях групповой организации производства). *Поточную сборку* выполняют при разделении технологического процесса на небольшие и однородные по технологическому содержанию операции, одновременно выполняемые на последовательно расположенных рабочих местах, образующих поточную сборочную линию. Если длительность операций на всех рабочих местах одинакова и соответствует заданной производительности, то работу на

линии выполняют с непрерывной передачей объекта сборки с одного рабочего места на другое (непрерывным потоком). При поточной сборке содержание операций по их длительности согласуют с темпом работы. Под *темпом* понимают расчетный (регламентированный) промежуток времени, через который с поточной линии должна выпускаться единица продукции. При заданном режиме работы цеха темп t зависит от выпуска и определяется делением фонда времени F (годового, сменного) в часах на программу выпуска N изделий в штуках за тот же промежуток времени.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ

К исходным данным для проектирования технологических процессов сборки относятся сборочный чертеж изделия, технические условия его приемки, программа выпуска изделий, срок выполнения задания (предполагаемая длительность выпуска изделий в годах). При большой программе выпуска изделий технологический процесс сборки разрабатывают подробно, при малой — сокращенно. Для проектирования используют справочные материалы: рекомендации по улучшению технологичности конструкции изделий, каталоги сборочного и подъемно-транспортного оборудования, альбомы сборочной технологической оснастки, нормативы по нормированию сборочных работ, примеры сборки аналогичных изделий.

Цель технологических разработок — дать подробное описание процессов сборки изделия с технико-экономическими расчетами и обоснованиями, выявить необходимые средства производства, площади, рабочую силу, трудоемкость и себестоимость сборки изделия. Технологические процессы разрабатывают при проектировании новых и реконструкции заводов, при организации выпуска новых объектов на действующих заводах. Кроме того, внедренные технологические процессы периодически корректируют и улучшают на действующих предприятиях.

При проектировании технологических процессов сборки для действующих и реконструируемых заводов необходимо иметь сведения о сборочном оборудовании, площадях действующих сборочных цехов и других местных условиях производства. Кроме того, надо знать, какие части изделия поступают со стороны от смежных предприятий и условия их поставки.

Конструкция изделия и технологический контроль сборочного чертежа и технических условий. Сборочный чертеж должен содержать необходимые проекции и разрезы; спецификацию элементов изделия; размеры, выдерживаемые при сборке; посадки в со-

пряжениях; данные о массе изделия и его составных частей. В технических условиях указывают точность сборки, качество сопряжений, их герметичность, жесткость стыков, моменты затяжки резьбовых соединений, точность балансировки вращающихся частей и другие сведения. В технических условиях приводят указания о методах выполнения соединений, желательной последовательности сборки, методах промежуточного и окончательного контроля изделий. На основе анализа конструкции изделия составляют возможные предложения по его конструктивным изменениям, упрощающим сборку. Выявляют перспективность производства изделий, так как от этого зависит степень механизации и автоматизации сборки. Конструктор изделия, при составлении сборочных чертежей решает вопрос о методе обеспечения заданной точности замыкающих звеньев размерных цепей изделия. Технолог проверяет принятое решение. Оно может быть изменено по согласованию с конструктором изделия, если технолог предложит более рациональный метод сборки. Принятый метод сборки должен быть достаточно полно отражен в сборочном чертеже изделия и оговорен в технических условиях на его приемку.

Составление технологических схем сборки. Изучение собираемого изделия завершается составлением технологических схем общей и узловой сборки. Эти схемы, являясь первым этапом разработки технологического процесса, в наглядной форме отражают маршрут сборки изделия и его составных частей. Технологические схемы сборки составляют на основе сборочных чертежей изделия. При наличии образца изделия составление технологических схем облегчается. В этом случае наиболее выгодная последовательность сборки может быть установлена путем его пробной разборки. Элементы, снимаемые в не разобранном виде, представляют собой части изделия, на которые. Далее составляют технологические схемы узловой сборки; детали, снимаемые отдельно, являются элементами, непосредственно входящими в общую сборку изделия.

При определении последовательности сборки анализируют размерные цепи изделия. Если изделие имеет несколько размерных цепей, то сборку следует начинать с наиболее сложной и ответственной цепи. В каждой размерной цепи сборку завершают установкой тех элементов соединения, которые образуют ее замыкающее звено. Эта последовательность сборки должна быть четко отражена в технологических! схемах. При наличии размерных цепей с общими звеньями начинают сборку с элементов той цепи, которая наиболее влияет на точность изделия. Если цепи равноценны по точности получаемых результатов, сборку начинают с более сложной цепи.

На последовательность сборки влияют функциональная взаимосвязь элементов изде-

лия, конструкция базовых элементов, условия монтажа силовых и кинематических передач, желательность постановки легко повреждаемых элементов в конце сборки, размеры и масса присоединяемых элементов, а также степень взаимозаменяемости элементов изделия.

При производстве невзаимозаменяемых изделий на последовательность сборки влияют пригоночные работы, промежуточные разборка и сборка соединений, дополнительная обработка, очистка и контроль деталей.

Технологические схемы сборки являются основой для последующего проектирования технологических процессов сборки. Сначала составляют схему общей сборки, а затем схемы узловой сборки. Технологические схемы узловой сборки разрабатывают в этом случае несколько технологов параллельно, что сокращает время на подготовку производства. Вариант схемы сборки выбирают с учетом удобств работы и контроля качества сборки, числа сборщиков, уменьшения необходимой оснастки и оборудования, сокращения времени и себестоимости сборки, а также возможности применения средств ее механизации и автоматизации. Принятый вариант схемы может быть на последующих этапах проектирования технологии сборки скорректирован с учетом необходимости догрузки сборщиков на отдельных сборочных постах.

Тип производства.

По принятым технологическим схемам узловой и общей сборки выявляют технологические и вспомогательные сборочные операции. Содержание операций сборки устанавливают так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная по своему характеру и технологически законченная работа, что способствует лучшей специализации сборщиков и повышению производительности их труда. Затем определяют темп общей и узловой сборки.

По темпу для изделия и его одноименных составных частей определяют тип производства. Если темп значительно превышает среднюю предварительно найденную длительность операций, то сборку ведут по принципу серийного производства. На одном рабочем месте периодически (партиями) собирают прикрепленные к нему различные изделия. Если темп близок или меньше средней длительности операций, то сборку ведут по принципу массового производства, закрепляя за каждым рабочим местом определенную сборочную операцию. В этом случае сборку выполняют поточным методом. При малом темпе (2—3 мин) процесс сборки дифференцируют, выделяя небольшие по своему содержанию операции. Если это по технологическим соображениям затруднительно или невозможно сде-

лать, то операции выполняют параллельно, дублируя рабочие места.

С дифференциацией сборки повышается специализация и производительность труда сборщиков, сокращаются сроки освоения работы на каждой операции. Вместе с тем при большой степени дифференциации работа становится однообразной и утомительной. На таких операциях наблюдается повышенная текучесть рабочей силы. Поэтому дифференциацию проводят осмотрительно за исключением случаев автоматизации сборки. Для более простых операций можно, например, применять дешевые роботы с цикловым управлением; для более сложных операций используют более дорогие роботы с ЧПУ.

При поточном методе работы штучное время на операцию должно быть равно темпу (точнее, несколько меньше темпа для создания небольшого резерва в случае непредвиденных задержек сборки) или кратно ему. Коэффициент загрузки рабочих мест должен быть достаточно высоким (не ниже 0,95); его величину на первых операциях поточной линии следует брать меньше, чем на последних операциях; этим обеспечивается большая надежность работы линии в случае вынужденных задержек сборки.

При серийном производстве намечают производственные партии изделий и их составных частей, исходя из трудоемкости наладки оборудования, длительности процессов сборки, календарных сроков выпуска изделий и других организационных и экономических соображений. Производственную партию изделий часто берут по директивным (плановым) срокам их выпуска. Ориентировочно производственную партию частей изделий назначают следующих размеров. При малой программе выпуска и сложных изделиях ее берут равной трехмесячной программе, для средних изделий — месячной программе; для простых изделий с большой программой выпуска — двухнедельной программе. Установленные производственные партии корректируют при последующей детальной разработке технологического процесса.

Организационная форма сборки.

Зная исходные данные, установленные методы сборки изделия и принятый тип производства, выбирают организационную форму сборочного процесса. На выбор организационной формы сборки влияют конструкция изделия, его размеры и масса, программа и сроки выпуска. При решении этого вопроса учитывают соображения и рекомендации, приведенные в параграфе 9. Организационные формы сборки устанавливают отдельно для изделия и его составных частей. В общем случае они могут быть разными.

Тот или иной вариант организационной формы сборки конкретного изделия выбирают

на основе расчетов себестоимости выполнения сборки с учетом сроков подготовки и оснащения производства необходимым технологическим и подъемно-транспортным оборудованием. На выбор разновидности поточно-конвейерной сборки влияют удобство сборки и доступность к изделию с разных сторон. Подвесной конвейер, например, удобнее для сборки сложных изделий средних размеров, чем конвейер пластинчатого типа. Организационные формы сборки влияют на выбор схемы базирования и установление норм времени на выполняемые операции.

Составление маршрутной технологии общей и узловой сборки.

Маршрутная технология включает установление последовательности и содержания технологических и вспомогательных операций сборки. Последовательность сборки определяется на основе технологических схем и дополнительных соображений, изложенных в параграфе 6. Содержание операций устанавливается в зависимости от выбранного типа производства и темпа сборки. При массовом производстве содержание операции должно быть таким, чтобы ее длительность была равна темпу (несколько меньше темпа) или кратна ему. Выполняемая работа должна быть по своему характеру однородной и отличаться определенной законченностью. Длительность операции определяют укрупненно по нормативам с последующими уточнением и корректировкой. При этих условиях средняя загрузка всех рабочих мест сборочной линии должна быть достаточно высокой (порядка 0,9 — 0,95).

При серийном производстве содержание операций принимают таким, чтобы на отдельных рабочих местах выполняемая узловая и общая сборка данного и других изделий периодически сменяемыми партиями обеспечивала достаточно высокую загрузку рабочих мест. Для общей сборки

$$[(t_{шт1} N_1 + t_{шт2} N_2 + \dots + t_{штn} N_n) + (T_{пз1} + T_{пз2} + \dots + T_{пzn}) k] m \leq F_d$$

Здесь $t_{шт1}, t_{шт2}, \dots$ — время общей сборки первого, второго, ..., n -го изделия; $T_{пз1}, T_{пз2}, \dots$ — подготовительно-заключительное время для первого, второго, ..., n -го изделия; k — число партий в год; F_d — действительный годовой фонд рабочего времени; N_1, N_2, \dots — годовая программа выпуска первого, второго, ..., n -го изделия; m — число станков общей сборки; n — число изделий, собираемых на данном станке.

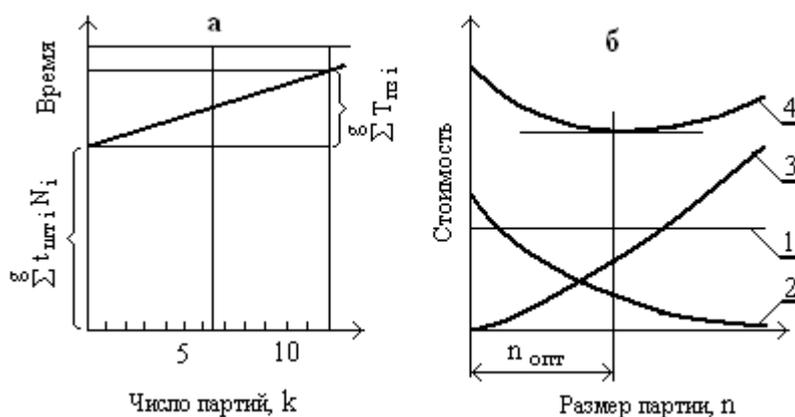


Рис. 3. Влияние размера партии на трудоемкость (а) и себестоимость (б) сборки.

$n_{\text{опт}}$ – оптимальный размер партии; 1- себестоимость сборки всех прикрепленных частей изделия; 2 - издержки на переналадку сборочного оборудования и его простой при переналадке; 3 - затраты с ростом не-завершенного производства при увеличении размера партии и затраты на расширение производственных площадей для хранения изделий; 4 - суммарная кривая, область \min которой определяет $n_{\text{опт}}$

Обеспечивая равномерный (месячный) выпуск изделий ($k=12$), получим число станков общей сборки

$$m = F_d / [(t_{шт1} N_1 + t_{шт2} N_2 + \dots + t_{шtm} N_n) + (T_{пз1} + T_{пз2} + \dots + T_{пзн}) k]$$

Найденное значение m округляют до ближайшего большего $m_{\text{пр}}$ загрузки сборочного станка; при этом $\eta_z = m / m_{\text{пр}}$. Если η_z мало (0,5—0,7 при $m_{\text{пр}}=2$; 0,65—0,75 при $m_{\text{пр}}=3\dots$), то $m_{\text{пр}}$ следует уменьшать (до значений 1, 2... в тех же случаях) путем сокращения $t_{\text{шт}}$. Последнее обеспечивается увеличением числа сборщиков, обслуживающих данный станок, применением более производительной оснастки и другими мероприятиями, повышающими производительность труда. Если $\eta_z < 0,7$ при $m_{\text{пр}} = 1$, то сборочный станок следует догрузить сборкой других изделий.

Затраты времени на общую сборку изделия на одном сборочном станке приведены на рис. 3, а. При узловой сборке число партий должно быть не меньше принятого значения k , иначе нарушится комплектность подачи составных частей изделия на общую сборку. Число (а следовательно, и размер) партий при узловой сборке можно уста

Пример 1

Разработка технологической схемы сборки делителя мощности СВЧ

Решение. Делитель выполнен в виде корпуса-тройника 4, внутри которого помещены фидеры, соединяемые с коаксиальной линией через гнездовые разъемы. Сигнал от источника подводится к фидеру 1 через разъем, состоящий из гнезда 7, втулки 6 и изоляционного опорного кольца 8. Корпусом этого разъема служит штуцер 2, запрессованный в корпус и зафиксированный штифтом 3. Делитель симметричен относительно оси фидера 1, поэтому подводимая мощность делится пополам и по двум равным плечам фидера 5 и одинаковым разъемам, состоящим из гнезд 12, втулок 6 и изолирующих полуколец 11, поступает в линию. Постоянство коэффициента деления и уменьшение отраженного сигнала обеспечивается двумя одинаковыми короткозамкнутыми поршнями с фидерами 9.

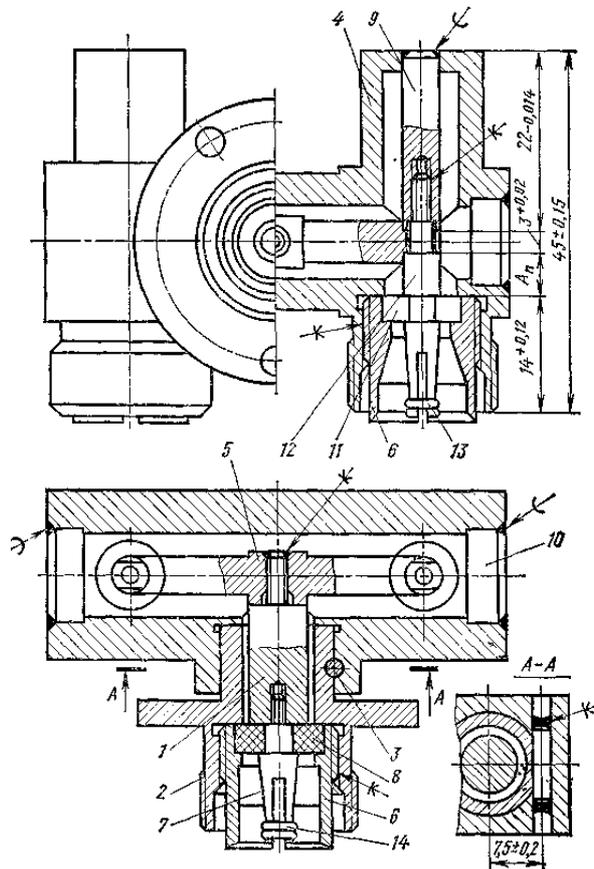


Рис. 1. Делитель мощности

1 - фидер; 2 - штуцер; 3 - штифт; 4 - корпус-тройник; 5 - плечо фидера; 6 - втулка; 7 - гнездо; 8 - изоляционное опорное кольцо; 9 - короткозамкнутый поршень с фидером; 10 - заглушка; 11 - изолирующее полукольцо; 12 - гнездо.

Отверстие вдоль продольной оси корпуса, в котором расположен фидер 5, сквозное. Это облегчает обработку корпуса и сборку делителя. В процессе сборки оно закрывается двумя заглушками 10. При сборке делителя необходимо припаивать фидер 9 и заглушки 10 к корпусу 4 по окружности припоем ПОС-40, а все резьбовые детали (поз. 1, 6, 7, 12) устанавливать на 55%-ном спиртошеллачном лаке. Разработанная схема сборочного состава и технологическая схема сборки приведены на рис. 3.2 и 3.3 соответственно.

Показатель степени сложности сборочного состава $n = 6$, средняя полнота сборочного состава $p = 9/5 = 1,8$; модуль расчлененности (с учетом разработанного технологического процесса) $M = 12/9 = 1,33$.

Конструкция делителя содержит большое количество точных деталей, легко расчленяется на сборочные единицы, что допускает как дифференциацию, так и концентрацию операций сборки. С точки зрения процесса сборки корпус делителя не технологичен. Затруднена сборка фидеров и особенно фидеров 9, 5, гнезда 12. Для сборки этой части делителя мощности необходимо использовать специальную оправку, которая удаляется из корпуса после пайки фидера 9.

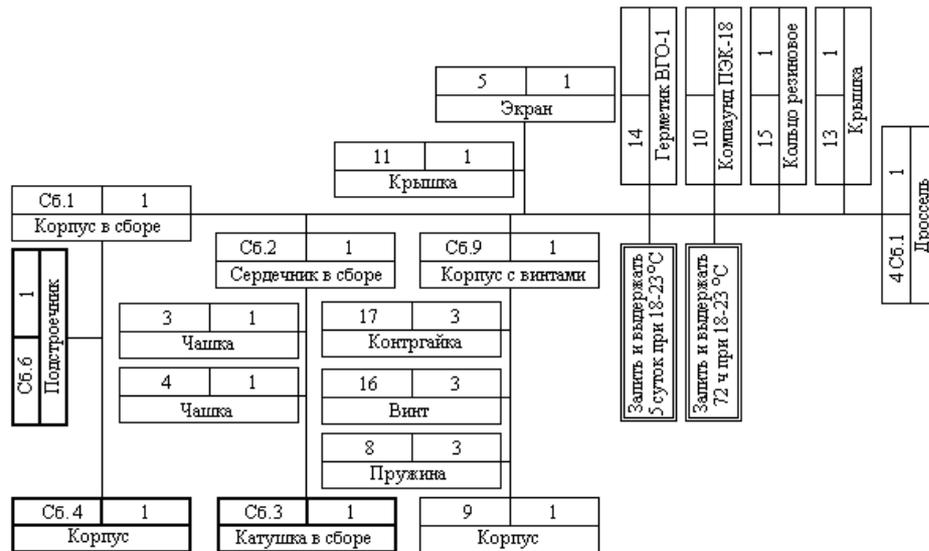


Рис. 2. Технологическая схема сборки дросселя

Пример 3

Разработка ССС и ТСС конденсатора переменной емкости

Решение. Конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком состоит из ротора 1 и статора 2, установленных в двух керамических платах 7. Статор запаивают в металлизированные отверстия плат, ротор закрепляют в двух бронзовых втулках 6. Напряжение на обкладки конденсатора подается через контакты 3, 4, 5 и 8,

Статор и ротор собирают независимо друг от друга, окончательную сборку осуществляют в приспособлении, обеспечивающем требуемую величину зазора между пластинами ротора и статора. Схемы сборки конденсатора приведены на рис. 1 и 2.

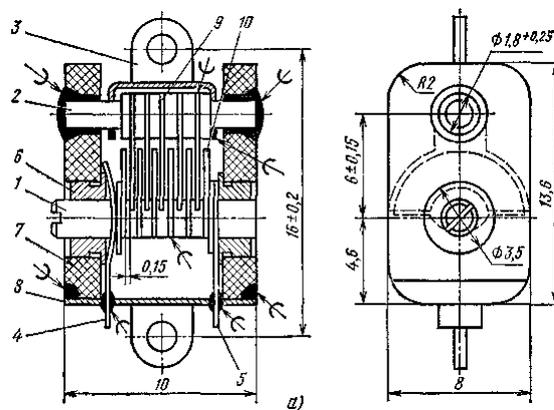


Рис. 1. Конденсатор переменной емкости (КПЕ)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Что называют сборкой изделия?
2. Что представляет собой групповая технология?
3. Что принимают за типовой ТП?
4. Каковы основные принципы и содержание работ технологической подготовки производства (ТПП)?
5. Опишите функции и проблемы ТПП.
6. Как обеспечивается технологичность конструкции изделия?
7. Каковы методы построения принципиальной схемы технологического процесса производства РЭС?
8. Поясните сущность алгоритма построения автоматизированного проектирования технологического маршрута.
9. Поясните алгоритм построения технологического процесса сборки типовых узлов.
10. Как исследуется множество переходов этапов технологического маршрута?
11. Как осуществляется упорядочивание укрупненных операций?
12. Поясните алгоритм дифференциации укрупненных операций.
13. Как используются методы типизации при автоматизированном проектировании технологического маршрута?
14. Поясните работу алгоритма проектирования технологических операций.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Параметр, характеризующий качество обработанных на операции изделий, будем называть параметром оптимизации.

Часто желательно, чтобы параметр оптимизации имел либо минимально либо максимально возможное значение. Например, при пайке печатных плат волной припоя процент бракованных паяных соединений должен быть минимально возможным; при ультразвуковой сварке деталей прочность соединения должна быть максимально возможной; при чистовой токарной обработке шероховатость поверхности деталей должна быть минимально возможной (для сокращения времени обработки на последующих финишных операциях). Таким образом, целесообразно осуществлять оптимизацию операций, которая сводится к установлению технологических факторов, влияющих на параметр оптимизации, и подбору таких их значений, при которых параметр оптимизации будет иметь наилучшее возможное значение.

К технологическим факторам относятся:

- режимы операции (время, температура, скорость и т.п.);
- технологические материалы (припой и флюс при пайке, смазывающе-охлаждающая жидкость при механообработке и т.п.);
- характеристики инструмента (угол заточки сверла, процентное содержание компонентов в электролите и т.п.);
- тип используемого оборудования.

Во многих случаях помимо технологических факторов на параметр оптимизации влияют конструктивные характеристики обрабатываемых изделий. Например, при пайке печатных плат волной припоя на параметр оптимизации влияют размеры платы и ее насыщенность проводниками, поскольку от этих конструктивных характеристик зависит степень прогрева платы, а следовательно качество получаемых паяных соединений. Таким образом, при наличии влияния на параметр оптимизации конструктивных характеристик изделия, оптимизацию операций следовало бы осуществлять перед изготовлением всех партий новых изделий, конструктивные характеристики которых иные, чем у ранее выпус-

кавшихся изделий. Практически же такая оптимизация целесообразна только при достаточно большом объеме партии, поскольку лишь в этом случае затраты на оптимизацию окупятся за счет повышения качества изделий.

Целью работы является освоение методики оптимизации технологических операций перед изготовлением партии новых изделий.

2. ПРИБОРЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Персональный компьютер.
2. Компьютерная программа для расчетов при оптимизации технологических операций методом крутого восхождения.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Переписать исходные данные для операции, указанной преподавателем.

Вариант 1. Операция пайки печатных плат волной припоя

- Параметр оптимизации – процент бракованных (некачественных) паяных соединений. Качество соединений оценивается при их контроле по внешнему виду по принципу «годен – брак». Возможный диапазон изменения параметра оптимизации 0...2,5%.
- Объем партии печатных плат новой конструкции – 20000 шт.
- Флюсование плат можно осуществлять только одним способом (вспениванием флюса).
- Для пайки должен использоваться припой ПОС 61.
- На предприятии в наличии имеются флюсы марок ГЭСп и КТС.
- Скорость припоя в волне (скорость фонтанирования) составляет 7м/мин. Изменять ее не возможно.
- Угол наклона конвейера относительно волны припоя составляет 9°. Изменять его не возможно.
- Форма волны припоя плоская. Изменять ее не возможно.
- На предприятии для волновой пайки плат используется только одна установка.

Вариант 2. Операция токарной обработки

- Параметр оптимизации – шероховатость обработанной поверхности по параметру R_a , который определяется с помощью профилометра. Возможный диапазон изменения параметра оптимизации 0,3...2,0 мкм.
- Объем партии деталей – 30000 шт. Детали изготавливаются из стали 45, которая ранее на имеющихся на участке токарных станках не обрабатывалась.
- При обработке используются станки только одного типа, который выбирается заранее.
- При обработке используются резцы из быстрорежущей стали P18; передний угол резания $\gamma = 12^\circ$, задний угол резания $\alpha = 10^\circ$.
- В процессе обработки смазывающе – охлаждающие жидкости (СОЖ) не используются.

Вариант 3. Операция ультразвуковой сварки

- Параметр оптимизации – прочность на срез соединения между сваренными внахлест деталями. Возможный диапазон изменения параметра оптимизации 0,8...12 Н.
- Объем партии – 40000 пар сваренных деталей, одна из которых изготовлена из никелевой, а другая из стальной ленты толщиной 0,06 мм. Ранее ультразвуковая сварка материалов такой толщины и в таком сочетании на предприятии не осуществлялась.
- При сварке используются установки только одного типа, который выбирается заранее.
- При сварке используется сварочный наконечник из быстрорежущей стали P18. Диаметр рабочей части наконечника 0,6 мм.
- Колебания в зону сварки вводятся со стороны стальной детали.

3.2. Записать:

Необходимо осуществить этапы оптимизации технологической операции методом кругового восхождения до стадии получения серии мысленных опытов включительно.

Указать параметр оптимизации и возможный диапазон его изменения.

3.3. Записать:

Оптимизация целесообразна при выполнении следующих условий:

На параметр оптимизации влияют какие-либо конструктивные характеристики изделия (размеры, конфигурация, материал и т.п.). Причем ранее изделия с такими характеристиками на рассматриваемой операции не обрабатывались.

Объем партии изделий достаточно велик для того, чтобы затраты на оптимизацию окупились за счет повышения качества изделий.

Доказать, что для рассматриваемой операции эти условия выполняются.

Примечание. При выполнении п.3 и п.5 наряду с исходными данными и лекционными материалами можно воспользоваться источниками информации, указанными в Библиографическом списке для соответствующих вариантов.

3.4. Ознакомиться с сутью оптимизации технологических процессов методом крутого восхождения.

3.5. Выбор технологических факторов

Обоснованно указать все факторы, влияние которых на параметр оптимизации очевидно или возможно (не исключается). Из этих факторов обоснованно отобрать те, изменение которых в процессе оптимизации невозможно или нецелесообразно. Для каждого из них указать значение (если фактор количественный) или объект (если фактор качественный), которые будут использоваться в эксперименте [1, с.35]. Например, в эксперименте с пайкой волной припоя угол наклона конвейера будет равен 9° (количественный фактор); в эксперименте с токарной обработкой будет использоваться станок типа ПТ-1475 (качественный фактор).

Оставшихся факторов должно быть не более 5. Они будут варьироваться при проведении эксперимента.

Для каждого из варьируемых факторов: 1) ввести согласованное с преподавателем обозначение и прикинуть область определения 2) установить основной (нулевой) уровень, интервал варьирования, верхний и нижний уровни. После проверки преподавателем полученных результатов оформить их в виде таблицы.

3.6. Составление плана эксперимента.

Планируемых опытов должно быть не более восьми. Поэтому при четырех или пяти варьируемых факторах необходимо планировать дробный факторный эксперимент.

Построить расширенную (т.е. с указанием взаимодействий) матрицу планирования.

В случае дробного факторного эксперимента указать, какие факторы к каким взаимо-

действиям приравниваются (согласовать это с преподавателем).

3.7. Проведение эксперимента.

3.7.1. Получить у преподавателя значения параметра оптимизации в параллельных опытах (число параллельных опытов $m = 2$). Эти значения заносятся в последний столбец предварительно построенной нерасширенной (рабочей) матрицы планирования.

3.7.2. Проверить гипотезу об однородности дисперсий по критерию Кохрена при уровне значимости $q = 0,05$.

Здесь и далее все величины в формулах именовать! Здесь и далее соответствующие расчеты можно проводить на калькуляторе или с использованием компьютерной программы «Model».

3.8. Построение математической модели.

3.8.1. Вычислить коэффициенты полинома и проверить гипотезу о их значимости по критерию Стьюдента при уровне значимости $q = 0,05$.

Привести окончательный вид модели (без учета отброшенных незначимых членов).

3.8.2. Проверить адекватность модели. В случае использования критерия Фишера принять уровень значимости $q = 0,05$.

3.9. Принятие решений после построения модели

Записать:

Поскольку модель адекватна, а о положении оптимума информации нет, то принимается решение о движении по градиенту.

3.10. Определение шагов по факторам для осуществления крутого восхождения

3.10.1. Как в случае линейной так и в случае нелинейной модели движение по градиенту следует начинать из точки А, в которой при проведении эксперимента было получено наилучшее значение параметра оптимизации. Указать координаты этой точки.

3.10.2. Используя полученную математическую модель (в виде полинома), вычислить для точки А составляющие градиента по всем входящим в модель количественным факторам в кодированном (δ_i) и натуральном (∇_i) выражениях

$$\delta_i = \partial y / \partial x_i; \quad \nabla_i = \delta_i J_i,$$

где y – параметр оптимизации; x_i – количественные факторы; J_i – интервал варьирования i -го фактора.

3.10.3. Фактор, для которого значение $|\delta_i|$ оказалось максимальным, принять за базовый. Выбрать шаг по этому фактору при движении по градиенту ΔX_6 (в натуральном выражении). При этом руководствоваться тем, что шаг ΔX_6 должен быть в несколько раз меньше области определения базового фактора и приводить к изменению параметра оптимизации в лучшую сторону.

Определить шаги для остальных факторов по формуле

$$\Delta X_i = \nabla_i \Delta X_6 / \nabla_6,$$

где ∇_6 – составляющая градиента по базовому фактору (в натуральном выражении).

10.4. Качественные факторы в процессе крутого восхождения фиксируют на уровнях, установленных в точке А. Указать объекты, соответствующие этим уровням.

Путем последовательного прибавления найденных шагов к координатам точки А (в натуральном выражении) получить серию опытов крутого восхождения (мысленных опытов). Серия прерывается опытом, в котором значение хотя бы одного из изменяемых факторов выходит из области определения этого фактора.

Далее мысленные опыты реализуются.

3.11. Принятие решений после реализации мысленных опытов

Крутое восхождение считается эффективным, если хотя бы в одном из осуществленных мысленных опытов значение параметра оптимизации окажется лучше, чем в точке А (см. п.10.1).

Если крутое восхождение оказалось эффективным, то выявляется мысленный опыт, в котором было получено наилучшее значение параметра оптимизации. Значения технологических факторов в этом опыте принимаются за оптимальные при изготовлении партии новых изделий.

Если крутое восхождение оказалось неэффективным, то ставится несколько параллельных опытов в центре плана (т.е. в точке с координатами $x_i = 0$) и вычисляется среднее арифметическое значение параметра оптимизации в этих опытах. Из опытов, реализованных в точке А и в центре плана, выбирается тот, в котором значение параметра оптимизации окажется лучше. Значения технологических факторов в этом опыте принимаются за оптимальные.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должна содержаться полная информация о результатах работы, которую требуется выполнить согласно пунктам раздела «Порядок выполнения работы».

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. При каких условиях целесообразна оптимизация технологических операций перед выпуском партии новых изделий?
- 5.1. В чем состоит суть оптимизации технологических процессов методом крутого восхождения?
- 5.1. Чем обосновывается влияние выбранных при выполнении работы технологических факторов на параметр оптимизации?
- 5.1. По какой формуле натуральные значения факторов преобразуются в кодированные?
- 5.1. Каковы этапы процесса оптимизации технологических процессов методом крутого восхождения?
- 5.1. Может ли быть нелинейной математическая модель, построенная с применением дробного факторного эксперимента?
- 5.1. Из какой точки факторного пространства целесообразно начинать движение по градиенту (крутое восхождение)?
- 5.1. Каковы возможные действия после реализации серии мысленных опытов?

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

ВВЕДЕНИЕ

Конечным результатом работы инженера – технолога является комплект технологической документации, по которому осуществляется технологическая подготовка производства, организация работы и изготовление требуемой продукции. Для разработки и оформления такой документации выработаны единые правила и требования, которые изложены в комплекте стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД), разработанной для машиностроительных и приборостроительных организаций и предприятий СССР и действующей на территории России и СНГ.

В данном пособии изложены понятия и требования к оформлению технологической документации (ТД), которые необходимо знать при изучении технологических дисциплин по специальностям 200800, 200200, 220500, 210100, 200400, 200700 и других. Эти требования изложены в следующих стандартах:

ГОСТ 3.1001 – 81	Единая система технологической документации. Общие положения.
ГОСТ 3.1102 – 81	Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.
ГОСТ 3.1103 – 82	Единая система технологической документации. Основные надписи.
ГОСТ 3.1104 – 81	Единая система технологической документации. Общие требования к формам, бланкам, документам.
ГОСТ 3.1109 – 81	Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий.
ГОСТ 3.1111 – 77	Единая система технологической документации. Правила учета, хранения и внесения изменений.
ГОСТ 3.1113 – 79	Единая система технологической документации. Правила оформления документов, применяемых при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов.
ГОСТ 3.1116 – 79	Единая система технологической документации. Нормоконтроль.
ГОСТ 3.1118 – 82	Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.
ГОСТ 3.1119– 83	Единая система технологической документации. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы.
ГОСТ 3.1120– 83	Единая система технологической документации. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации.

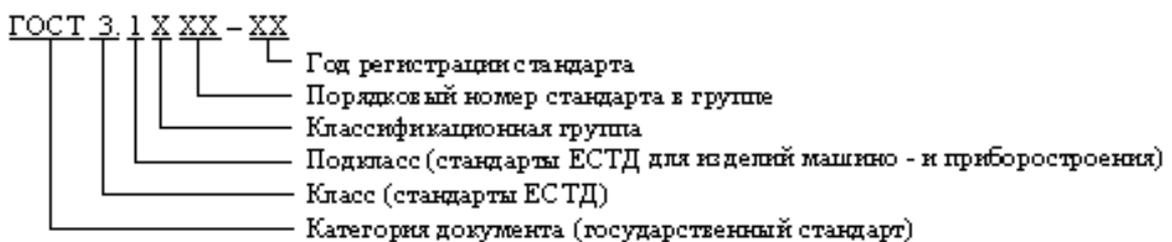
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЕСТД

1.1. Общие положения ЕСТД

ЕСТД – это комплекс государственных стандартов и руководящих нормативных документов, устанавливающих правила разработки, комплектации, оформления и обращения ТД, применяемой при изготовлении и ремонте изделий, включая контроль, испытания и перемещения.

Польза ЕСТД заключается в применении унифицированных бланков ТД, единых правил оформления ТД, в возможности создания информационной базы для АСУ и проектирования технологических процессов, т.е. в создании единого «алфавита» для технологической документации, который понятен всем технологам.

Обозначение стандартов ЕСТД формируется следующим образом:



Примеры обозначения смотрите во ВВЕДЕНИИ.

В ЕСТД существуют следующие классификационные группы:

- 0 – общие положения;
- 1 – основополагающие положения;
- 2 – классификация и обозначение ТД;
- 3 – учет применяемости деталей и сборочных единиц в изделиях и средств технологического оснащения;
- 4 – основное производство. Формы ТД и правила их оформления на процессы, специализированные по видам работ;
- 5 – основное производство. Формы ТД и правила их оформления на испытание и контроль;
- 6 – вспомогательное производство. Формы ТД и правила их оформления;
- 7 – правила заполнения ТД;
- 9 – информационная база.

1.2. Стадии разработки ТД

Стадии разработки ТД, применяемой для технологических процессов (ТП) изготовления изделий, определяются в зависимости от стадии разработки используемой конструкторской документации (КД) по ГОСТ 2.103 – 68 в соответствии с табл. 1.1.

Директивной ТД, предназначенной только для решения необходимых инженерно - технических, планово – экономических задач, при постановке изделий на производстве присваивают литеру «Д».

Стадиям разработки рабочей ТД, применяемой для технологических процессов ремонта изделий, присваивают литеру с добавлением буквы Р (например: РД, РИ, РА, РО).

Таблица 1.1 Стадиям разработки рабочей конструкторско-технологической документации

Стадия разработки КД	Стадия разработки ТД	Литера ТД
Техническое предложение	Не разрабатывается	-
Эскизный проект Технический проект	Предварительный проект	П
Опытная партия	Опытная партия	О
Серийное (массовое) производство	Серийное (массовое) производство	А, Б
Единичное производство	Единичное производство	И

При разработке ТД на стадиях «Предварительный проект», «Опытная партия» ее следует выполнять в маршрутном и (или) маршрутно-операционном описании.

При разработке ТД на стадиях «Серийное (массовое) производство» ее следует выполнять в операционном описании.

1.3. Виды документов

Наиболее часто используемые виды документов приведены в табл.1.2.

1.4. Общие требования к формам, бланкам и документам

Формы ТД должны соответствовать требованиям стандартов ЕСТД. Формы ТД служат основным документом для изготовления бланков документов.

В формах ТД информацию следует записывать следующими способами:

- машинописным – шаг письма 2,54 или 2,6 мм;
- рукописным – высота букв и цифр по ГОСТ 2.304 – 81;

- типографским – в соответствии с требованиями, предъявляемыми типографским изданием;
- вычерчиванием от руки;
- вычерчиванием на графопостроителях;
- оформлением на ЭВМ.

Таблица 1.2 Формы технологических документов

Вид доку-мента	Шифр	Назначение
Титульный лист	ТЛ	Документ предназначен для оформления комплекта (-тов) или отдельных видов ТД
Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения ТП, операции или перехода
Технологическая инструкция	ТИ	Документ, предназначенный для описания ТП, методов, приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий. Применяется в целях сокращения объема ТД.
Маршрутная карта	МК	Документ предназначен для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия. Примечание: 1.МК является обязательным документом. 2.Допускается МК разрабатывать на отдельные виды работ. 3.Допускается взамен МК использовать соответствующую карту технологического процесса.
Карта технологического процесса	КТП	Документ предназначен для операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.
Карта типового (группового) технологического процесса	КТТП	Документ предназначен для описания типового (группового) технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий) в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов и общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. Применяется совместно с ведомостью технологических процессов.
Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о

		средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.
Ведомость оснастки	ВО	Документ предназначен для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделий (составных частей изделия).
Ведомость оборудования	ВОБ	Документ предназначен для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия)
Ведомость материалов	ВМ	Документ предназначен для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках, технологическом маршруте прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия (составных частей изделия). Применяется для решения задач по нормированию материалов

Ширина поля подшивки должна быть не менее 20мм.

Графы должны быть расположены в логической последовательности выполнения действий исполнителем.

Текстовые документы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 2.105-79.

При разработке текстовых документов в зависимости от типа и характера производства следует применять следующие виды описания процессов:

- маршрутные;
- операционные;
- маршрутно-операционные.

Маршрутное описание ТП – это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционное описание ТП – это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание ТП – это сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций в других технологических документах.

Операции следует нумеровать числами ряда арифметической прогрессии (005; 010; 015 и т.д.). Переходы следует нумеровать числами натурального ряда (1, 2, 3, 4 и т.д.). Установы следует нумеровать прописными буквами русского алфавита (А,Б, В и т.д.).

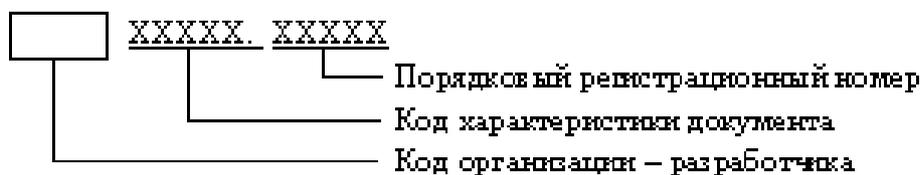
Запись данных в бланках следует производить в технологической последовательности выполнения операции, переходов, приемов работ и физических и химических процессов.

Разработанная и оформленная ТД на всех стадиях разработки подлежит нормоконтролю. Нормоконтролер проверяет:

- соблюдение в разрабатываемой ТД норм и требований стандартов и нормативных документов;
- правильность оформления ТД;
- рациональность использования номенклатур оборудования, оснастки, материалов, заготовок и технологических процессов.

1.5. Обозначения ТД

В соответствии с ГОСТ 3.1201–85 устанавливается следующая структура обозначения документа:



Структура кода характеристики документа:

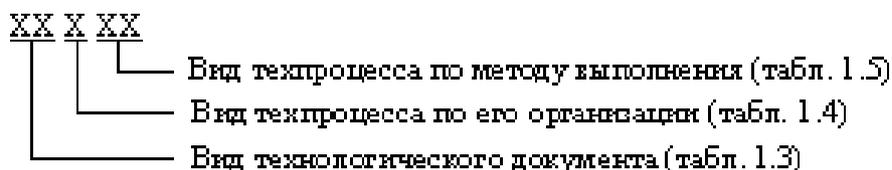


Таблица 1.3 Цифровые десятичные коды обозначения технологических документов

Код	Вид технологического документа
01	Комплект технологических документов
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
41	Ведомость расцеховки
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материала

44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
45	Ведомость изделий
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта
71	Операционная расчетно-технологическая карта
72	Ведомость операций

Таблица 1.4 Виды технологических процессов по их организации

Код	Вид технологического процесса по его организации
0	Без указания *
1	Единичный процесс (операция)
2	Типовой процесс (операция)
3	Групповой процесс (операция)

Таблица 1.5 Виды технологических процессов по методам их выполнения

Код	Вид технологического процесса по методу выполнения
00	Без указаний вида технологического процесса**
01	Технологический процесс изготовления изделия
02	Ремонт
03	Технический контроль
04	Перемещение
05	Складирование
06	Раскрой и отрезка заготовок
07	Изготовление деталей из отходов
10	Литье
11	Литье в песчаные формы
12	Литье в металлические формы
13	Литье в оболочковые формы и облицованные кокили
14	Литье по выплавляемым моделям
15	Изготовление стержней
20	Ковка и горячая штамповка
21	Ковка, горячая и холодная штамповка
30	Холодная штамповка
40	Механическая обработка
41	Обработка на многошпиндельных автоматах и полуавтоматах
42	Обработка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах и полуавтоматах
43	Обработка на одношпиндельных автоматах и полуавтоматах
44	Обработка на автоматах продольного точения
45	Групповая наладка на многошпиндельных и одношпиндельных автоматах
46	Обработка на станках с числовым программным устройством (ЧПУ)
50	Термическая обработка
51	Термическая обработка с нагревом ТВЧ
60	Изготовление деталей из пластмасс

61	Прессование деталей из пластмасс
62	Литье деталей из пластмасс под давлением
63	Экструзия деталей из пластмасс
65	Изготовление деталей методом порошковой металлургии
70	Нанесение защитного и защитно-декоративного покрытия
71	Нанесение химического, электрохимического покрытия и химическая обработка
72	Электрохимическая обработка
73	Нанесение лакокрасочного покрытия
74	Нанесение стеклоэмалевого и полимерного покрытия
75	Электрофизическая обработка
76	Электроискровая и электроимпульсная обработка
77	Электроконтактная обработка
78	Анодно-механическая обработка
79	Ультразвуковая обработка
80	Пайка
81	Пайка в печи и в ванне
82	Газопламенная пайка и пайка паяльником
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточно-изолированные и пропиточно-сушильные работы
90	Сварка
91	Дуговая и электрошлаковая сварка
92	Газовая сварка и резка
93	Точечная контактная и шовная контактная сварка
94	Стыковая контактная сварка
95	Электронно-лучевая сварка
96	Сварка трением

* Код 0 «Без указания» проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

** Код 00 «Без указания» вида технического процесса проставляют при наличии в документе нескольких видов или отсутствии необходимости обозначения конкретного вида.

2. ФОРМЫ И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАРШРУТНЫХ КАРТ

2.1. Формы маршрутных карт

Маршрутная карта (МК) является составной и неотъемлемой частью комплектов ТД, разрабатываемых на ТП изготовления или ремонта изделий и их составных частей.

Формы МК, установленные ГОСТ 3.1118 – 82, являются унифицированными и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации опи-

сания ТП.

Номера, назначение и применение форм МК приведены в табл.2.1, а размеры и бланки форм - в прил.1–4. Формы 5, 5а, в разработаны специально для заполнения на ЭВМ.

Заполнение основных надписей ТД рассмотрено в ГОСТ 3.1103–82, а маршрутных карт - в ГОСТ 3.1118 – 82. В данном пособии подробно рассмотрим заполнение МК с горизонтальным расположением листа – формы 1, 1а, 1б, 2.

2.2. Правила оформления МК

Поле формы МК разбито на вертикальные графы и горизонтальные строки. Заполнение формы должно соответствовать сочетанию условного обозначения графы и служебному символу строки. В левую крайнюю графу заносится обозначение служебного символа и порядковый номер заполняемой строки, например Б07.

На указанных формах МК при маршрутном изложении единичного технологического процесса сборки заполняются строки со служебными символами А, Б, К, М, О, Р, Т, а при операционном изложении – А, Б, К, М. Информация, вносимая в эти строки, должна соответствовать данным табл.2.2, а строки на каждую операцию располагаться в алфавитном порядке.

Таблица 2.1 Формы маршрутных карт

Номер формы МК	Назначение формы МК	Вид ТП	Применение
1	Первый, или заглавный лист	Единичные ТП, выполняемые с применением различных методов обработки.	Все методы проектирования, горизонтальное расположение листа
3	То же	То же	Все методы проектирования, вертикальное расположение листа
5	То же	То же	Автоматизированное проектирование
2	То же	Единичные ТП сборки (разъемные и неразъемные соединения)	См. примечание формы 1
4	То же	То же	См. примечание формы 3
6	То же	То же	См. примечание формы 5

1а	Обратная сторона листа для форм 1, 2	Единичные типовые и групповые ТП	Рекоменд. применять для документов маршрутного описания и не подлежащих микро-фильмированию
3а	Обратная сторона листа для форм 3, 4	То же	То же
1б	Последующие листы для форм 1, 2	То же	См. примечание формы 1
3б	Последующие листы для форм 3, 4	То же	См. примечание формы 3
5а	Последующие листы для форм 5,6	То же	См. примечание формы 5

Таблица 2.2 Обозначение служебных символов в графах маршрутных карт

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке
А	Номер операции, ее наименование, обозначение документов, применяемых при выполнении операции
Б	Наименование оборудования и информация по трудозатратам
К	Информация по комплектации изделия составными частями с указанием наименования деталей, сборочных единиц, их обозначений, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
М	Информация о применяемом основном материале, вспомогательных и комплектующих материалах с указанием наименования, единицы нормирования, количества на изделие и нормы расхода
О	Содержание операции (перехода)
Р	Технологические режимы
Т	Информация о применяемой при выполнении операции технологической оснастки

Номера строк, символы А и Б для первой операции нанесены на бланках МК. Символы А и Б для последующих операций и символы К, М, О, Р, Т для всех операций необходимо проставлять при заполнении МК. Оформление МК необходимо производить с заполнением граф в соответствии с прил.1 – 4 и табл. 2.3.

Таблица 2.3

Номер графы	Наименование (условное обозначение графы)	Служебный символ	Содержание информации
1	-	-	Общее количество листов документа
2	-	-	Порядковый номер листа документа

3	-	-	Фамилия разработчика документа (проверяющего, нормоконтролера)
4	-	-	Подпись разработчика документа (проверяющего, нормоконтролера)
5	-	-	Дата подписи
6	-	-	Обозначение предприятия (РТПП)
7	-	-	Обозначение изделия по конструкторскому документу
8	-	-	Обозначение технологического документа
9	-	-	Наименование изделия по конструкторскому документу
10	Опер.	А	Номер операции
11	Код, наименование операции	А	Наименование операции
12	СМ	А	Обозначение ОК при операционном описании технологического процесса, инструкция по охране труда для выполнения данной операции
13	Код, наименование операции	Б	Наименование оборудования
14	Проф.	Б	Профессия
15	Р	Б	Разряд работы
16	КР	Б	Количество рабочих, занятых при выполнении операции
17	КОИД	Б	Количество одновременно изготавливаемых деталей, сборочных единиц при выполнении одной операции
18	ЕН	Б	Единица нормирования, на которую установлена норма времени, например 1, 10, 100
19	ОП	Б	Объем производственной партии в штуках
20	Кшт.	Б	Коэффициент штучного времени при многостаночном обслуживании
21	Тп.з.	Б	Норма подготовительно - заключительного времени на операцию
22	Тшт.	Б	Норма штучного времени на операцию
23	Наименование детали, сб. единицы или материалы	К,М	Наименование деталей, сборочных единиц, материалов, применяемых при выполнении операции
24	Обозначение, код	К,М	Обозначение деталей, сборочных единиц по конструкторскому документу или материалов
25	ЕВ	К,М	Единица измерения величины (массы, длины, площади и т.п.) детали, материала
26	ЕН	К,М	Единица нормирования, на которую установлена норма расхода, например 1, 10, 100
27	КИ	К,М	Количество деталей, сборочных единиц, применяемых при сборке изделия
28	Н.расх.	К,М	Норма расхода материала
29	-	МК	Наименование документа

После заполнения граф МК со служебными индексами А и Б следующей свободной строке присваивается символ К, заполняются сведения о комплектующих в графах 23...28, затем свободной строке присваивается символ М, заполняются сведения о материалах в графах 23...28. Для каждого вида комплектующих или материалов отводится своя строка.

Следующей свободной графе присваивается символ О при маршрутном и маршрутно – операционном описании технологического процесса или символ Т при его операционном описании с последующей разработкой ОК.

Строка с символом О заполняется содержанием выполняемой технологической операции с соблюдением технологической последовательности ее выполнения. Запись производится по всей длине строки с переходом при необходимости на последующие строки.

При маршрутно-операционном описании технологического процесса на МК каждый новый переход с обозначением его номера начинается в начале строки.

Строка с символом Р заполняется информацией о технологических режимах выполняемой операции.

Строка с символом Т заполняется информацией по технологической оснастке, записываемой по всей длине строк с разделением знаком ";" в следующей последовательности:

- приспособления;
- вспомогательный инструмент;
- режущий инструмент;
- слесарно-монтажный инструмент;
- специальный инструмент;
- средства измерения.

Допускается не проставлять служебные символы К, М, О, Т на последующих строках, несущих ту же информацию при описании одной и той же операции.

При описании последующей операции, т.е. заполнении новой строки со служебным символом А, рекомендуется пропустить незаполненными 1...2 строки.

Пример оформления МК приведен в прил.5.

Операционный технологический процесс в серийном и массовом типах производства выполняется на ОК формах 1 и 1а ГОСТ 3.1407–86 или на МК формах 2 и 1б ГОСТ 3.1118 – 82. Для единичного и мелкосерийного типов производства ОК не разрабатываются.

При разработке операционно-технологических процессов на формах МК следует:

- в графе «Обозначение документа» приводить ссылки на применение ТИ и инструкции по охране труда (ИОТ) в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1120 – 83;
- в графах ТпЗ и Тшт приводить данные Тв и То соответственно.

Каждый переход нумеруется арабской цифрой, начиная с 1, и записывается с новой строки.

В целях исключения дублирования информации, данные по общей технологической оснастке, применяемой на всей операции, следует указывать после описания первого перехода.

Примеры оформления операционного техпроцесса на формах МК приведены в прил. 6 и 7.

Каждой операции присваивается трехзначный номер, кратный 5, например 005, 010 ... 105.

Наименование слесарных и слесарно-сборочных операций и правила их записи установлены ГОСТ 3.1703 – 79 и приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Наименование слесарных операций	Наименование сборных операций
Слесарная	Сборка
Гибка	Балансировка
Гравировка	Закрепление
Зачистка	Запрессовывание
Зенковка	Клепка
Калибровка	Контровка
Керновка	Маркирование
Нарезка	Пломбирование
Отрезка	Склеивание
Очистка	Стопорение
Полирование	Свинчивание
Разметка	Установка
Разрезка	Штифтование
Развальцовка	Шплинтование
Сверлильная	Разборка
Смазывание	Распрессовывание
Шабровка	Развинчивание

Наименование операций может быть в сокращенной или полной форме. Сокращенная форма наименования операции записывается именем существительным в именительном падеже. Исключения составляют такие наименования операций, как «Слесарная», «Свер-

лильная» и т.п.

Полная запись наименования операции содержит сокращенную с дополнительным указанием предметов производства, обрабатываемых поверхностей или инструктивных элементов.

Например:

«Установка радиаторов», «Разрезка прокладок».

Содержание операции может быть выполнено в полной или сокращенной форме. В сокращенной записи следует указывать условные обозначения обрабатываемых поверхностей. В содержание операции (перехода) должны быть включены:

- ключевое слово – наименование действия, выраженное глаголом в неопределенной форме (см. табл. 2.5);

Таблица 2.5

Наименование ключевого слова			
Гнуть	Кернить	Отрезать	Сверлить
Гравировать	Контрить	Править	Смазать
Закрепить	Клепать	Пломбировать	Свинтить
Запрессовать	Маркировать	Притереть	Склеить
Зачистить	Нарезать	Разрезать	Собрать
Застопорить	Нанести	Развернуть	Установить
Зенковать	Опилить	Развальцевать	Шплинтовать
Калибровать	Очистить	Разобрать	Штифтовать

- дополнительная информация, характеризующая число обрабатываемых элементов поверхностей (при записи операции);
- наименование обрабатываемой поверхности, конструктивных элементов, предметов производства (см. табл. 2.6);

Таблица 2.6

Наименование предметов производства	
Буртик	Отверстие
Деталь	Паз
Заготовка	Поверхность
Изделие	Резьба
Контур	Сфера
Конус	Торец
Лыска	Фаска

- условное обозначение размеров и конструктивных элементов (например: 1 и 2; $d=5$, $l=10$);
- дополнительная информация (например: согласно чертежу, согласно эскизу, по разметке, обеспечивая герметичность).

Карта эскизов является технологическим документом, содержащим графические иллюстрации, таблицы к текстовым документам, и выполняется на формах 7 и 7а ГОСТ 3.1105 – 84. Допускается применять только форму 7а с присвоением КЭ обозначения основного технологического документа и нумерацией ее в пределах этого документа.

Пример оформления КЭ приведен в прил.8.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 6

ГОСТ 3.1118-82

Дубл.	Взам.	Пол.	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт.	Тнз	Тшт.	Н.расх.	
							Наименование детали, сборной единицы или материала	Обозначение документа												
							Лак АК - 113ф, бесцветный	РТРП.002.841.024												
							Лак АК - 113ф, бесцветный	РТРП.60188.14103												
							МРТУ 6 - 10 - 473 - 64	Г 100 4,8 40												
02							1. Взять каретку поз.8 из тары												0,03	
03							2. Взять плату соединительную поз.7 из тары												0,042	
04							3. Установить плату соединительную поз.7 на каретку поз.8 согласно чертежу												0,056	
05							4. Закрепить плату соединительную винтом поз.11, гайкой поз.14,												0,235	
06							подложив шайбу поз.15													
07							5. Повторить переход 4. для остальных точек крепления платы соединительной (3 шт)												0,705	
08																				
09							6. Взять шасси поз.9 из тары												0,03	
10							7. Установить шасси поз.9 на каретку поз.8 согласно чертежу												0,056	
11							8. Закрепить шасси винтом поз.12, подложив шайбу поз.15												0,23	
12							9. Повторить переход 8 для остальных точек крепления шасси (3 шт)												0,705	
13							10. Взять блок питания поз.1 из тары												0,042	
14							11. Установить блок питания поз.1 в шасси поз.9 согласно чертежу												0,09	
15							12. Закрепить блок питания поз.1 винтом поз.13												0,201	
16							13. Повторить переход 12. для остальных точек крепления блока питания (3 шт)												0,603	
17																				
МКОК																				
Операционная карта																				

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ГОСТ 3.1118-82

Дубл.	Взам.	Поод.											2	1		
Разраб.	Сербинов															
Проверил	Иванов															
Н.контр.																
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз	Лит.
Б	Усилитель															
К/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала															
РПЗ	ПС Тн,с Тсх,с Ук,м/мин Т-ра п Тв чсф Ррф Ук Уни f в А															
Б.02																
А.03	020 Пайка волной припоя ИОГ для паяльных работ															
Б.04	Линия пайки механизированная пайц. 4 1 1 80															
05	ЛПМ - 300, ГТМ1.135.001															
М.06	Припой ПОС - 61 ГОСТ 21930 - 76 Г 100 5 6															
07	Флюс ФКСн ОСТ 4 ГО.03.3.200 л/м ² 1 0,0015 0,05															
08																
О.09	1. Извлечь ячейку из татры 0,82															
10	2. Установить ячейку в каретку															
11	3. Установить каретку в направляющие транспортера															
12	4. Паять ячейку на механизированной линии															
13	5. Снять каретку с линии															
14	6. Извлечь ячейку из каретки															
15	7. Удалить остатки флюса															
16	8. Проверить качество паяных соединений															
МК/ОК	Операционная карта															

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА КОМПОНЕНТОВ

Цель работы

1. Изучить специфику компонентов поверхностного монтажа (ПМ) и конструктивные требования к печатным платам (ПП) применяемым при ПМ.
2. Изучить основные технологические схемы изготовления узлов ПМ.
3. Изучить различные технологические операции ПМ.

Теоретические сведения

Технология поверхностного монтажа (ТМП) появилась как альтернатива монтажу корпусов типа DIP (dual-in-line), при которой выводы микросхем и других компонентов монтируются в сквозные металлизированные отверстия печатной платы (ПП). ТМП объединила в себе преимущества, как технологии монтажа в отверстия, так и технологии монтажа гибридных схем (ГС), а точнее перенесла конструктивно-технологические принципы монтажа ГС на технику изготовления узлов на ПП, используя большой размер стеклополимерных и других ПП, корпусированные и предварительно аттестованные компоненты, двухсторонний монтаж и присоединение к контактными площадкам (КП) на поверхности коммутационной платы ГС.

Использование ТМП дало массу преимуществ при электронном конструировании узлов на ПП, в первую очередь связанных с миниатюризацией и увеличением функциональной плотности. Это обусловило бурное развитие ТМП, начиная с 60-х годов, когда она начала применяться в специальных устройствах военной и аэрокосмической техники.

В конце 70-х начале 80-х в результате этого бурного развития окончательно сложилась инфраструктура, позволяющая характеризовать поверхностный монтаж, как конструктивно-технологическое направление, которое, кроме миниатюризации, позволяет реализовать технологический процесс с весьма низкой трудоемкостью и высокой степенью автоматизации.

В настоящее время ТМП используется при производстве всех типов электронных узлов, начиная от простейших товаров народного потребления, до сложнейшей техники про-

фессиональной и промышленной электроники, а также специальной военной аппаратуры повышенной степени надежности.

Рассмотрим подробнее преимущества ТПМ:

1. Уменьшение размера и веса узлов на ПП;
 - компоненты, даже корпусированные, значительно меньше по занимаемой площади, так как при монтаже на КП расположенные на поверхности ПП, появляется возможность использовать компоненты с шагом выводов 1,25; 0,625; 0,5 мм (сравните - шаг выводов DIP-корпусов-2,5 мм);
 - размер (диаметр) сквозных отверстий ПП может быть уменьшен до 0,5 - 0,3 мм, поскольку нет необходимости монтировать в них выводы компонентов, что позволяет про водить 2 и более проводников между сквозными отверстиями и существенно повышает трассировочную способность ПП и надежность межслойных переходов;
 - становится возможным двухстороннее расположение компонентов;
 - общее уменьшение габаритов ПП может достигать 70% ,а сокращение стоимости 10%;при постоянных размерах ПП возможно обойтись меньшим числом слоев, плат, соединительных элементов (разъемов, кабелей, жгутов), что в свою очередь повышает надежность системы, снижает ее стоимость.
2. Улучшение потребительских (тактико-технических) характеристик узлов;
 - уменьшение длины сигнальных проводников и выводов компонентов приводит к снижению паразитных индуктивностей и емкостей, увеличению надежности работы приборов вследствие уменьшения наводок и перекрестных помех;
 - повышается устойчивость к механическим воздействиям (ударам и вибрациям).
3. Автоматизация сборочных процессов;
 - высокая производительность сборки;
 - высокий процент выхода годных, как результат упрощения процесса размещения; использования групповых процессов пайки оплавлением;
 - эффективной возможности контроля и управления технологическими процессами.
4. Экономия стоимости оборудования и площадей;
 - за счет уменьшения числа установок и площадей цехов и участков.

Конструктивным признаком узла ПМ является только факт присоединения вывода компонента на контактную площадку, расположенную на поверхности коммутационной платы. Существующие в отечественном техническом жаргоне многообразие терминов: плоский монтаж, ленточный монтаж и т.д. отражает лишь различные конструктивные мо-

дификации узлов поверхностного монтажа, с точки зрения технологии, реализуемые через идентичные по сути процессы.

Указанные выше преимущества ТПМ, в полной мере могут быть реализованы только при понимании ТПМ, как конструктивно-технологического направления, т.е. комплексном подходе, заключающемся в совокупном выполнении нескольких условий:

1. Необходимость увязки вопросов технологичности на этапах конструкторского проектирования изделия, и четкой реализации при проектировании рекомендаций нормативно-технических документов с учетом конкретного технологического маршрута и конкретных используемых технологических материалов. Указанные факторы требуют определенного уровня знания и квалификации, как от разработчика аппаратуры, так и от разработчика технологического процесса изготовления этой аппаратуры.
2. Наличие и организация поставки компонентов в соответствующей упаковке и отвечающих требованиям автоматизации сборочных процессов.
3. Наличие специальных технологических материалов припойных паст;
 - адгезивов (клеев) ПМ;
 - материалов для трафаретной печати (сеток, материалов масок, спецклеев, красок, и т.п.);
 - рабочих жидкостей для конденсационной пайки;
 - материалов паяльной маски;
 - отмывочных сред.
4. Освоение специальных технологических процессов, присущих ТПМ:
 - нанесение припойной пасты (доз припоя);
 - автоматическая комплектация и размещение компонентов;
 - групповая пайка оплавлением (в ИК лучах, паровой фазе, в конвекционных печах);
 - модифицированная пайка волной припоя;
 - импульсная групповая пайка выводов компонентов;
 - автоматический контроль топологической правильности монтажа;
 - контроль качества паяных соединений.
5. Часть операций характерны только для техпроцессов ПМ высокого уровня, применяемых при изготовлении сложных узлов с повышенными требованиями по надежности и функциональности.

6. Наличие оборудования, позволяющего реализовать новые технологические процессы с высоким качеством воспроизводимости режимов и высокой производительностью.

Отсутствие или неполная реализация какого-либо из условий приводит к резкому снижению эффекта от использования ТПМ, в первую очередь экономического.

Естественное внедрение ТПМ в реальные конструкции происходит по пути создания промежуточных вариантов, содержащих как компоненты поверхностного монтажа, так и монтируемые в отверстия. Это невыгодно с точки зрения теории ТПМ, но обусловлено реальной практикой и связано, как правило, с ограниченной номенклатурой типономиналов поверхностно монтируемых компонентов.

Типовые конструктивные узлы ТПМ

В связи с большим разнообразием и многовариантностью смешанных конструкций ПМ все их, с достаточной степенью условности, можно разделить на шесть конструктивных типов.

ТИП ПМ-А. - чистый поверхностный монтаж, когда на обеих сторонах платы присутствуют простые компоненты ПМ:

Поверхностный монтаж, А



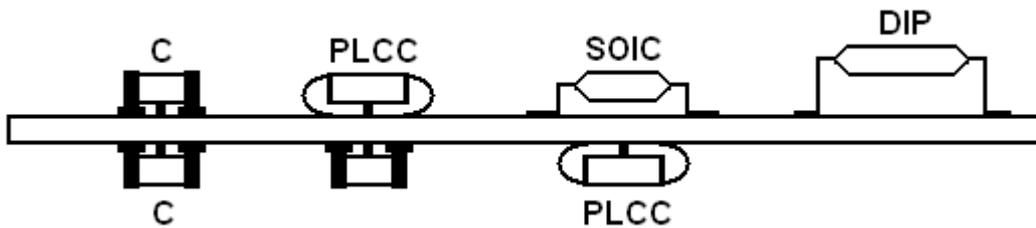
Особенности

- Простые компоненты ПМ (CHIP, MELF) на обеих сторонах платы.

Вариант с пайкой волной является дешевым и производительным и наиболее часто используется для монтажа узлов такого типа. При этом необходимо использование адгезива для удержания компонентов на своих посадочных местах в момент воздействия волны припоя.

ТИП ПМ-Б. - чистый поверхностный монтаж, когда на обеих сторонах платы расположены простые компоненты и компоненты средней сложности

Поверхностный монтаж, Б



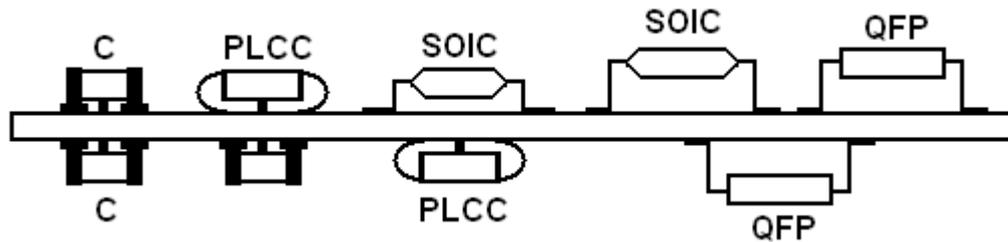
Особенности

- Простые и средней сложности компоненты ПМ на 2-х сторонах ПП.
- Компоненты ПМ средней сложности, расположенные на нижней стороне, требуют обязательной приклейки.

Для монтажа узлов такого типа предпочтительно использование трафаретной печати и ИК пайки, при этом возникает проблема удержания компонентов на нижней стороне при прохождении их через ИК печь в момент расплавления припоя. Существует два способа решения этой технологической задачи. Первый - использование адгезива аналогично варианту с пайкой волной, второй - использование разнотемпературных припойных паст (например паст содержащих припой с температурой 189°C – ПОС-61 и 150°C - на основе висмута). При использовании разнотемпературных припойных паст монтаж производят в два этапа. Сначала монтируется одна сторона на высокотемпературную пасту, потом другая на низкотемпературную при соответственно более низком режиме ИК печи. Первый способ технологически более прост, но может вызывать затруднения при демонтаже компонентов например, при ремонте. Второй способ требует удлиненного и усложненного технологического цикла, а также либо 2-х ИК печей, либо постоянной переналадки одной печи, последнее может быть неудобно, особенно при массовом производстве. Для этого конструктивного типа возможно использование волны припоя, однако требуется специальная волна, очень тонкая настройка технологических режимов и введение специальных элементов рисунка на платах.

ТИП ПМ-В - Чистый поверхностный монтаж, когда на обеих сторонах платы находятся компоненты повышенной сложности.

Поверхностный монтаж, В



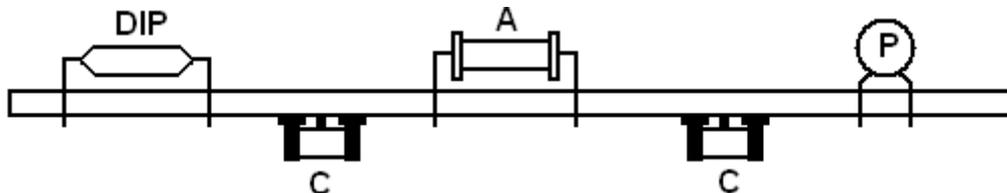
Особенности

- На обеих сторонах платы компоненты повышенной сложности QFP, TAB, mini-pack (шаг 0,625мм и менее).

В отличие от техпроцесса по варианту ПМ-Б необходимо либо использование специальной припойной пасты «fine-pitch», либо введение дополнительной операции - импульсной групповой пайки выводов.

ТИП СМ-А - смешанный монтаж, когда компоненты ПМ расположены с одной стороны ПП, а корпуса компонентов, монтируемых в отверстия, - с противоположной стороны.

Смешанный монтаж, А



Особенности

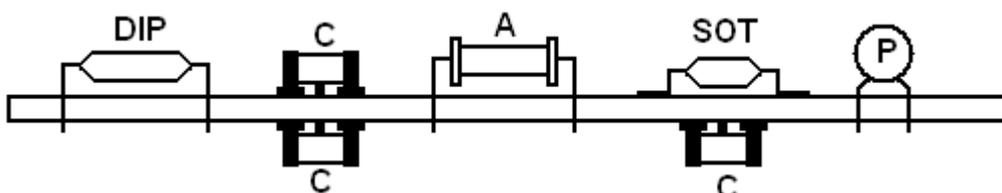
- ПМ компоненты на нижней стороне ПП.
- Невозможна обрезка.
- Обязательна приклейка компонентов ПМ.
- Используются только простые ПМ. (CHIP, MELF, SOT)
- Специальная волна.

Это наиболее распространенный вариант позволяющий реализовать узлы с любым соотношением компонентов, монтируемых на поверхность и в отверстия. Используется, в частности, в большинстве бытовых персональных компьютерах. Рассчитан на использование пайки волной припоя и, в связи с этим, с одной стороны очень дешев и производителе-

лен, но с другой стороны имеет ограничения по используемым компонентам ПМ (возможно использование только chip-компонентов).

ТИП СМ-Б - смешанный монтаж, когда компоненты ПМ малой и средней сложности расположенных с двух сторон ПП, а корпуса компонентов, монтируемых в отверстия, - с одной стороны ПП.

Смешанный монтаж, Б



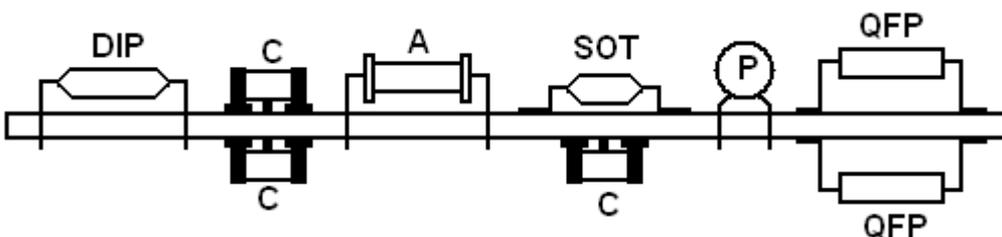
Особенности

- На верхней стороне ПП компоненты ПМ простые и средней сложности (CHIP, MELF, SOT, SOIC, PLCC)
- Необходимы: технология трафаретной печати припойной пасты и этап пайки оплавлением (ИК или другая).

Данный конструктивный тип является наиболее универсальным и ему соответствует наибольшая часть конструктивов ПМ.

ТИП СМ-В - Смешанный монтаж, когда компоненты ПМ в том числе и высокой сложности расположены с 2-х сторон, а компоненты, монтируемые в отверстия с одной стороны.

Смешанный монтаж, В



Особенности

- На верхней и нижней стороне ПП ПМ ЭРЭ повышенной сложности (QFP, TAB, mini-pack)

- Необходима технология импульсной пайки или pick-and-place с машинным зрением.
- Из традиционных компонентов остаются DIP, SIP, разъемы, нестандартные компоненты.
- Типовой представитель - адаптерные и материнские платы ПЭВМ и рабочих станций.

Имеет те же особенности по сравнению с СМ-Б, что и ПМ-В по сравнению с ПМ-Б.

Однако если компоненты ПМ высокой сложности расположены на стороне противоположной корпусам компонентов монтируемых в отверстия, то их монтаж возможен только с помощью импульсной групповой пайки. В принципе

практически любой конструктивный узел может быть, приведен под любую из описанных конструктивно-технологических схем путем исключения из рассмотрения при проектировании техпроцесса части элементов и монтажа их вторым этапом вручную. Процесс формирования технологического маршрута в практических условиях сводится к выбору одной из описанных схем, приведению к ней реального конструктивного узла и выбора конкретных операций с учетом имеющихся материалов и оборудования, при этом критериями оптимизации данного процесса являются производительность, качество, минимизация материальных и энергетических затрат.

Основные конструктивные составляющие (компоненты) узла ПМ и требования к ним.

1. Печатные платы.

Особенности ТПМ накладывают ряд конструктивных требований, которые должны быть реализованы при проектировании ПП, что является основой для наиболее эффективного использования преимуществ этой технологии. Результатом хорошего проектирования рисунка ПП (речь идет в первую очередь о рисунке наружных слоев) служит получение максимально возможной плотности расположения компонентов. В то же время необходимо оптимально располагать проводники с тем, чтобы получить максимальный выход годных при изготовлении ПП, избегая большого числа заужения проводников, близких к пределу разрешения технологии и узких зазоров, близких к минимально допустимым.

Набор фотошаблонов (ФШ) для обеспечения всех операций ПМ состоит из 4-х штук для каждой стороны платы:

- ФШ рисунка металла наружного слоя.

- ФШ рисунка паяльной маски.
- ФШ рисунка слоя маркировки.
- ФШ трафарета нанесения паяльной пасты.

Размеры элементов рисунка на каждом из ФШ должны правильно соотноситься друг с другом.

Рекомендуемая геометрия элементов монтажных слоев

- проводники ширина/зазор- 0,2 /0,2 мм минимум;
- размер КП под вывод микросхем:
 - для шага 1,25мм (50 mil, где 1 mil = 1/1000 дюйма) - $(0,7\pm 0,1)\times(1,75\pm 0,1)$ мм, для шага 0,625мм (25 mil)- $(0,35\pm 0,05)\times(1,2\pm 0,1)$ мм,
 - для шага 0,5 мм (20 mil) - $(0,25\pm 0,05)\times(1,2\pm 0,1)$ мм,
 - диаметр сквозных отверстий - 0,3 - 0,6 мм,
 - КП сквозных отверстий - 0,7 - 1,5 мм.

Для обеспечения оптимального формообразования паяного соединения КП ПМ должны быть отделены от КП сквозных отверстий участком проводника, закрытым слоем паяльной маски, для предотвращения неконтролируемого оттока припоя в отверстия во время операции пайки.

Расстояние между компонентами - не менее высоты компонентов, минимальное расстояние от проводника до края платы - не менее толщины платы.

При использовании в техпроцессе пайки волной рекомендуются дополнительные контактные площадки - ловители излишков припоя. Для КП отверстий со стороны волны рекомендуется освобождение слоя паяльной маски на 0,1 мм больше диаметра КП, с противоположной стороны - на 0,05 мм меньше.

Для реализации автоматизированного процесса размещения компонентов в рисунок платы должны быть внесены специальные реперные знаки, обеспечивающие юстировку в процессе операций на установках с машинным зрением, размер - 1,5 мм минимум; в трех углах на каждом фрагменте.

Таким образом, чтобы обеспечить возможность использования при изготовлении узлов ПМ высокопроизводительного оборудования и групповых технологических процессов, ПП ПМ должны отвечать следующим дополнительным требованиям:

1. Печатные платы должны содержать элементы рисунка, обеспечивающие высокопроизводительную работу оборудования:
 - а) реперные знаки для автоматической юстировки платы;

- б) метки геометрических центров посадочных мест элементов (для программирования в режиме обучения);
 - в) унифицированные размеры КП ПМ для обеспечения автоматизированных методов контроля.
2. Печатные платы должны содержать элементы предварительного базирования, обеспечивающие:
- а) базирование на столах специального технологического оборудования таким образом, чтобы реперные знаки по п.1 а попали в поле видеокамер машинного зрения - базовые отверстия;
 - б) условия ручного совмещения (в основном при настройке установок трафаретной печати) - реперные кресты особой формы.
3. Печатные платы должны удовлетворять требованиям по термостойкости в части способности их выдерживать тепловые воздействия групповых операций ПМ:
- а) материал ПП (диэлектрик) должен быть термостойким и выдерживать тепловые воздействия на уровне 220-240°С - до 2-х минут, 150-160° С - до 2-х часов;
 - б) на поверхность ПП должна наноситься паяльная маска, предохраняющая диэлектрик от поверхностной деструкции, промежутки между КП ПМ должны быть закрыты паяльной маской (на сколько это позволяет ее разрешающая способность);
 - в) металлизация отверстий (гальваническая медь) должна иметь пластичность на уровне не менее 10-16% (для разных вариантов техпроцесса), обеспечивая сохранение целостности металлизации при воздействии внутренних напряжений, возникающих при термовоздействии, и связанных с разницей КТР металла и диэлектрика.

2. Компоненты поверхностного монтажа.

Компонентами ПМ являются миниатюрные радиоэлементы и микросхемы, конструктивно выполненные в безвыводном исполнении, либо имеющие короткие выводы, и упакованные в носители, позволяющие использовать их в высокопроизводительном оборудовании. Компоненты присоединяются к КП на поверхности ПП и могут быть разделены на 3 большие группы: пассивные, активные, нестандартные.

Пассивные элементы

КУБИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ (СНIP-компоненты) - резисторы, конденсаторы, иногда диоды, выполненные в кубической (прямоугольного параллелепипеда) форме с кон-

тактными поверхностями на противоположных торцах. По международной номенклатуре они имеют обозначение 0402, 0805, 1206, 1210, 1812 и т.д., в котором первые две цифры означают длину, а вторые две - ширину в сотых долях дюйма. Поставляются, как правило, в лентах 8 или 12 мм в зависимости от размера. Для неполярных элементов могут использоваться из поставки "навалом" (bulk) при применении специальных загрузчиков (фидеров).

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ (MELF-Metal Electrode Face Bonded) - выполненные в цилиндрической конфигурации с контактными поверхностями по торцам (безвыводная версия обычных аксиальных компонентов). В настоящее время этот вид менее популярен, чем chip- компоненты. Они более дешевы, однако их монтаж может быть затруднен из-за существенно меньшей зоны контактирования с адгезивом, чем у chip- компонентов. Поставляются в упаковке аналогичной chip-компонентам. Активные элементы.

МИНИАТЮРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ (SOT-Small Outline Transistor) - используются для корпусирования дискретных полупроводниковых приборов, имеют 3-4 вывода - плоских или отформованных в виде "крыла чайки". В международной номенклатуре наиболее часто встречаются типы SOT-23, SOT-143, SOT-89 (последний для приборов увеличенной мощности). Поставляются в лентах 8 - 12 мм.

МИНИАТЮРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ (SOIC-Small Outline Integrated Circuit).

Наиболее распространены типы корпусов SO-8, SO-14, SO-16 по числу выводов, имеющие шаг выводов 1,25 мм (50 mil). В этих корпусах выпускается большинство типов ИС малой и средней степени интеграции.

По сравнению с аналогом - 14-ти выводным корпусом DIP, SO-14 на 70% меньше по объему, на 30% - по высоте, на 90% - по массе.

Стандартный корпус имеет ширину 0,15 дюйма (3,81 мм); существует также аналогичный корпус - "увеличенный вариант" - SOL (Small Outline Large) шириной 0,3 дюйма (7,62 мм), с количеством выводов до 28.

ПЛАСТМАССОВЫЕ НОСИТЕЛИ (PLCC Plastic Leaded Chip Carrier), Используются для герметизации больших ИС, обычно имеют 18 - 84 вывода с шагом 1.25 мм (50 mil) на две или четыре стороны (LCC18 - PLCC84). Форма выводов J-образная - подогнуты под корпус. Этот вид корпусов наиболее распространен для микросхем памяти. Форма вывода не нарушается при технологических манипуляциях, что позволяет использовать эти корпуса на очень высокоскоростных установках монтажа. Поставляются, как правило, в прямоугольных кассетах ("пруток", "туб") или широких блистерных лентах.

БЕЗВЫВОДНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ НОСИТЕЛИ (LCCC-Leadless Ceramic Chip Carrier) - имеют применение аналогичное PLCC, однако используются значительно реже (как правило, в устройствах повышенной надежности), т.к. значительно дороже и требуют согласования с ПП по КТР.

ПЛОСКИЕ КОРПУСА С ВЫВОДАМИ "КРЫЛО ЧАЙКИ" (QFP- Quad Flat Package, TSOP- Thin Small Outline Plastic)-используются для корпусирования СБИС и высокоинтегрированной памяти, имеют шаг выводов 0,625 мм (25 mil) и 0,5 мм (20 mil) и количество выводов до 364 (QFP-364). Поставляются в линейных и матричных лотках (подносах).

Нестандартные элементы.

Элементы, имеющие неправильную форму и необходимые для полной функциональной реализации узлов ПМ: индуктивности, трансформаторы, соединители, переходные панельки, выключатели. Индуктивности по форме приближаются к chip- компонентам и поэтому упаковываются и используются аналогично.

Остальные элементы применяются в узлах ПМ штучно, поэтому поставляются в специальной таре и монтируются вручную или на специальном оборудовании отдельным этапом.

К этому классу элементов следует также отнести новые способы корпусирования микросхем не получившие пока широкого распространения:

- ИС на ленточном носителе (ТАВ- Tape Automatic Bonded);
- ИС в корпусах с матрицей выводов, монтируемых на поверхность (BGA - Ball Grid Area).

Сюда же относятся переформованные корпуса DIP, которые можно использовать для монтажа на поверхность в случае, когда нет возможности получения определенного типоминимала микросхемы под ПМ. Использование таких компонентов должно быть ограничено, чтобы не снижать эффективность ТПМ.

Важным фактором эффективной автоматизации процесса размещения компонентов является ужесточение допусков на их геометрические размеры, а также унификация и стандартизация их размеров, что позволяет использовать при проектировании ПП стандартную библиотеку посадочных мест и сокращать число типов упаковок и трактов подачи компонентов в установках автоматизированного размещения (pick-and-place). В настоящее время основная масса производимых компонентов со-

ответствуют стандартам JEDEC (Объединенный технический комитет по электронным приборам США) или EIAJ (Японская ассоциация электронной промышленности). Еще одним важным требованием, обеспечивающим использование компонентов, в ТПМ является их термостойкость, способность выдерживать температурные воздействия в процессах групповой пайки.

Основные операции технологии ПМ.

1. Трафаретная печать припойной пасты.

Применяется для селективного нанесения припойных паст и адгезивов на поверхность ПП. Подобная технология достаточно широко и традиционно используется в технике изготовления толсто пленочных плат для ГС. Материал, из которого формируется рисунок, продавливается сквозь отверстия трафарета.

Операция формирования рисунка на трафарете достаточно традиционны и выполняются с использованием обычного фотолитографического оборудования. При этом используются трафареты двух типов:

- а) с металлической маской, - когда на сетку наклеивается шаблон из металлического листа (бронза, нержавеющая сталь) предварительно протравленный по рисунку;
- б) с полимерной маской, - когда на сетку напрессовывается материал типа СПФ или жидкий фотополимер, и в нем фотолитографией формируется рисунок.

Припойные пасты выпускаются сериями и внутри серий отличаются: по металлическому составу припоя (соответствуют практически всему ряду припоев, используемых в традиционном монтаже), по составу флюсов (от активных до не требующих отмывки, а также рассчитанные на различные отмывочные среды), по размерам частичек припоя (для нанесения на обычные посадочные места и на контактные площадки компонентов с малым шагом выводов - "fine -pitch").

Блок трафаретной печати состоит из следующих операций.

А. Изготовление трафарета.

1. Натяжение сетки. При использовании сетки из нержавеющей стали 80 меш необходимо обеспечить натяжение 14 Н/м по всей плоскости сетки.
2. Контроль специальным тензомером.

3. Приклейка рамы к натянутой сетке - производится специальными клеями УФ или термического отверждения.
4. Обезжиривание и подтравливание сетки.
5. Полив фоторезистивной маски.
6. Сушка маски.
7. Экспонирование на вакуумной раме через пленочный РФШ.
8. Водное проявление.
9. Визуальный контроль.
10. Сушка.

Б. Собственно трафаретная печать.

1. Подготовка припойной пасты. Так как припойная паста хранится в холодильнике ее необходимо прогреть до комнатной температуры, проверить вязкость и при необходимости довести вязкость разбавителем до нужной величины 650000 сантипуаз.
2. Нанесение припойной пасты на печатную плату.
3. Промывка трафарета.

2. Нанесение адгезива дозаторами

Дозаторы (диспенсоры), как правило, изготавливаются на базе координатных столов, а исполнительным механизмом является пневмоцилиндр с иглой на выходе. Размер капли определяется дозирующим импульсом воздуха и диаметром иглы. В зависимости от размера корпуса компонента под него наносится одна или несколько капель.

Используемый адгезив должен удовлетворять следующим качествам:

1. Хорошая наносимость (дозатором или другим устройством).
2. Живучесть (свыше 6 месяцев).
3. Быстрое отверждение при температуре 80-125°C или при УФ облучении (20-30 сек.).
4. Высокая тиксотропность (отсутствие расслоения).
5. Неагрессивность (отсутствие коррозионного воздействия на ПП и компоненты).
6. Сохранение эластичности после отверждения.
7. Температуростойкость (при температурах пайки).

8. Отсутствие газовой выделения при отверждении и во время технологических воздействий.
9. Изоляционные свойства (неэлектропроводность).
10. Размягчение при повторном нагреве (обеспечение ремонтпригодности).

Дозаторы могут быть как ручными, так и автоматическими, программируемыми. Дозаторами в принципе может наноситься как припойная паста так и адгезив. Однако, как правило, трафаретной печатью наносится припойная паста (т.к. к рисунку ее предъявляются более жесткие требования), а дозаторами - клей (адгезив).

Специальными дозаторами клея оснащаются также автоматы установки компонентов на плату.

Клеи требуют отверждения, и после операции монтажа (размещения компонентов) платы пропускаются через конвейерные печи, либо сушатся в термостатах или сушильных печах. Иногда эта операция совмещается с операцией ИК пайки. При этом в печь для ИК пайки вводятся дополнительные зоны для ИК и УФ отверждения клея. Либо это отверждение проводят как отдельную операцию на отдельной единице оборудования.

3. Монтаж компонентов

Эта операция является одной из центральных во всем технологическом процессе и качество ее выполнения, особенно для многовыводных компонентов, определяет качество собираемого узла.

Гибкость системы обеспечивается достаточным количеством фидерных устройств, что достигается либо путем наращивания числа фидеров в одной установке, где их число может достигать до 200; или наращивание числа последовательно устанавливаемых модулей с ограниченным числом фидерных устройств. При этом общее число фидеров практически не ограничено, однако, снижается производительность и увеличивается общая стоимость оборудования, т.к. на каждый модуль приходится свой позиционер и монтажная головка. Основной задачей монтажной машины является точное совмещение выводов компонентов с КП коммутационной платы. Точное выполнение этой операции обеспечит в дальнейшем качественную пайку. Для точного базирования платы используется ее край или базовое отверстие, для базирования компонентов специальные центрирующие захваты на монтажной головке или на специальной позиции автомата. Однако для сложных ПП и компонентов, о которых было упомянуто выше, точности базирования по базовым отверстиям на ПП и внешним габаритам компонентов становится недостаточной.

Для обеспечения такой точности в наиболее совершенных автоматах применяются устройства распознавания образов, которые по определенным маркерным знакам корректируют неточность базирования. При их использовании точность базирования платы соответствуют точности рисунка ПП. Кроме того, устройствами подобного же типа производится юстировка и совмещение выводов компонентов непосредственно перед установкой на плату.

4. Пайка

Пайка является основной операцией в технологическом процессе ПМ, ибо в процессе именно этой операции происходит формирование соединений, надежность и качество которых определяют в последствии в значительной мере работоспособность и надежность узлов и систем в целом.

В технике поверхностного монтажа используют следующие автоматизированные способы пайки:

1. Пайка волной.
2. ИК пайка.
3. Пайка в паровой фазе.
4. Импульсная групповая пайка.
5. Лазерная пайка.

Каждый из этих способов имеет определенные преимущества и недостатки, которые ограничивают область их применения и накладывают определенные требования к конструкции узла и стойкости к технологическим воздействиям на узлы и компоненты. Для получения хороших результатов очень важно четко определить эти факторы и реализовать правильный выбор способа пайки для конкретной конструкции.

Пайка волной припоя является наиболее производительным и дешевым способом пайки, не требующим предварительного нанесения на контактные площадки дополнительных веществ (флюса, припоя и т. п.). Этот метод применяется, как правило, при смешанной технологии и при монтаже наиболее простых компонентов поверхностного монтажа. При пайке волной обязательно крепление компонентов поверхностного монтажа клеем, а также введение в конструкцию платы специальных элементов (контактных площадок), снижающих вероятность появления перемычек припоя и сосулек. Качество пайки получают, используя устройства определенной конфигурации волны.

Кроме того, оборудование оснащается устройствами контроля поддержания плотности флюса и "воздушными ножами". Следует учитывать, что компоненты испытывают сильное термическое воздействие и должны обладать соответствующей стойкостью; для стекло-эпоксидных плат необходимо использование паяльной маски.

Блок операций пайки волной состоит из: флюсования, подсушивание флюса, пайки волной, отмывки остатков флюса, визуального контроля.

Пайка ИК излучением является наиболее распространенным и относительно дешевым способом групповой пайки в ТПМ. Источником тепла служат специальные лампы, расположенные по зонам; количество зон может достигать 5-8 с каждой стороны. При этом степень нагрева (при одном и том же режиме ламп) сильно зависит от конфигурации детали и ее цвета. Может быть довольно большой градиент температуры по полю платы и по высоте. Для уменьшения разброса температуры в установки такого типа вводят устройства для конвекции - перемешивания воздуха или газовой среды. Результатом действия такой системы является сведение разброса температур до весьма низких величин порядка 2°C.

В последнее время появились установки в (основном японские), где вообще нет источников, излучающих тепло (ИК ламп тепловых панелей), а платы нагреваются только за счет конвекции воздуха или газовой среды.

Обладая преимуществами, связанными с простотой технологии, высокой производительностью, ИК пайка требует использования термостойких компонентов, в некоторых случаях специальных защитных экранов. Кроме того, к ее недостаткам можно отнести необходимость индивидуального подбора режимов в зависимости от конфигурации и конструкции узла. Для некоторых конструкций со сложной конфигурацией узла не удастся обеспечить равномерный нагрев из-за экранирования одних деталей другими. При ИК пайке многослойных плат возникают повышенные требования к пластичности меди в металлизированных отверстиях.

Блок операций по пайке излучением состоит из: подсушивание ПП, пайки излучением, отмывка остатков флюса, визуального контроля.

Пайка в паровой фазе, или конденсационная пайка с точки зрения технологической функции является полным заменителем ИК пайки.

При этом способе нагрев осуществляется за счет скрытой теплоты парообразования при конденсации на детали насыщенного пара фтороуглеродистой рабочей жидкости. При этом температура нагрева точно соответствует температуре парообразования рабочей жидкости и зависит только от ее физических свойств. При этом удастся поддерживать

очень стабильную температуру формирования паяного соединения, т.к. независимо от того какое количество энергии подводится к жидкости, она всегда имеет температуру кипения (при большем количестве энергии только производится больше пара, температура при этом остается постоянной).

При пайке в паровой фазе происходит одновременный и совершенно равномерный нагрев независимо от внешней формы и особенностей изделия, т.к. пар контактирует и конденсируется по всем без исключения поверхностям, следовательно передает тепло, также на все элементы и проводники паяемых печатных плат. При этом, естественно, все элементы узла должны выдерживать температуру кипения-пайки. Наиболее распространенными являются рабочие жидкости с температурой кипения 215°C, которые используются с припойными пастами на основе ПОС-61, также наиболее распространенного припоя. Кроме того, имеется целый ряд рабочих жидкостей, охватывающий область температур, соответствующих условиям пайки практически всех мягких припоев.

Третьей особенностью пайки в паровой фазе является очень низкая, по сравнению с другими способами, температура источника энергии при эффективной и быстрой передаче тепла. Этот метод дает быструю и равномерную передачу тепла паяемому объекту благодаря асимптотическому нагреву, при этом КПД расходуемой энергии значительно выше, чем при конкурирующих методах.

К преимуществам этого метода следует отнести:

- контроль температуры обеспечивается самим методом с гарантируемой воспроизводимостью;
- нагрев не зависит от формы и цвета объекта;
- нагрев осуществляется очень быстро;
- все поверхности объекта нагреваются равномерно;
- передача тепла осуществляется равномерно на весь объект;
- при этом методе не добавляется флюс, имеющийся в припойной пасте флюс не нагревается выше 125°C, при этом не имеет места крекинг и облегчается очистка;
- пайка ведется в анаэробной среде.

Указанные преимущества обеспечивают очень хорошую воспроизводимость качества пайки. Однако следует учесть, что поскольку при этом методе на ППП не подается дополнительный припой, то не могут быть исправлены дефекты, допущенные на предыдущих технологических операциях (плохая паяемость, недостаточное количество припоя, неверно выбранный припой и т. п.). Кроме того этот метод реализуется достаточно сложными тех-

нологическими методами, с использованием дорогих материалов, требует очень внимательного и четкого отслеживания технологии (при перегреве жидкости могут выделяться ядовитые газы). Все это определяет область применения этого метода там, где первым требованием является гарантированное качество и надежность соединений, а требования экономические становятся второстепенными.

Конструктивно установки пайки в паровой фазе бывают двух типов - маятникового и конвейерного.

В маятниковой системе плата опускается в корзине сверху через зону вторичного пара в первичный. Вторичный пар - фреон (хлорон-113). После выдержки в зоне вторичного пара плата опускается в первичный пар и выдерживается там 30-60 секунд.

Маятниковая установка при относительно низкой производительности обеспечивает значительно меньший расход дорогостоящей первичной рабочей жидкости.

Блок операций аналогичен импульсной пайке.

Импульсная пайка занимает с точки зрения методологии промежуточное положение: по отношению к корпусу - это монтаж индивидуальный, и "покорпусной"; по отношению к выводу - это групповая пайка, так как припаиваются одновременно все выводы корпуса. Пайка ведется инструментом, повторяющим конфигурацию контактных площадок, нагрев осуществляется за счет джоулева тепла при пропускании тока через материал инструмента. Наилучшие результаты получаются при предварительном нанесении на КП и выводы припоя толщиной примерно 20 мкм.

Основным преимуществом способа является малое термическое воздействие на корпус, что позволяет использовать этот метод для компонентов с пониженной термостойкостью. Локализация зоны нагрева в районе одного корпуса позволяет использовать этот метод для ремонтных операций (замена неисправных БИС).

К недостаткам метода следует отнести:

- необходимость выполнения требований по выбору оптимальной толщины припоя;
- чувствительность к неплоскостности в зоне пайки (как инструмента, так и поверхности КП);
- опасность электрического воздействия на компоненты, связанная с наличием разности потенциала по длине инструмента.

Как правило, в установках импульсной пайки совмещены операции монтажа, пайки, флюсования, нанесения клея, подшлифовки инструмента. Качество паяных соединений

обеспечивается довольно сложным циклом регулировки трех параметров технологического процесса - вертикальное перемещение, усилие, температура

Лазерная пайка - пайка сфокусированным лучом квантового генератора. Позволяет производить нагрев в очень локальных зонах, что обеспечивает минимальное тепловое воздействие на области, находящиеся в зоне пайки. Однако, этот метод накладывает специфические требования на обеспечение техпроцесса.

1. Для лазерной пайки необходимы специальные пасты, т.к. очень высокая скорость нагрева в зоне пайки приводит к интенсивному испарению растворителей и других составляющих припойных паст, что увеличивает их склонность к разбрызгиванию капель припоя.

2. Зоны пайки (КП и диэлектрик) должны иметь очень равномерные свойства по взаимодействию с лазерным излучением, ибо они определяют температуру в зоне пайки.

Лазерное оборудование из-за своей сложности имеет очень высокую стоимость и требует для эксплуатации очень высококвалифицированные кадры. Все это приводит к тому, что на сегодняшний день в производстве этот метод является наиболее экзотичным и по стоимости и технологическим характеристикам не может конкурировать с описанными выше методами.

К методу лазерной пайки примыкает метод пайки световым лучом. Он отличается тем, что источником излучения служит не квантовый генератор, а лампа (как правило ксеноновая). Обладая преимуществами лазерной пайки, этот метод менее чувствителен к цвету и оттенку подложки и требует менее дорогостоящего оборудования.

5. Очистка (отмывка флюса)

Операция очистки не является специфической для поверхностного монтажа и использует те же методы и средства, что и в традиционной технологии объемного монтажа (монтажа в отверстия). Эти средства зависят от типов применяемых флюсов или припойных паст. Для изделий, к которым применяются повышенные требования по надежности и стойкости к климатическим и механическим воздействиям, при отмывке необходим контроль качества отмывки (например, по степени загрязнения отмывочной среды на выходе процесса).

6. Контрольные операции

До недавнего времени основным видом контроля правильности монтажа и качества паяных соединений был визуальный контроль оператора с применением оптических средств увеличения (проекторы, микроскопы). С уменьшением размера компонентов, значительным увеличением числа паяных соединений на плате такой контроль становится все более затруднительным и менее эффективным. Высокая трудоемкость и большое количество субъективных ошибок ухудшают экономические характеристики оборудования, приводят к отказам в эксплуатации, затрудняют анализ причин появления брака. На смену визуальным методам контроля приходят методы автоматизированного видеоконтроля на базе устройств распознавания образов, а также методы объективного контроля качества пайки на базе лазерной техники.

Для автоматического видеоконтроля используется оборудование, анализирующее 3-х мерное отображение образа смонтированного узла и сравнивающее его с эталонным образцом ("золотой платой") или запрограммированным идеальным образцом. Оборудование подобного типа несколько раньше появилось для контроля двухмерных рисунков фотошаблонов и слоев ПП. Использование более совершенных систем освещения (лазерных источников, бестеневых ламп) позволяет вести анализ трехмерных отображений смонтированных узлов. Такого рода устройства в качестве встроенных узлов используются также в монтажных установках для контроля правильности совмещения.

Одним из новых объективных методов контроля качества паяных соединений является метод лазерного контроля.

Паяные соединения облучаются импульсом твердотельного лазера. Время импульса обычно 30 мсек., длина волны излучения 1,0 мкм. После окончания импульса температура исследуемого соединения поднимается на несколько градусов, затем снижается. Контроль за интенсивностью остывания проводится с помощью ИК арсенид-индиевого детектора. Кривая остывания (в зависимости от времени) анализируется в автоматическом цикле и дается заключение – находится исследуемая пайка в рамках выбранных критериев или выходит за них, т. е. является бракованной. На рис.2 показаны виды соединений, доступные для контроля на этом оборудовании, и виды обнаруживаемых дефектов.

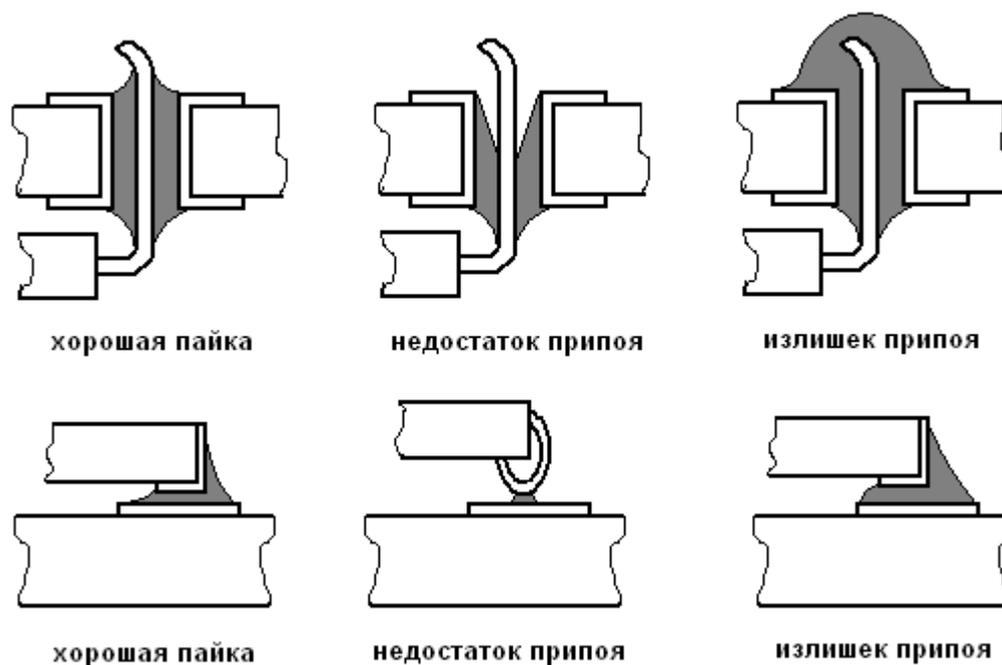


Рис. 2. Виды соединений и дефектов пайки.

Установка имеет очень высокие потенциальные возможности в части объективной оценки паяных соединений. Но реализация их возможна лишь при правильном выборе и установке критериев разбраковки. Для выбора этих критериев должна быть определена корреляция их с уровнем надежности, что может быть осуществлено только в результате достаточно объемных и кропотливых исследовательских работ. Кроме того, критерии сильно зависят от массы и конструкции паяных соединений, поэтому для эффективного использования такого контроля необходимо унифицировать конструкцию паяных соединений до 3 - 4 типов и для каждого установить свои критерии. Производительность оборудования 10 паек/сек.

Описание лабораторного макета

Лабораторный макет состоит из типового узла ПМ (смешанного типа) с установленными компонентами различного типа.

Требования к отчету

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист;

2. Цель работы;
3. Краткие сведения по компонентам, материалам и технологии ПМ;
4. Результаты выполнения заданий в виде таблиц и эскиза;
5. Выводы по работе.

Лабораторное задание

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы.
2. Подготовить 1 экземпляр формы таблицы 1.

Форма таблицы 1

Для записи результатов определения конструктивного типа компонентов смонтированных на образце

Данный вариант техпроцесса соответствует _____ типу производства

№ группы	Обозначение	Конструктивный тип	Вид монтажа
1			
2			

3. Подготовить эскизы узла ПМ.
4. Выполнить пункты 1-4 требований к отчету.
5. Изучить теоретические сведения.
6. Подготовиться к ответам на контрольные вопросы.

Работа в лаборатории:

1. Определить конструктивный тип компонентов узла ПМ по номенклатуре принятой в мировой практике (см. теоретическое введение).
2. Выявить дефекты монтажа элементов поверхностного монтажа.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с вариантами техпроцессов.
2. Выпишите обозначения установленных компонентов на образце в таблицу 1 и определите их конструктивный тип по номенклатуре принятой в мировой практике.

3. На эскизе узла ПМ отметить обнаруженные дефекты.
4. Для компонента указанного в варианте вашего задания сделайте эскиз посадочного места произведя замеры с помощью микроскопа с мерительным окуляром (для многовыводных компонентов – фрагмент посадочного места) и определите насколько посадочное место соответствует рекомендациям изложенным в теоретической части.

Контрольные вопросы

1. Какова история возникновения ТПМ?
2. Назовите основные преимущества ТПМ.
3. Каковы условия оптимальной реализации преимуществ ТПМ?
4. Опишите основные конструктивные варианты узлов ПМ, их особенности.
5. Назовите основные требования к печатным платам для ПМ.
6. Назовите типы пассивных компонентов используемых в ПМ и их конструктивные особенности.
7. Назовите типы активных элементов малой и средней степени сложности используемых в ПМ и их конструктивные особенности.
8. Назовите типы активных элементов высокой степени сложности используемые в ПМ и их конструктивные особенности.
9. Каковы основные типы нестандартных компонентов используемых в ПМ?
10. Каковы основные материалы трафаретной печати для нанесения припойной пасты?
11. Какие типы трафаретов используются для трафаретной печати?
12. Как классифицируются припойные пасты?
13. Назовите основные требования к адгезивам ПМ.
14. Каковы основные особенности операции монтажа компонентов?
15. Назовите основные способы пайки используемые в ПМ.
16. Опишите операцию пайки волной припоя.
17. Опишите операцию пайки излучением.
18. Каковы физические основы пайки в паровой фазе?
19. Каковы преимущества и недостатки пайки в паровой фазе?
20. Назовите особенности операции лазерной пайки.
21. Опишите основные принципы операции автоматизированного видео контроля.