

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра электронной техники и технологии

В. Л. Ланин, А. А. Костюкевич

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники для специальностей*

*1-36 04 01 «Программно-управляемые электронно-оптические системы»,
1-39 02 02 «Проектирование и производство программно-управляемых
электронных средств», 1-39 02 03 «Медицинская электроника»
в качестве пособия*

Минск БГУИР 2018

УДК 621.396.6(076)
ББК 32.844я73
Л22

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра конструирования и производства приборов
Белорусского национального технического университета
(протокол №5 от 18.12. 2017);

директор научно-технического центра оборудования монтажа
ОАО «Планар-СО» кандидат технических наук И. Б. Петухов

Ланин, В. Л.

Л22 Технология сборки электронных модулей. Практические занятия :
пособие / В. Л. Ланин, А. А. Костюкевич. – Минск : БГУИР, 2018. – 87 с. : ил.
ISBN 978-985-543-433-8.

Пособие к практическим занятиям по дисциплинам «Технология программно-управляемых электронных средств», «Конструирование и технология электронных устройств», «Технология средств медицинской техники» содержит методики расчета показателей технологичности конструкций, разработки технологических схем сборки, проектирования технологических процессов сборки и монтажа электронных модулей, поточных линий и участков сборки, расчета технологической оснастки и разработки управляющих программ для технологического оборудования сборки.

УДК 621.396.6(076)
ББК 32.844я73

ISBN 978-985-543-433-8

© Ланин В. Л., Костюкевич А. А., 2018
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Практическое занятие №1	
Оценка технологичности конструкций электронных модулей.....	4
Практическое занятие №2	
Разработка технологической схемы сборки электронного модуля.....	8
Практическое занятие №3	
Разработка маршрутной технологии сборки электронного модуля и выбор оптимального варианта технологического процесса	18
Практическое занятие №4	
Разработка операционной технологии и оформление комплекта технологических документов на процесс сборки электронного модуля	24
Практическое занятие №5	
Проектирование линии и участка сборки.....	30
Практическое занятие №6	
Проектирование и расчет технологической оснастки.....	36
Практическое занятие №7	
Разработка управляющих программ для автоматического оборудования сборки электронных модулей	44
Приложение А	
Оборудование для подготовки и монтажа ТНТ-элементов.....	70
Приложение Б	
Оборудование для пайки электронных модулей	72
Приложение В	
Оборудование для очистки и влагозащиты.....	73
Приложение Г	
Оборудование для поверхностного монтажа.....	74
Приложение Д	
Оборудование для маркировки, электрического и визуального контроля	77
Приложение Е	
Примеры заполнения технологических документов.....	78
Литература	86

Оценка технологичности конструкций электронных модулей

Теоретические сведения

В настоящее время сборка электронных модулей осуществляется по технологии поверхностного или смешанного монтажа (рисунок 1.1). Разработка технологического процесса сборки начинается с оценки технологичности конструкции электронного модуля.

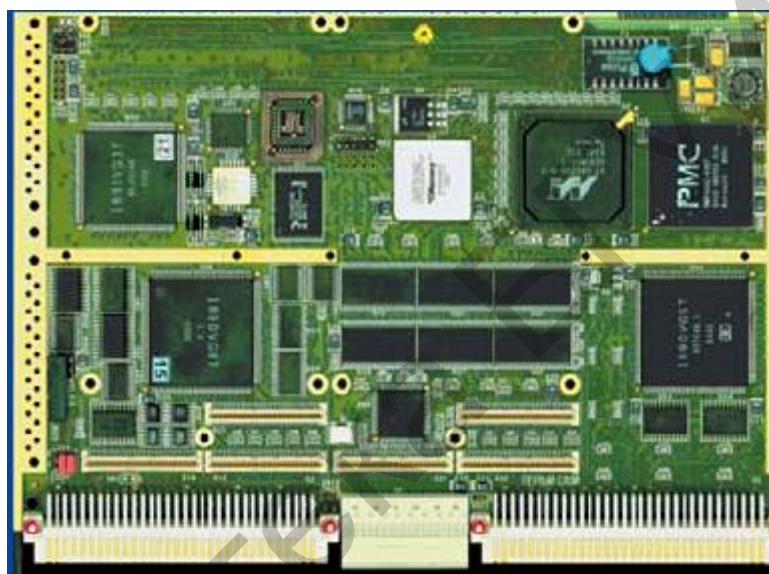


Рисунок 1.1 – Электронный модуль с поверхностным монтажом

Технологичность – это совокупность свойств конструкции, которые проявляются в оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия. Для оценки технологичности электронных блоков применяют систему базовых коэффициентов, рекомендуемых отраслевыми стандартами. Каждый из коэффициентов технологичности имеет свою весовую характеристику φ_i , определяемую в зависимости от его порядкового номера в группе (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Весовые характеристики коэффициентов технологичности

i	φ_i	i	φ_i
1	1,0	5	0,3
2	1,0	6	0,2
3	0,8	7	0,1
4	0,5		

Комплексный показатель технологичности находится в пределах $0 < K \leq 1$ и определяется по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^7 \varphi_i}. \quad (1.1)$$

Состав базовых показателей технологичности для электронных модулей с поверхностным монтажом в ранжированной последовательности приведен в таблице 1.2. Показатели технологичности вычисляются по следующим формулам.

1. Коэффициент автоматизации пайки электронных компонентов (ЭК):

$$K_{АП} = N_{АП} / N_{ЭК}, \quad (1.2)$$

где $N_{АП}$ – количество ЭК, пайка которых осуществляется на автоматах;

$N_{ЭК}$ – количество ЭК в модуле.

Количество ЭК в модуле $N_{ЭК}$ подсчитывается по спецификации на электронный модуль в разделе «Прочие изделия». К ним относятся активные и пассивные электронные компоненты, коммутационные компоненты, элементы индикации и т. д.

Таблица 1.2 – Показатели технологичности электронных модулей

i	Коэффициенты технологичности	Обозначение	φ_i
1	Коэффициент автоматизации пайки	$K_{АП}$	1,0
2	Коэффициент автоматизации установки	$K_{АУ}$	1,0
3	Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа	$K_{ТСБ}$	0,8
4	Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки	$K_{АКН}$	0,5
5	Коэффициент повторяемости типоразмеров	$K_{пов ЭК}$	0,3
6	Коэффициент применения типовых техпроцессов	$K_{ТП}$	0,2
7	Коэффициент сокращения применения деталей	$K_{СПД}$	0,1

2. Коэффициент автоматизации установки ЭК, подлежащих пайке:

$$K_{АУ} = N_{АУ} / N_{ЭК}, \quad (1.3)$$

где $N_{АУ}$ – количество компонентов, устанавливаемых на плату автоматизированными способами, которое определяется как

$$N_{АУ} = N_{СМ} + N_{ПМ}, \quad (1.4)$$

где $N_{СМ}$ и $N_{ПМ}$ – соответственно количество компонентов, монтируемых в отверстия платы (сквозного монтажа), и компонентов поверхностного монтажа, устанавливаемых на плату автоматизированными способами.

3. Коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа равен

$$K_{T\text{ CB}} = 1 / N_{BM}, \quad (1.5)$$

где N_{BM} – число, характеризующее вид монтажа, определяемое по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Выбор вида монтажа

Вид монтажа	Поверхностный односторонний	Поверхностный двухсторонний	Смешанно-разнесенный	Смешанный
N_{BM}	1,2	1,4	1,8	2,8

4. Коэффициент автоматизации операций контроля и настройки:

$$K_{AKH} = (N_{AT} + N_{AF}) / N_{KH}, \quad (1.6)$$

где N_{AT} – число автоматизированных операций внутрисхемного тестирования модуля;

N_{AF} – число автоматизированных операций приемочного функционального контроля модуля;

N_{KH} – общее число операций контроля и настройки.

Две операции – визуальный контроль и электрический – являются обязательными. Чаще всего автоматизируется операция электрического контроля, как самая трудоемкая. Если в конструкции имеются регулировочные элементы, то количество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

5. Коэффициент повторяемости типоразмеров:

$$K_{пов} = 1 - N_T / N_{ЭК}, \quad (1.7)$$

где N_T – количество типоразмеров электронных компонентов в модуле.

Под типоразмером компонента понимают его габаритные размеры, конфигурацию, тип корпуса (например, две микросхемы разного назначения, но в одинаковых корпусах имеют один и тот же типоразмер). Количество типоразмеров в модуле N_T определяется по спецификации и сборочному чертежу модуля.

6. Коэффициент применения типовых технологических процессов (ТП) равен

$$K_{ТП} = (D_{ТП} + E_{ТП}) / (D + E), \quad (1.8)$$

где $D_{ТП}$, $E_{ТП}$ – число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП;

D , E – общее число деталей и сборочных единиц в модуле, кроме крепежа.

7. Коэффициент сокращения применения деталей:

$$K_{СПД} = 1 / D, \quad (1.9)$$

где D – количество деталей в модуле (без учета нормализованного крепежа).

К деталям относятся печатные платы, планки, радиаторы, угольники и др., которые изготавливаются на предприятии. Количество деталей D определяется по спецификации в разделе «Детали».

Для определения базового значения комплексного показателя вычисляется количество компонентов сквозного и поверхностного монтажа в партии изготавливаемых модулей:

$$N_{\text{СМ}} = N H_{\text{ЭКСМ}}, \quad N_{\text{ПМ}} = N H_{\text{ЭКПМ}}, \quad (1.10)$$

где N – объем партии изготавливаемых модулей.

Базовое значение комплексного показателя равно

$$K_{\text{Б}} = (K_{\text{С}} N_{\text{СМ}} + 0,8 N_{\text{ПМ}}) / (N_{\text{СМ}} + N_{\text{ПМ}}), \quad (1.11)$$

где $K_{\text{С}} = 0,55$, если $N_{\text{СМ}} < 50\,000$, и $K_{\text{С}} = 0,70$, если $N_{\text{СМ}} \geq 50\,000$.

Значение комплексного показателя технологичности вычисляется по формуле (1.1) и рассчитывается уровень технологичности:

$$K_{\text{УТ}} = K / K_{\text{Б}}. \quad (1.12)$$

Если $K_{\text{УТ}} \geq 1$, то конструкция модуля в достаточной степени отработана на технологичность. Если $K_{\text{УТ}} < 1$, то конструкция признается нетехнологичной.

Для повышения технологичности конструкций устройств выполняют следующее:

- расширяют число поверхностно-монтируемых элементов;
- сокращают количество деталей, требующих механической сборки;
- рационально компонуют элементы на плате, что обеспечивает автоматизированную установку и монтаж;
- снижают число подстроечных и регулировочных элементов;
- автоматизируют подготовку элементов к монтажу;
- автоматизируют операции контроля и настройки.

Порядок выполнения задания

1. Получить задание у преподавателя (сборочный чертеж и спецификацию на электронный модуль, собранный на печатной плате).
2. Подготовить исходные данные для расчета базовых показателей технологичности.
3. Рассчитать частные базовые показатели технологичности и комплексный показатель технологичности.
4. Рассчитать базовое значение комплексного показателя.
5. Рассчитать уровень технологичности конструкции электронного модуля.
6. Если $K_{\text{УТ}} \geq 1$, то конструкция модуля признается технологичной. Если $K_{\text{УТ}} < 1$, то необходимо внести изменения в конструкцию и технологию сборки и повторить расчет.

Разработка технологической схемы сборки электронного модуля

Теоретические сведения

Сборка представляет собой совокупность технологических операций механического соединения деталей, ЭК и интегральных микросхем (ИС) в изделии или его части, выполняемых в определенной последовательности для обеспечения заданного их расположения и взаимодействия. Выбор последовательности операций сборочного процесса зависит от конструкции изделия и организации процесса сборки.

Технологический процесс сборки – это совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия. Простейшим сборочно-монтажным элементом является *деталь*, которая, согласно ГОСТ 2101–68, характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений.

Сборочная единица является более сложным сборочно-монтажным элементом, состоящим из двух или более деталей, соединенных разъемным либо неразъемным соединением. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц.

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке ТП сборки. В ее основе лежит схема сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

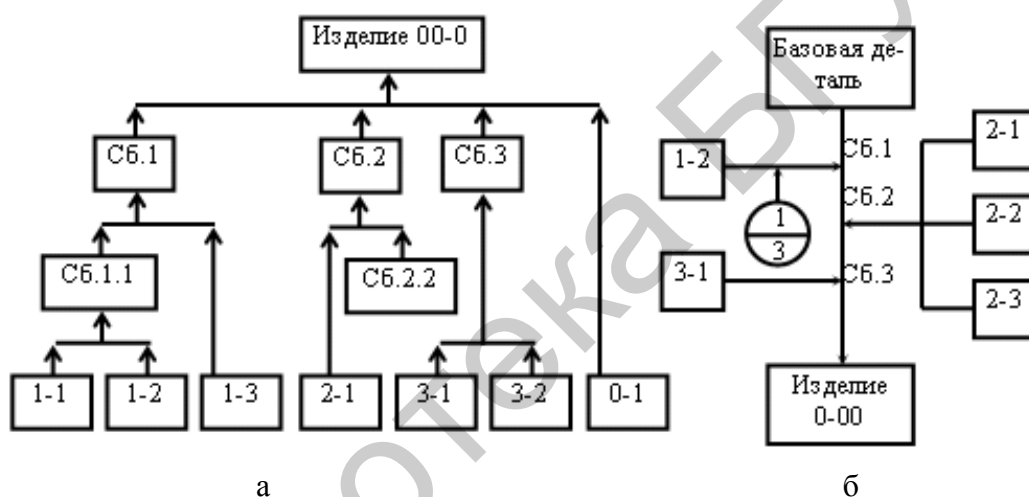
- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортирования и контроля;
- минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной единицы первой ступени сборки, должно быть равно двум;
- минимальное число деталей, присоединяемых к сборочной единице данной группы для образования сборочного элемента следующей ступени, должно быть равно единице;
- схема сборочного состава строится при условии образования наибольшего числа сборочных единиц;
- схема должна обладать свойством непрерывности, т. е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей.

Включение в схему сборочного состава технологических указаний превращает ее в технологическую схему сборки. Различают технологические схемы сборки «*веерного*» типа и технологические схемы сборки с *базовой деталью*.

Технологическая схема сборки «*веерного*» типа представлена на рисунке 2.1, а. На ней стрелками показано направление сборки деталей и сборочных

единиц. Достоинством схемы является ее простота и наглядность, но она не отражает последовательности сборки во времени.

Схема сборки с базовой деталью (рисунок 2.1, б) устанавливает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т. е. базовую деталь или сборочную единицу, в качестве которой обычно выбирают ту деталь, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служит плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется *главной осью сборки*. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций, например Сб.1-1, Сб.1-2 и т. д., а точки пересечения вспомогательной оси с главной – как операции: Сб.1, Сб.2 и т. д.



а – «вверного» типа; б – с базовой деталью

Рисунок 2.1 – Технологические схемы сборки

При построении технологической схемы сборки каждую деталь или сборочную единицу изображают в виде прямоугольника (рисунок 2.2, а), в котором указывают позицию детали по спецификации к сборочному чертежу 1, ее наименование 2 и обозначение 3 согласно основному конструкторскому документу, а также количество деталей 4, подаваемых на одну операцию сборки. Для ЭК в графе 3 указывают ГОСТ, ТУ или фирму-производителя. Размеры прямоугольника рекомендуются 50×15 мм. Допускается изображение нормализованных или стандартных крепежных деталей в виде круга диаметром 15 мм, в котором указывают позицию по спецификации и количество деталей (рисунок 2.2, б).

Технологические указания по выполнению сборочных операций или электрического монтажа заключают в прямоугольник, ограниченный штрихо-

вой линией, а место их выполнения указывают наклонной стрелкой, направленной в точку пересечения осей сборки.

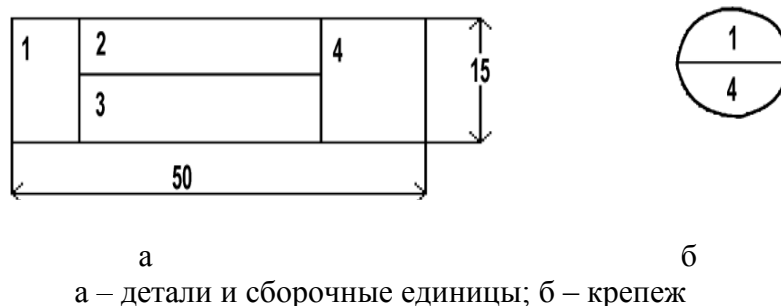


Рисунок 2.2 – Условные обозначения на технологической схеме сборки

Также на технологических схемах сборки оговаривают характер выполнения неразъемных соединений (сварка, пайка, склеивание, запрессовка и т. д.); материал, применяемый при сборке; характер операций монтажа элементов (волной припоя, электропаяльником и т. д.); характер операций влагозащиты, контроля и маркировки изделия (рисунок 2.3).

Содержание технологической схемы сборки электронного блока определяется его конструкцией. При наличии в конструкции электронного модуля поверхностно-монтируемых компонентов (ПМК) и электронных компонентов сквозного монтажа выделяют следующие основные варианты монтажа модулей (рисунок 2.4): *односторонний поверхностный монтаж*, в котором на одной стороне печатной платы расположены только ПМК; *двухсторонний поверхностный монтаж*, в котором на двух сторонах печатной платы расположены только ПМК; *смешанный совмещенный монтаж*, в котором на одной стороне печатной платы размещаются сложные ПМК и компоненты со штыревыми выводами; *смешанный сложный монтаж*, в котором на лицевой стороне печатной платы размещаются сложные ПМК и компоненты со штыревыми выводами, а на противоположной – только ПМК; *смешанный разнесенный монтаж*, где компоненты со штыревыми выводами размещаются на лицевой стороне печатной платы, а простые ПМК – на обратной стороне.

Технологический процесс сборки *электронного модуля (ЭМ) одностороннего поверхностного монтажа* начинается с нанесения методом трафаретной печати припойной пасты на контактные площадки (рисунок 2.5). Компоненты устанавливаются на печатную плату (ПП), и осуществляется их пайка. Для плат с двухсторонней установкой компонентов приведенные выше операции повторяются (рисунок 2.6). Компоненты, находящиеся на лицевой стороне печатной платы, повторно подвергаются нагреву. Однако вследствие действия сил поверхностного натяжения в припойной пасте они остаются на своих местах.

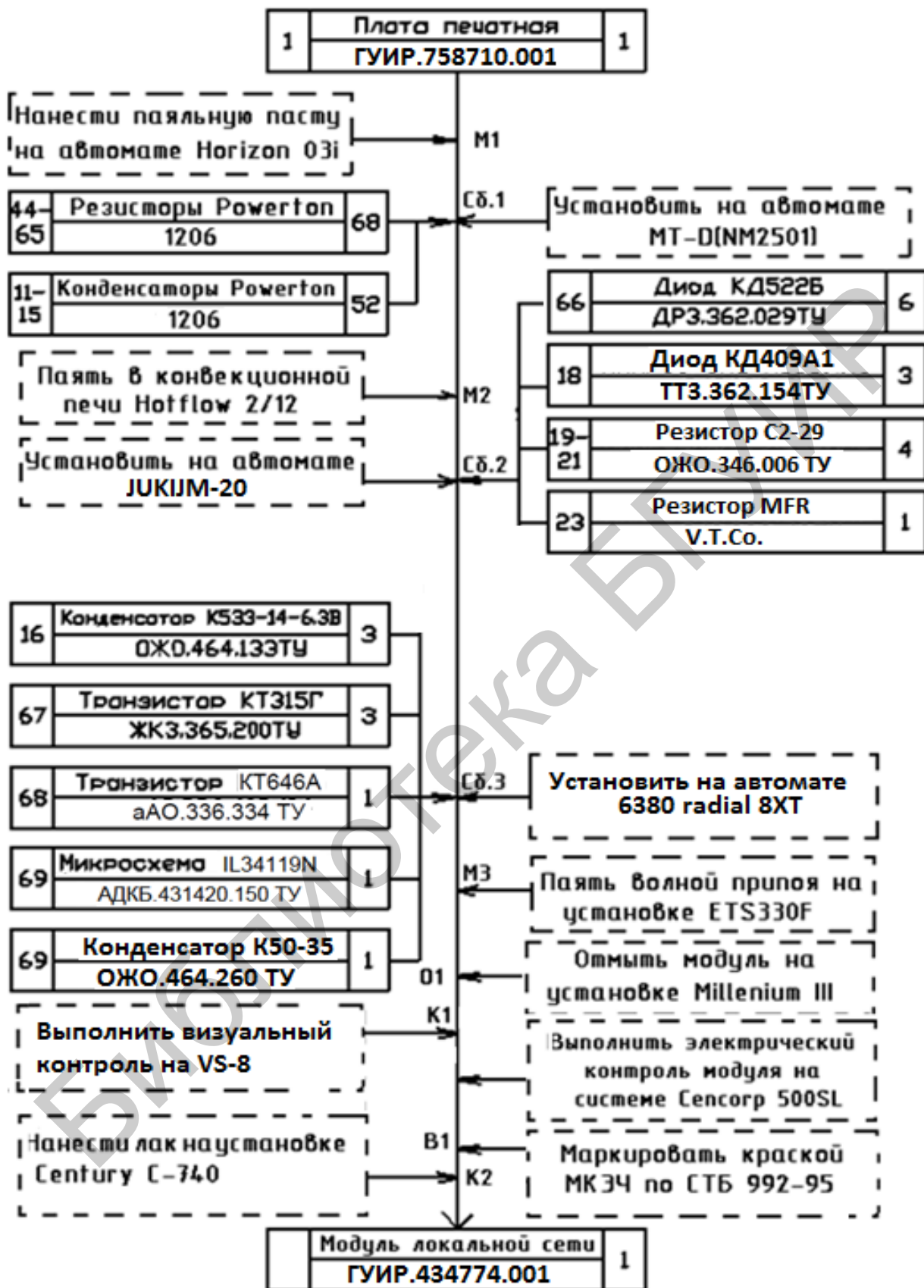


Рисунок 2.3 – Технологическая схема сборки электронного модуля

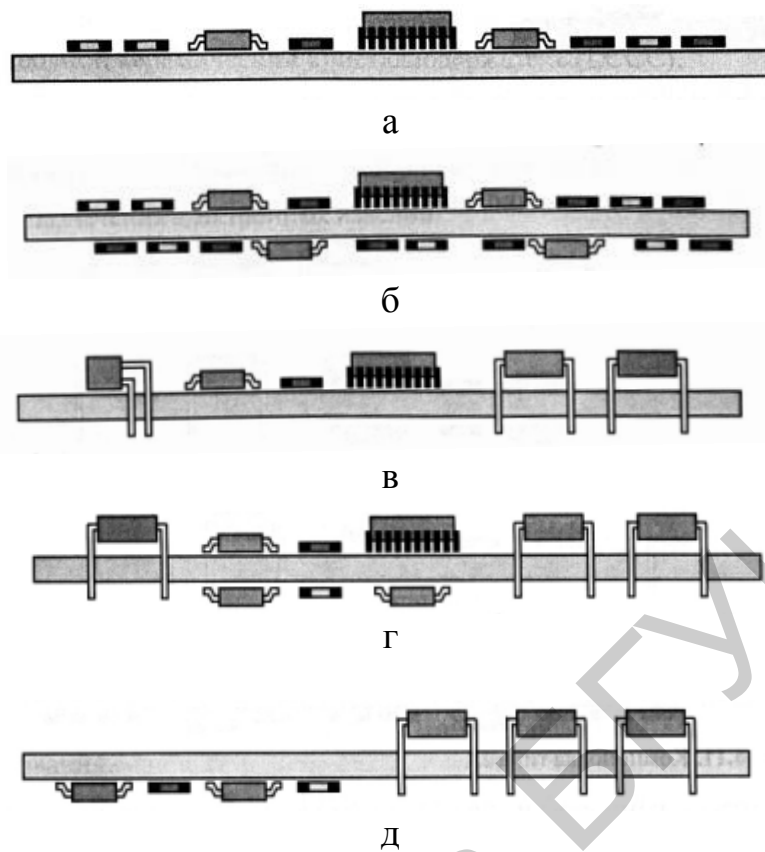


Рисунок 2.4 – Электронный модуль одностороннего поверхностного (а), двухстороннего поверхностного (б), смешанного совмещенного (в), смешанного сложного (г) и смешанного разнесенного (д) монтажа

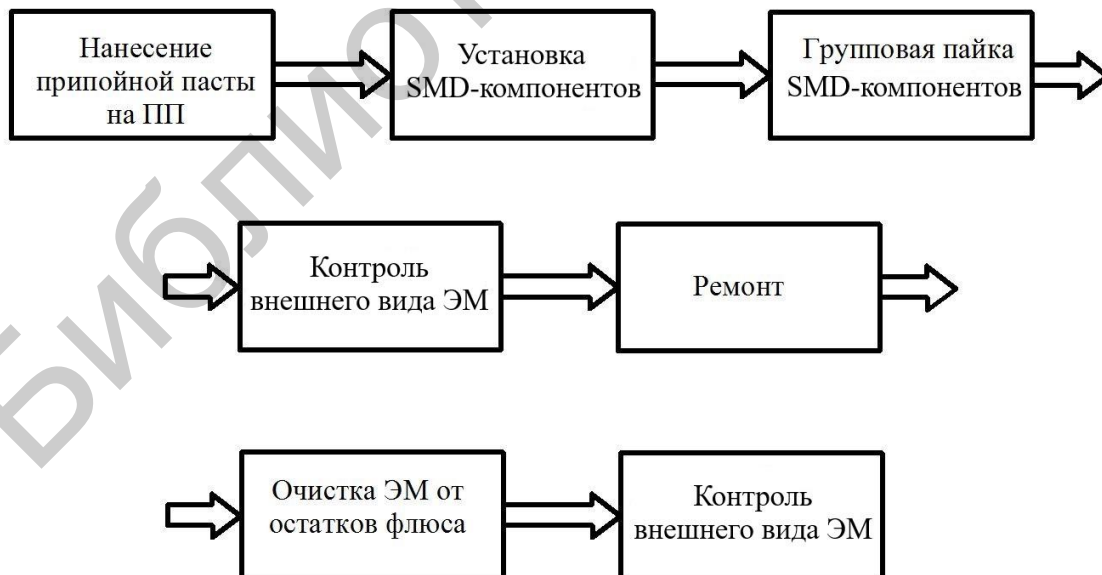


Рисунок 2.5 – Схема технологического процесса одностороннего поверхностного монтажа

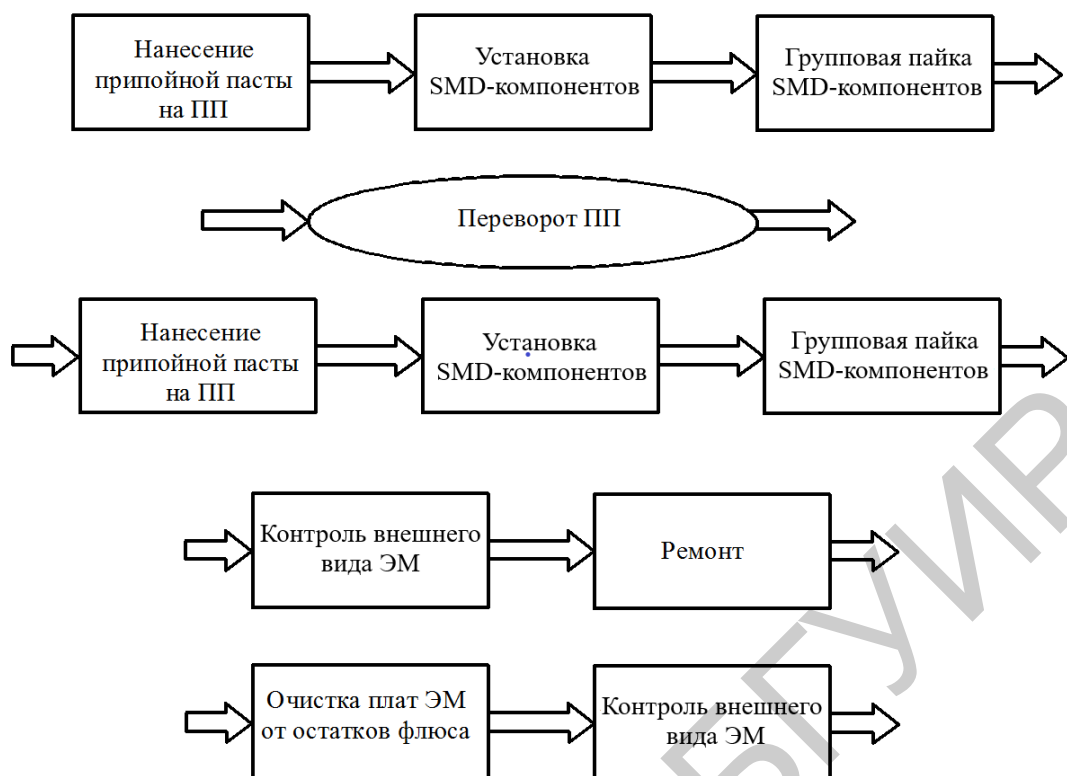


Рисунок 2.6 – Схема технологического процесса двухстороннего поверхностного монтажа

Технологический процесс сборки *модуля смешанного совмещенного монтажа* начинается с монтажа ПМК на паяльную пасту (рисунок 2.7). Затем устанавливаются компоненты, монтируемые в отверстия, и осуществляется селективная пайка их выводов. Применение селективной пайки позволяет снизить тепловую нагрузку на плату и затраты на расходные материалы.

Технологический процесс сборки *модуля смешанного сложного монтажа* является комбинацией процессов сборки модулей смешанного совмещенного и одностороннего поверхностного монтажа (рисунок 2.8). Это наиболее сложный вариант для практической реализации, потому что он содержит максимальное число операций.

Если в *модуле смешанного разнесенного монтажа* применены компоненты с матричными выводами типа BGA, компоненты типа QFP и компоненты в металлокерамических корпусах, то технологический процесс его сборки реализуется по схеме в соответствии с рисунком 2.9, а. При этом применяются операции, аналогичные предыдущим вариантам сборочных процессов. Если же в модуле смешанного разнесенного монтажа применены простые ПМК, то вначале они устанавливаются на клей, затем плата переворачивается, на вторую сторону устанавливаются компоненты сквозного монтажа и осуществляется волновая пайка всех компонентов (рисунок 2.9, б). ПМК за счет предварительного приклеивания во время пайки остаются на своих местах. Заключительные операции всех технологических процессов – очистка и контроль и при необходимости ремонт.

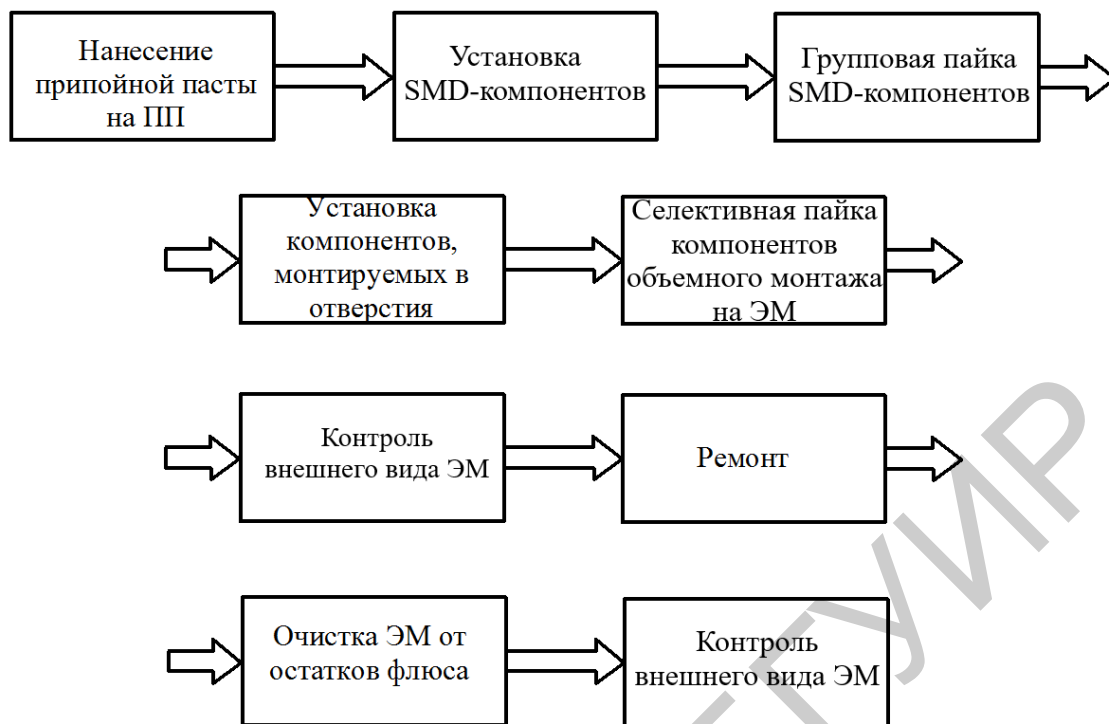


Рисунок 2.7 – Схема технологического процесса смешанного совмещенного монтажа

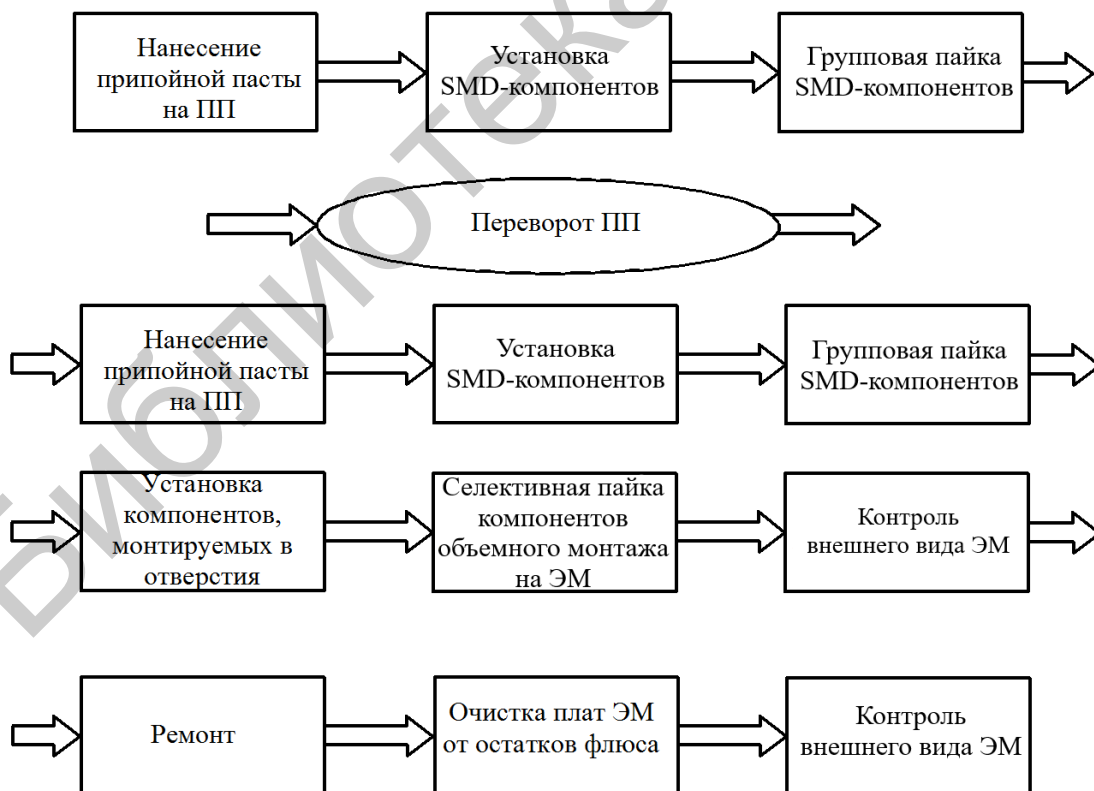
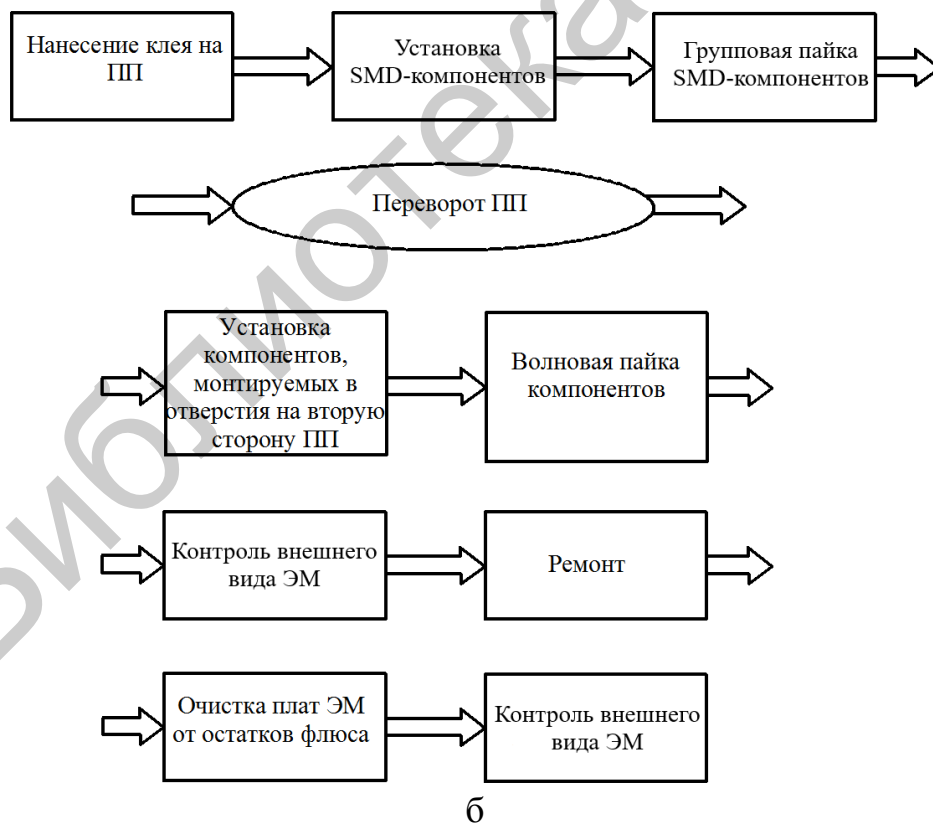
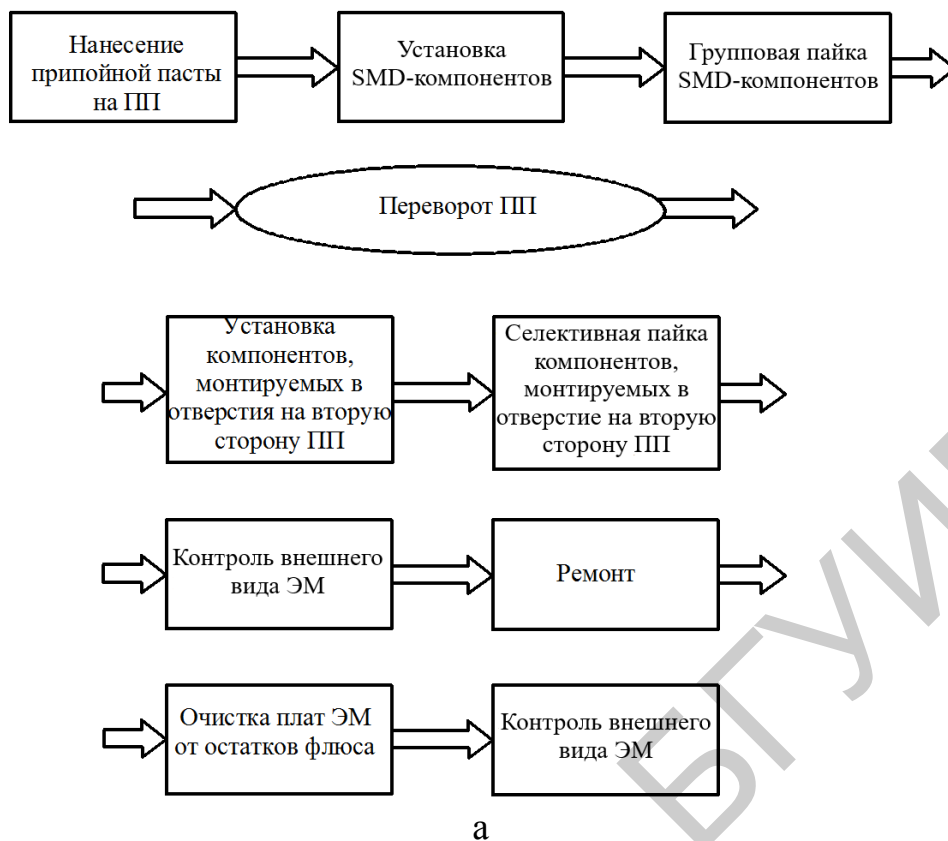


Рисунок 2.8 – Схема технологического процесса сложного смешанного монтажа



а – без применения клея; б – с применением клея

Рисунок 2.9 – Схемы технологических процессов смешанного разнесенного монтажа

Для определения количества устанавливаемых ЭК на плату в ходе выполнения сборочных операций необходим расчет ритма сборки:

$$r = \frac{\Phi_d}{N} \text{ (мин/шт.)}, \quad (2.1)$$

где Φ_d – действительный фонд времени за плановый период, мин;

N – программа выпуска за плановый период, шт.

Действительный фонд времени за плановый период определяется как

$$\Phi_d = C \cdot D \cdot K_n \cdot 40 \cdot 60 / 5 \text{ (мин)}, \quad (2.2)$$

где C – количество рабочих смен;

D – количество рабочих дней за плановый период;

K_n – коэффициент регламентированных перерывов ($K_n=0,95$).

Трудоемкость i -й операции сборки определяется исходя из производительности оборудования, применяемого для выполнения операции, и количества монтируемых ЭК:

$$T_i = n \cdot K \cdot 60 / \Pi \text{ (мин)}, \quad (2.3)$$

где Π – производительность единицы оборудования, шт./ч;

n – количество ЭК;

K – коэффициент, учитывающий время замены захвата при переходе к другому типоразмеру корпуса ЭК, снижение скорости при установке крупногабаритных компонентов (1,1–1,5).

Количество ЭК, устанавливаемых на i -й операции, должно учитывать соотношение

$$0,9 < T_i / r < 1,2. \quad (2.4)$$

Разработка технологических схем сборки способствует дифференциации процессов сборки, что сокращает длительность производственного цикла.

При расчете трудоемкости пайки в конвекционной печи учитывают рекомендуемый термопрофиль для применяемого припоя (рисунок 2.10).

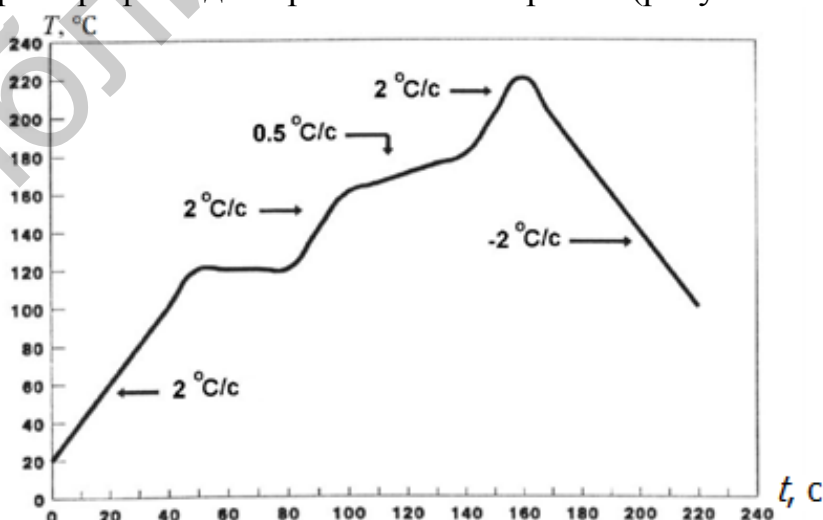


Рисунок 2.10 – Термопрофиль пайки в конвекционной печи

Порядок выполнения задания

1. Определить действительный фонд времени за плановый период.
2. Рассчитать ритм сборки.
3. Определить последовательность операций сборки и их трудоемкость.
4. Проверить для каждой операции сборки отношение T_i / r .
5. Разработать технологическую схему сборки.
6. Внести в схему технологические указания.
7. Вычертить технологическую схему сборки на листах формата А4.

Библиотека БГУИР

Разработка маршрутной технологии сборки электронного модуля и выбор оптимального варианта технологического процесса

Теоретические сведения

Сборку электронных модулей проводят в три этапа. На первом этапе:

- наносят на плату паяльную пасту трафаретной печатью;
- устанавливают SMD-компоненты на плату;
- выполняют электрический монтаж оплавлением паяльной пасты.

На втором этапе:

- устанавливают выводные ЭК, разъемы, кварцевые резонаторы, элементы коммутации и др.;
- закрепляют крупногабаритные (трансформаторы питания и т. д.) элементы собственным крепежом;
- выполняют электрический монтаж селективной пайкой.

На третьем этапе:

- выполняют неразъемные соединения деталей и сборочных единиц с платой (развальцовка, склеивание и т. д.);
- устанавливают крепежные детали (угольники, кронштейны и т. д.);
- выполняют регулировочно-настроечные работы;
- контролируют качество сборки и монтажа, маркируют изделие.

При выборе оптимального варианта ТП используют технико-экономические критерии – *экономичность* и *производительность*.

Экономичным считается процесс, который при заданных условиях обеспечивает минимальную технологическую себестоимость. Производительность соответствует наименьшим затратам живого труда и обеспечивает быстрый выпуск продукции в плановые сроки.

Для выбора оптимального варианта ТП по производительности рассчитывают производительность труда по каждому из вариантов. *Производительность* – количество изделий, которое изготовлено за единицу времени (час, смена):

$$Q = \frac{\Phi_d}{\sum_{i=1}^n T_{шт\ i}}, \quad (3.1)$$

где Φ_d – действительный фонд времени за плановый период;

n – количество операций ТП;

$T_{шт\ i}$ – трудоемкость i -й операции.

При расчетах производительности труда необходимо различать *штучно-калькуляционное* и *штучное время* выполнения операции.

Штучно-калькуляционное время равно

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{п.з} / N, \quad (3.2)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, которое затрачивается на каждое изделие;

$T_{п.з}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на ознакомление с чертежами, получение инструмента, подготовку и наладку оборудования на всю программу выпуска;

N – программа выпуска изделий.

Штучное время определяется по формуле

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{пер}, \quad (3.3)$$

где $T_{осн}$ – основное время работы оборудования;

$T_{всп}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали;

$T_{обсл}$ – время обслуживания и замены инструмента;

$T_{пер}$ – время регламентированных перерывов в работе.

Для сборочно-монтажного производства $T_{осн}$ и $T_{всп}$ объединяют в оперативное время $T_{оп}$, а $T_{обсл} + T_{пер}$ составляют дополнительное время, его задают в процентах от оперативного в виде коэффициентов. Для сборочно-монтажных работ штучное время определяется по формуле

$$T_{шт} = T_{оп} K_1 \left(\frac{K_2 + K_3}{100} + 1 \right), \quad (3.4)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от сложности аппаратуры и типа производства;

K_2 – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время обслуживания в процентах от оперативного;

K_3 – коэффициент, учитывающий долю времени на перерывы в работе в процентах к оперативному времени и зависящий от сложности выполняемой работы и условий труда.

Оперативное время $T_{оп}$ определяют по техническим характеристикам оборудования в соответствии с формулой (2.3). Значения коэффициентов K_1 и K_2 выбирают по таблице 3.1, K_3 – по таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Значения коэффициентов K_1 и K_2

Тип производства	K_1 для аппаратуры			K_2 , %
	2-го поколения	3-го поколения	4-го поколения	
Индивидуальное	1,3	1,8	2,0	10
Мелкосерийное	1,2	1,5	1,8	9,6
Серийное	1,0	1,2	1,5	7,6
Крупносерийное	0,75	0,9	1,12	5,4
Массовое	0,70	0,85	1,05	3,7

Ориентировочное подготовительно-заключительное время на всю годовую программу равно

$$T_{п.з} = T_{п.з см} \cdot C \cdot D, \quad (3.5)$$

где $T_{п.з см}$ – сменная норма подготовительно-заключительного времени.

Сменная норма $T_{п.з см}$ определяется инструкцией по эксплуатации оборудования и выражает готовность оборудования на начало ТП (таблица 3.3).

Таблица 3.2 – Значения коэффициента K_3 в зависимости от условий работы

Характер работ	$K_3, \%$
Простые легкие	3
Простые средние	5
Простые в неблагоприятных условиях	6
Простые в тяжелых условиях	9
Простые с большим зрительным напряжением	12
Тяжелые или в особо неблагоприятных условиях	16
Особо тяжелые и в неблагоприятных условиях	20

Для выбора оптимального варианта ТП составляют два уравнения для вычисления суммарного штучно-калькуляционного времени сравниваемых вариантов в соответствии с технической нормой времени:

$$\sum_{i=1}^m T_{шт.к i} = \sum_{i=1}^m T_{шт i} + \sum_{i=1}^m T_{п.з i} / N, \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^n T_{шт.к i} = \sum_{i=1}^n T_{шт i} + \sum_{i=1}^n T_{п.з i} / N,$$

где m, n – число операций по вариантам.

Тогда критический размер партии изделий равен

$$N_{кр} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{п.з i} - \sum_{i=1}^n T_{п.з i}}{\sum_{i=1}^n T_{шт i} - \sum_{i=1}^m T_{шт i}}. \quad (3.7)$$

Таблица 3.3 – Примерные нормы подготовительно-заключительного времени

Тип оборудования	$T_{п.з см}, \text{ мин}$
Простая оснастка	1–5
Оснастка средней сложности (с пневмо- или электроприводом)	10–15
Сложная технологическая и регулировочная оснастка	15–30
Полуавтоматы	15–25
Сложное автоматическое оборудование	20–30
Микропроцессорное оборудование, управляемые роботы	30–40
Установки волновой пайки	50–60

Если вариант ТП отличается большим уровнем автоматизации, то ему соответствует большее суммарное подготовительно-заключительное время вследствие сложности подготовки оборудования и одновременно меньшее суммарное штучное время.

Важным показателем правильности выбора технологического оборудования является коэффициент загрузки и использования оборудования по основ-

ному времени. Коэффициент загрузки оборудования K_3 определяется как отношение расчетного количества единиц оборудования по данной операции n_p к принятому (фактическому) количеству $n_{пр}$:

$$K_3 = \frac{n_p}{n_{пр}}. \quad (3.8)$$

Расчетное количество единиц оборудования (рабочих мест) определяется как отношение штучного времени данной операции $T_{шт}$ к ритму выпуска r :

$$n_p = \frac{T_{шт}}{r}. \quad (3.9)$$

Фактическое количество единиц оборудования определяется путем округления расчетного количества до ближайшего целого значения в большую сторону.

Для наглядного представления о средней загрузке оборудования на линии и каждой единицы оборудования строят график загрузки (рисунок 3.1).

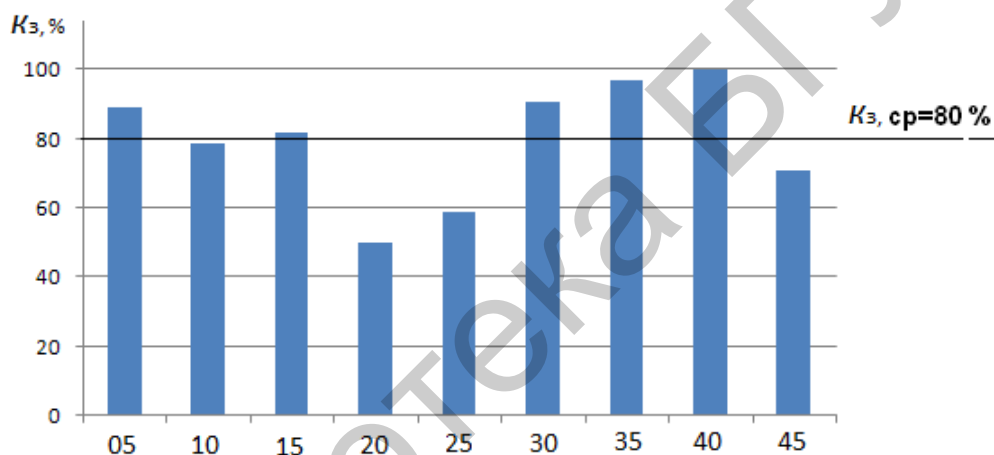


Рисунок 3.1 – График загрузки оборудования на линии

Уровень автоматизации и механизации производственного процесса:

$$U_{МА} = \frac{T_M + T_A}{\sum_{i=1}^n T_{шт.к i}}, \quad (3.10)$$

где T_M, T_A – трудоемкости механизированных и автоматизированных операций;
 n – количество операций.

Порядок выполнения задания

1. В соответствии с ГОСТ 14.301–73 «Единая система технологической подготовки производства. Общие правила разработки ТП и выбора средств технологического оснащения» разработать два варианта маршрутного ТП сборки и монтажа электронного модуля.

2. Для каждого из вариантов выбрать технологическое оборудование по техническим характеристикам, приведенным в приложениях А–Д.

3. Рассчитать трудоемкость операций для каждого из вариантов маршрутного ТП сборки, представляя результаты расчетов в виде таблиц 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 – Маршрутный ТП сборки и монтажа (вариант 1)

Номер операции	Наименование операции	Оборудование, оснастка	$T_{оп}$, мин	$T_{шт.}$, мин	$T_{п.з.}$, мин	$T_{шт.к.}$, мин
05	Комплектовочная	Стол комплектовщика СК1595	4	4,49	2700	4,51
10	Подготовка конденсаторов к монтажу	Полуавтомат формовки OLAMEF TP/R-PR	0,2	0,224	13500	0,278
15	Нанесение паяльной пасты	Автомат трафаретной печати Horizon 03i	0,6	0,67	16200	0,132
20	Установка компонентов поверхностного монтажа	Автомат MT-D(NM2501)	0,29	0,33	16200	0,396
25	Пайка платы	Печь конвективного оплавления Hotflow 2/12	0,7	0,78	21600	0,164
30	Установка компонентов с аксиальными выводами	Автомат JUKI JM-20	0,28	0,30	16200	0,27
35	Установка компонентов с радиальными выводами	Автомат-секвенсор 6380B radial 8XT	0,3	0,34	16200	0,099
40	Пайка платы	Установка пайки ETS330F	0,5	0,56	32400	0,186
45	Очистка платы	Установка промывки плат Millenium III	2,5	2,8	13500	2,86
50	Контроль визуальный	Рабочее место визуального контроля VS-8	0,5	0,56	2700	0,57
55	Контроль электрический	Система контроля Sencorp 500SL	0,9	1,0	16200	1,04
60	Маркировка	Стол рабочий CP-12	1,0	1,12	2700	1,13
65	Нанесение защитного покрытия	Установка селективной защиты плат Century C-740	2,5	2,8	13500	2,86
<i>Итого</i>			11,28	13,759	183600	14,495

4. Рассчитать $N_{кр}$ и определить оптимальный вариант маршрутного ТП сборки и монтажа электронного модуля.

5. Рассчитать коэффициенты загрузки оборудования по вариантам ТП, определить средний коэффициент загрузки для участка, построить графики загрузки по вариантам.

6. Рассчитать уровень автоматизации технологического процесса сборки и сделать выводы.

Таблица 3.5 – Маршрутный ТП сборки и монтажа (вариант 2)

Номер операции	Наименование операции	Оборудование, оснастка	$T_{оп}$, мин	$T_{шт}$, мин	$T_{п.з}$, мин	$T_{шт.к}$, мин
05	Комплектовочная	Стол комплектовщика СК1595	4	4,49	2700	4,51
10	Подготовка конденсаторов к монтажу	Полуавтомат формовки OLAMEF TP/R-PR	0,2	0,224	16200	0,278
15	Нанесение паяльной пасты	Полуавтомат трафаретной печати SP-20	0,6	0,67	16200	1,32
20	Установка компонентов поверхностного монтажа	Манипулятор LM901	2,29	2,43	5400	2,76
25	Пайка платы	Печь конвективного оплавления Hotflow 2/12	0,7	0,78	21600	0,164
30	Установка компонентов в отверстия	Светомонтажный стол Logpoint 6235	1,8	2,2	5400	2,57
35	Пайка платы	Установка пайки ETS330F	0,5	0,56	32400	0,186
40	Очистка платы	Установка промывки плат Millenium III	2,5	2,8	13500	2,86
45	Контроль визуальный	Рабочее место визуального контроля VS-8	0,5	0,56	2700	0,57
50	Контроль электрический	Система контроля Sencorp 500SL	0,9	1,0	16200	1,04
55	Маркировка	Стол рабочий CP-12	0,3	0,34	2700	1,13
60	Нанесение защитного покрытия	Установка селективной защиты Century C-740	1,5	1,8	13500	2,86
<i>Итого</i>			15,41	18,428	148 500	20,248

Разработка операционной технологии и оформление комплекта технологических документов на процесс сборки электронного модуля

Теоретические сведения

Единые правила выполнения, оформления, комплектации и обращения технологической документации (ТД) установлены комплексом стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД). К ТД относятся графические и текстовые документы, назначение и содержание которых приведены в таблице 4.1. Технологическая документация разрабатывается в виде комплекта документов. Виды ТД устанавливает ГОСТ 3.1102–81, состав, формы и правила оформления информационных блоков основной надписи – ГОСТ 3.1103–82, общие требования к документам, формам и бланкам – ГОСТ 3.1104–81, термины и определения основных понятий – ГОСТ 3.1109–82.

При серийном производстве и маршрутно-операционном типе ТП комплект ТД включает:

- 1) титульный лист (ГОСТ 3.1105–74);
- 2) ведомость технологических документов (ГОСТ 3.1122–84, формы 4 и 4а);
- 3) комплектовочную карту (ГОСТ 3.1123–84, формы 6 и 6а);
- 4) маршрутную карту (ГОСТ 3.1118–82, формы 1 и 1а);
- 5) операционные карты (ГОСТ 3.1407–82, формы 3 и 3а или 2 и 2а);
- 6) ведомость оснастки (ГОСТ 3.1122–84, формы 2 и 2а);
- 7) ведомость операции контроля (ГОСТ 3.1105–74, форма 3).

При крупносерийном или массовом производстве и операционном типе ТП комплект ТД включает:

- 1) титульный лист (ГОСТ 3.1104–81);
- 2) ведомость технологических документов (ГОСТ 3.1122–84, формы 4 и 4а);
- 3) комплектовочную карту (ГОСТ 3.1123–84, формы 6 и 6а);
- 4) маршрутную карту (ГОСТ 3.1118–82, формы 2 и 2а);
- 5) операционные карты (ГОСТ 3.1407–82, формы 3 и 3а или 2 и 2а);
- 6) карту эскизов (ГОСТ 3.1105–84, формы 7 и 7а);
- 7) ведомость оснастки (ГОСТ 3.1122–84, формы 3 и 3а);
- 8) операционную карту контроля (ГОСТ 3.1502–74).

Документы заполняются в основном с применением печатного устройства (ГОСТ 2.004–88) шрифтом 11 или 12 пт.

Наименование разделов и подразделов записывают в виде заголовков и подзаголовков и при необходимости подчеркивают. Между заголовками и самим текстом следует оставлять 1–2 свободные строки. Запись данных следует производить в технологической последовательности выполнения операций, переходов, приемов работ, физических и химических процессов.

Таблица 4.1 – Виды и назначение основных технологических документов

Вид документа	Содержание и назначение документа
Маршрутная карта (МК)	Описание ТП изготовления изделия по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.
Технологическая инструкция (ТИ)	Описание приемов работы или ТП, правил эксплуатации средств технологического оснащения, физических и химических явлений, происходящих на отдельных операциях.
Карта эскизов (КЭ)	Эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения ТП, операции или перехода.
Комплектовочная карта (КК)	Данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия.
Ведомость материалов (ВМ)	Данные о заготовках, нормах расхода материала.
Ведомость оснастки (ВО)	Перечень технологической оснастки и инструментов, необходимых для выполнения данного ТП.
Ведомость технологических документов (ВТД)	Состав и комплектность ТД, необходимых для изготовления изделия.
Операционная карта (ОК)	Описание технологической операции с указанием переходов, данных о технологическом оборудовании, оснастке, инструментах и режимах обработки.
Ведомость операции (ВОП)	Описание и перечень всех операций технологического контроля, выполненных в одном цехе в технологической последовательности, с указанием данных о контрольной оснастке, инструментах и требований к контролируемым параметрам

Операции нумеруют числами ряда арифметической прогрессии (5, 10, 15 и т. д.). Допускается к числам добавлять слева нули. *Переходы* нумеруют числами натурального ряда (1, 2, 3 и т. д.) в пределах данной операции. *Установы* нумеруют прописными буквами русского алфавита (А, Б, В и т. д.). Размерные характеристики и обозначение обрабатываемых поверхностей указывают арабскими цифрами. Для обозначения позиций и осей допускается применять римские цифры.

Допускается применять сокращенную запись наименований и обозначений, если в документе записаны коды или полные наименования и обозначения этих данных. Например, при последовательном применении инструмента одного кода и наименования в нескольких переходах одной операции полную информацию указывают только для перехода, где он впервые применяется. В следующем переходе записывают: «То же», далее ставят кавычки. При применении инструмента одного кода и наименования в разных переходах одной операции, не следующих друг за другом, в переходе, где впервые был применен данный инструмент, допускается указывать номера последующих переходов, например «ШЦ 11-250-0,05 (для переходов 3, 5, 8)». При этом, записывая соответствующую информацию в этих переходах, дают ссылку, например «см. переход 1».

Титульный лист (ТЛ) является первым листом комплекта технологических документов и заполняется на формах 1–4 в соответствии с ГОСТ 3.1105–84. Форму 2 применяют для документов с горизонтальным расположением поля подшивки. В основной надписи, располагаемой в верхней правой части ТЛ, указывают наименование и обозначение изделия по конструкторскому документу, технологический код процесса, литеру, соответствующую этапу разработки, количество листов. Ниже указывают наименование министерства, организации-разработчика. Еще ниже указывают должности и фамилии лиц, согласовавших комплект документов (слева) и утвердивших документ (справа).

Далее прописными буквами записывают: «КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ», ниже строчными – название ТП. В нижней части ТЛ указывают номер акта и дату внедрения ТП в производство, например: АКТ №14-87 от 15.05.2017.

Маршрутная карта (МК) является одним из важнейших технологических документов комплекта и имеет ряд форм. Выбор и установление области применения соответствующих форм МК зависит от видов разрабатываемых технологических процессов, назначения и формы в составе комплекта ТД и применяемых методов проектирования. Формы и правила оформления МК устанавливает ГОСТ 3.1118–82. При маршрутном и маршрутно-операционном описании ТП МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. При операционном описании ТП МК выполняет роль сводного документа, в котором указывается адресная информация (номер участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения ТП в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, которые отражают определенные виды информации и проставляются перед номером строки (таблица 4.2).

На строках, расположенных ниже граф, в которых указаны их наименования и обозначения, служебные символы проставляет разработчик с учетом выбранного им способа заполнения документов.

Запись в строках, имеющих символ О, следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса при необходимости информации на следующие строки. При операционном описании ТП номер проставляют в начале строки. Информацию в строках с символом Т записывают в такой последовательности: приспособления, вспомогательный, режущий, слесарно-монтажный, специальный инструмент, средства измерения. Запись выполняют по всей длине строки, разделяя каждый вид инструмента знаком «;». Количество одновременно применяемых единиц техно-

логической оснастки указывают после кода (обозначения), заключая в скобки, например ГУИР.ХХХХХХ.ХХХ (5) приспособление для гибки.

Таблица 4.2 – Содержание символов, используемых для описания МК

Обозначение	Содержание информации, вносимой в графы МК, расположенные в строке
А	Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция; номер, код и наименование операции; обозначение документов, применяемых при выполнении операции
Б	Код, наименование операции, трудозатраты
В, Г, Д, Е	Информация по символам А и Б для форм с вертикальным расположением поля подшивки
К	Комплектация изделия составными частями с указанием наименований и обозначений деталей и сборочных единиц
М	Применяемый материал, исходная заготовка, вспомогательные материалы, коды единицы величины, единицы нормирования, количество на изделие и нормы расхода
Л, Н	Комплектация изделия для форм с вертикальным расположением поля подшивки
О	Содержание операции (перехода)
Т	Применяемая технологическая оснастка

При заполнении МК и ОК руководствуются следующими правилами и требованиями:

- именовать операции кратко, без возможности других толкований, начиная с отглагольного существительного (например: «Установка ЭК на печатные платы», «Пайка микросборок», «Контроль блока»);

- переходы формулировать глаголами в повелительном наклонении (например: «Извлечь плату из тары», «Закрепить ручку согласно чертежу», «Проверить внешним осмотром качество и правильность крепления печатного узла согласно чертежу»), т. е. построение фразы при формулировании перехода должно обращать внимание исполнителя в первую очередь на главное действие, а затем указываются предметы и действия, посредством которых достигается основная цель;

- все операции, включая регулировочные и контрольные, вносить в ТД в порядке их выполнения.

Каждому разработанному технологическому документу присваивается самостоятельное обозначение. Согласно ГОСТ 3.1201–85 установлена следующая структура обозначения документа:

Х Х Х Х . Х Х Х Х Х . Х Х Х Х Х

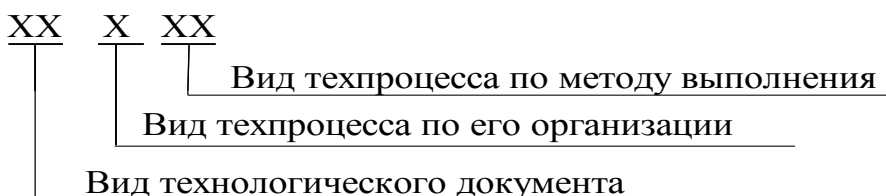
Код организации-разработчика

Код характеристики документа

Порядковый регистрационный номер

Четырехзначный буквенный код организации-разработчика присваивается по классификатору предприятий и организаций. В учебных целях для курсовых проектов рекомендуется назначать код ГУИР.

Код характеристики документа расшифровывается следующим образом:



Код характеристики документа назначается в соответствии с таблицами 4.3–4.5.

Таблица 4.3 – Вид технологического документа

Код	Вид технологического документа
01	Комплект технологической документации
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая инструкция
30	Комплектовочная карта
40	Ведомость документов
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта

Порядковый регистрационный номер присваивают по классификационной характеристике от 00001 до 99999 в пределах кода организации-разработчика или организации, осуществляющей централизованное присвоение.

Таблица 4.4 – Вид техпроцесса по организации

Код	Вид техпроцесса по организации
0	Без указания
1	Единичный процесс
2	Типовой процесс
3	Групповой процесс

Пример обозначения маршрутно-операционной карты на сборку платы: ГУИР.50188.00005, где ГУИР – код организации-разработчика; 50 – вид технологического документа (карта технологического процесса); 1 – вид технологического процесса по организации (единичный процесс); 88 – вид технологического процесса по методу выполнения (сборка и монтаж); 00005 – порядковый регистрационный номер.

Таблица 4.5 – Вид техпроцесса по методу выполнения

Код	Вид техпроцесса по методу выполнения
00	Без указания
01	Общего назначения
02, 03	Технический контроль
07	Испытания
10	Литье
30	Холодная штамповка
40–42	Механическая обработка
50, 51	Термическая обработка
60	Изготовление деталей из пластмасс
70	Нанесение защитного покрытия
71	Нанесение химического, электрохимического покрытий и химическая обработка
75	Электрофизическая обработка
79	Ультразвуковая обработка
80, 81	Пайка
85	Электромонтажные работы
88	Слесарные, слесарно-сборочные и электромонтажные работы
89	Обмоточные и пропиточные работы
90, 91	Сварка

Согласно ГОСТ 3.1102–81 установлены следующие стадии разработки ТД: на этапе разработки конструкторской документации «Эскизный проект» и «Технический проект» технологическая документация соответствует стадии «Предварительный проект» с присвоением литеры П; на этапе разработки рабочей документации стадии «Опытный образец» присваивается литера О, стадии «Установочная серия» – литера А; на этапе массового или серийного производства присваивается литера Б. Разработка технологической документации в курсовом и дипломном проекте соответствует стадии технического проекта или рабочей документации на стадии опытного образца.

Порядок выполнения задания

1. Определить содержание операций выбранного варианта маршрутного технологического процесса.
2. Оформить титульный лист комплекта технологических документов.
3. Оформить маршрутную карту на маршрутный технологический процесс.
4. Оформить операционные карты на три наиболее важные операции технологического процесса сборки и монтажа блока электронной аппаратуры.
5. Оформить ведомость технологических документов. Примеры оформления технологических документов приведены в приложении Е.

Проектирование линии и участка сборки

Теоретические сведения

При организации линии или участка сборки выбор транспортных средств зависит от организационной формы сборки. Для массового и крупносерийного производства изделий небольшого числа наименований при значительной доле ручного труда на сборке применяют одно- и многопредметные непрерывные поточные линии. Поточная сборка изделий более производительна, т. к. сокращаются производственный цикл и межоперационные заделы, углубляется специализация рабочих, создается возможность автоматизации операций за счет полуавтоматического и автоматического оборудования.

Поточная линия оборудуется конвейером, который определяет ритм работы и по своему назначению может быть распределительным и рабочим. На распределительном конвейере сборка происходит при съеме предмета с несущего органа на рабочее место сборщика. Такой конвейер применяется в тех случаях, когда отдельные операции выполняются на параллельных рабочих местах. Рабочий конвейер используется для сборки предметов, находящихся непосредственно на ленте конвейера. Лента конвейера может иметь непрерывное или пульсирующее движение. Для передачи изделий и сборочных единиц с одного участка на другой применяют транспортные конвейеры.

При выборе типа конвейера учитывают характер движения предмета труда, его массу и габариты, сложность операций сборки и т. д. В том случае, если масса изделий более 15 кг и имеет значительные габариты, предусматривают применение укладчиков и съемников для механизированного перемещения изделия. Возле каждого конвейера предусматривается пульт управления. Выбор конвейеров для сборки осуществляют по справочным данным, а также используя отраслевой стандарт ОСТ 4ГО.059.023 «Выбор конструкции сборочного конвейера».

Производительность конвейера Q определяется формулой

$$Q = V \cdot m/d, \quad (5.1)$$

где V – скорость транспортирования, м/мин;

m – масса изделия, кг;

d – шаг конвейера, м.

По полученному значению Q рассчитывают привод конвейера:

$$W = 0,141 \cdot \left(L_n \cdot V \cdot \frac{m_k}{36} + L_p \cdot \frac{Q}{270} \right), \quad (5.2)$$

где m_k – погонная масса ленты конвейера (6–9 кг/м);

L_n – полная длина ленты конвейера;

L_p – рабочая длина конвейера.

Конвейерные системы компаний Nutek Europe и Диал (Россия) построены по модульному принципу (рисунок 5.1) и позволяют создавать гибкие производственные линии на основе современного автоматизированного оборудования.



Рисунок 5.1 – Конвейерная вставка В-1а (а) и автоматический загрузчик Вz-01(б)

При планировке участка поверхностного монтажа можно учитывать опыт создания европейских сборочных линий, где транспортные устройства отдельных автоматов объединены в единую систему с помощью вставок соединительного и инспекционного конвейера (рисунок 5.2). В начале линии размещают автоматический загрузчик плат из магазинов, а на выходе – разгрузчик собранных модулей. На вставках инспекционного конвейера размещают рабочие места установки нестандартных компонентов и визуального контроля.

Современные процессы сборки электронных модулей по технологии поверхностного монтажа характеризуются небольшими сериями и частой переналадкой производства. Применяя многофункциональные автоматы FLX2011 компании ESSEMTEC, можно не только устанавливать SMD с производительностью 6000 шт/ч из 310 питателей, но и с помощью дозатора наносить пасту или клей на плату. Питатели автоматически распознаются системой, что исключает время на дополнительное программирование.

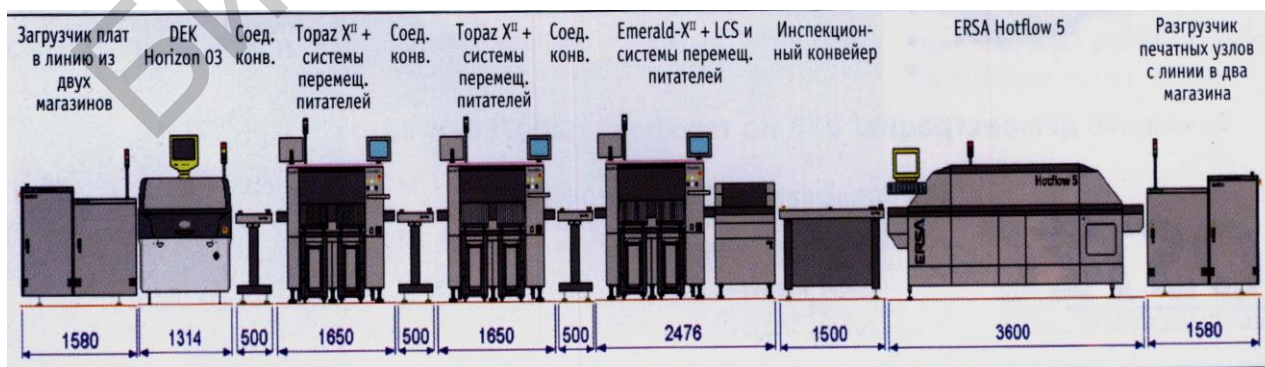


Рисунок 5.2 – Линия поверхностного монтажа

При составлении технологической планировки линии или участка необходимо обеспечить рациональное направление грузопотока, максимальную прямоточность процесса сборки, рациональную компоновку рабочих мест на линии. При составлении планировки учитывают следующие требования:

- технологический поток изготовления изделия должен быть непрерывным;
- транспортно-складские работы должны быть максимально автоматизированы и входить в общий технологический поток;
- должна быть обеспечена сохранность материальных ценностей, а также возможность учета деталей, полуфабрикатов и готовых изделий;
- капитальные затраты должны быть оптимальными, а окупаемость оборудования – укладываться в действующие нормативы.

В соответствии с СТП 2.701–05 «Правила разработки и оформления технологических планировок» при разработке планировок в зависимости от их назначения должны быть предусмотрены площади для размещения:

- технологического и контрольно-испытательного оборудования;
- обслуживающих и вспомогательных помещений;
- проходов и проездов;
- средств и путей перемещения материалов, изделий и технологических отходов;
- склада для хранения материалов, заготовок, полуфабрикатов, комплектующих изделий и готовой продукции.

При разработке планировок должны быть решены следующие задачи:

- обеспечение технологической последовательности выполнения операций;
- создание поточности движения материалов, полуфабрикатов, комплектующих и готовых изделий;
- сокращение расстояний перемещений грузов;
- эффективное использование производственного оборудования, рабочих мест и площадей;
- обеспечение безопасности работы.

Планировки разрабатываются в следующем порядке:

- сбор исходных данных;
- определение состава и количества технологического оснащения для выполнения технологических операций;
- разработка схем расположения цехов, участков и групп оборудования;
- определение рациональной последовательности расстановки оборудования и рабочих мест согласно нормам;
- выполнение чертежа планировки;
- утверждение планировки.

Рабочие места сборщиков и монтажников должны быть оснащены промышленной мебелью в антистатическом исполнении в соответствии с международным стандартом IEC 61340, а также ГОСТ Р 53734.5.1 и 5.2. Этим требованиям отвечают рабочие места VIKING (рисунок 5.3), имеющие модели рабо-

чего стола от СР-12 до СР-15 с тумбой для хранения инструмента, полку с регулируемой высотой установки относительно уровня столешницы от 100 до 850 мм, предназначенную для размещения приборов и документации, а также две энергосберегающие лампы мощностью 54 Вт, создающие освещенность рабочей зоны не менее 1200 лк.



Рисунок 5.3 – Стол рабочий СР-12

Ориентировочная планировка участка сборки и монтажа приведена на рисунке 5.4, а перечень оборудования на участке – в таблице 5.1.

При проектировании гибкого автоматизированного производства (ГАП) основной ячейкой планировки является робототехнологический комплекс (РТК), представляющий совокупность технологического и вспомогательного оборудования и в общем случае включающий следующие основные элементы:

- автоматическое технологическое оборудование (автоматы);
- робототехническое транспортное оборудование (роботы-манипуляторы, транспортные роботы и т. д.);
- автоматические загрузочные и разгрузочные устройства;
- управляющие устройства (стойки управления, контроллеры и др.).

Рациональность планировки участка определяется коэффициентом использования производственной площади K :

$$K = \left(\sum_{i=1}^n S_{oi} + S_{вспi} \right) / S, \quad (5.3)$$

где S_{oi} – площадь, занятая основным оборудованием;

$S_{вспi}$ – площадь, занятая вспомогательным оборудованием;

S – производственная площадь участка;

n – количество единиц технологического оборудования.

Рекомендуемые значения $K \geq 0,65$.

Производственная площадь, занятая основным оборудованием, равна

$$S_{oi} = (L + b + 0,5h_1)(a + 0,5h_2), \quad (5.4)$$

где L – длина основного оборудования вдоль фронта;

b – расстояние от стены или колонны до рабочего места;

h_1 – величина прохода между оборудованием;

a – ширина оборудования;

h_2 – расстояние между оборудованием по ширине.

Площадь под вспомогательное оборудование включает:

$$S_{всп\ i} = S_{загр} + S_{разгр} + S_{пр}, \quad (5.5)$$

где $S_{загр}$, $S_{разгр}$ – площади, занятые загрузочно-разгрузочными устройствами;

$S_{пр}$ – площадь, занимаемая промышленным роботом (ПР).

Площадь, занимаемая промышленным роботом, определяется по формуле

$$S_{пр} = K (L + h) b, \quad (5.6)$$

где L – длина ПР,

b – ширина ПР,

h – ширина прохода,

K – коэффициент, учитывающий площадь, необходимую для эксплуатации, профилактики и ремонта ПР.

Порядок выполнения задания

1. Выполнить расчет параметров линии сборки по двум вариантам планировки.

2. Составить планировку линии сборки и оценить ее рациональность с помощью коэффициента использования производственной площади.

3. Вычертить планировку участка сборки в масштабе (1:50 или 1:100), при этом указать основную и производственную площадь, вспомогательные помещения, перегородки, окна, двери, колонны, силовые щиты электроснабжения, вентиляционные шахты и др.

Проектирование и расчет технологической оснастки

Теоретические сведения

Технологическая оснастка представляет собой вспомогательные устройства, предназначенные для реализации технологических возможностей оборудования или работающие автономно на рабочем месте с использованием ручного, пневматического, электромеханического и других приводов. При выборе технологической оснастки в соответствии с ГОСТ14.305–73 Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) определяют по каталогам исходя из вида работы принадлежность конструкции к определенной системе технологической оснастки. К системам технологической оснастки относятся:

- неразборная специальная оснастка (НСО);
- универсально-наладочная оснастка (УНО);
- сборно-разборная оснастка (СРО);
- универсально-безналадочная оснастка (УБО);
- специализированная наладочная оснастка (СНО).

Конструкцию оснастки выбирают с учетом стандартных и типовых решений для данного вида технологической операции с учетом габаритных размеров изделия, вида заготовки, характеристики материала изделия, точности параметров изделия, технологических схем базирования и фиксации изделий, характеристик оборудования, типа производства.

Технологическая оснастка применяется для следующих операций:

- подготовка выводов радиоэлементов к монтажу (гибка, обрезка, формовка, лужение);
- подготовка проводов и кабелей к монтажу (снятие изоляции, зачистка, заделка, маркировка, вязка жгутов, лужение);
- механическая сборка (расклепка, развальцовка, запрессовка, расчеканка, свинчивание, стопорение резьбовых соединений);
- установка радиоэлементов на печатные платы (укладка, закрепление);
- монтажные работы (пайка, сварка, накрутка, демонтаж элементов);
- регулировочные и контрольные операции (подстройка параметров, визуальный и автоматический контроль) и т. д.

Использование технологической оснастки имеет целью механизировать или автоматизировать отдельные операции технологического процесса. Выбор технологической оснастки проводят в соответствии с ГОСТ14.305–73 путем сравнения нескольких вариантов. На первом этапе используют научно-технические журналы, патентную и справочную литературу, интернет-ресурсы поставщиков и производителей технологического оснащения. Выбор конструкции оснастки осуществляют путем расчета следующих технико-экономических показателей: коэффициент загрузки единицы технологической оснастки и затраты на оснащение технологической операции.

Коэффициент загрузки K_3 единицы оснастки рассчитывается по формуле

$$K_3 = T_{\text{шт}} N / \Phi_{\text{д}}, \quad (6.1)$$

где $T_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения операции;

N – программа выпуска;

$\Phi_{\text{д}}$ – годовой фонд рабочего времени.

На *втором этапе* осуществляется доработка конструкции рабочих узлов технологической оснастки в соответствии с размерами обрабатываемых деталей и радиоэлементов и техническими условиями на изделие. Конструкция приспособления должна быть увязана с конструкцией технологического оборудования, расположением стола станка, пресса, крепежных пазов на нем.

К проектированию специализированных групповых приспособлений предъявляются следующие требования:

- приспособление должно иметь комплект сменных или регулируемых элементов (направляющие, установочные, зажимные и др.), обеспечивающих стабильность установки любой из деталей группы;

- переналадка приспособления должна быть простой, доступной рабочему 2-3 разряда, и проводиться не более чем за 5–10 мин.

К проектированию специализированных сборочных приспособлений предъявляются следующие требования:

- приспособление должно иметь комплект сменных или регулируемых элементов (направляющие, установочные, зажимные и др.), обеспечивающих стабильность установки любой из деталей группы;

- количество деталей, входящих в сменный комплект, должно быть минимальным;

- переналадка приспособления должна быть простой, доступной рабочему 2-3 разряда, и проводиться не более 5–10 мин.

Сборочный чертеж технологической оснастки содержит обычно 2-3 проекции общего вида с соответствующими разрезами и сечениями. На нем указывают габаритные и присоединительные размеры, а также размеры, износ которых влияет на точность приспособления. К таким размерам относятся различного рода посадки, обозначаемые в соответствии с ГОСТ 25346–82. В технических требованиях приводят следующие сведения: характеристики совместно используемого оборудования; тип привода; наибольшие габаритные размеры обрабатываемых деталей; характер смазки трущихся деталей и др.

При сборке СВЧ многофункциональных модулей получение надежного омического контакта микроплат с корпусом при низком тепловом сопротивлении контакта и высокой механической прочности соединения достигается пайкой легкоплавкими припоями. При этом важно обеспечить непрерывный и равномерный по толщине паяный шов и отсутствие остатков флюсов и загрязнений в изделии. Примерная конструкция технологической оснастки для пайки микроплат в корпус приведена на рисунке 6.1.

Для осуществления процесса бесфлюсовой пайки микроплат корпус устанавливается между УЗ-системой 1 и отражателем 4, расположенными соосно друг против друга на основании 2. Для надежной передачи энергии УЗ-колебаний корпусу 8 волновод 7 прижимается к нему с усилием 100–150 Н при вращении колеса 6.

Корпус нагревается за счет энергии электромагнитного поля инфракрасного диапазона от двух кварцевых галогенных ламп КИ-220-1000, закрепленных в диффузных отражателях 3 с экранами из алюминиевой фольги и охлаждаемых проточной водой. В процессе пайки к плате прикладывается статическое усилие величиной 1–5 Н, создаваемое подпружиненными штырьками 5 в нескольких точках платы.

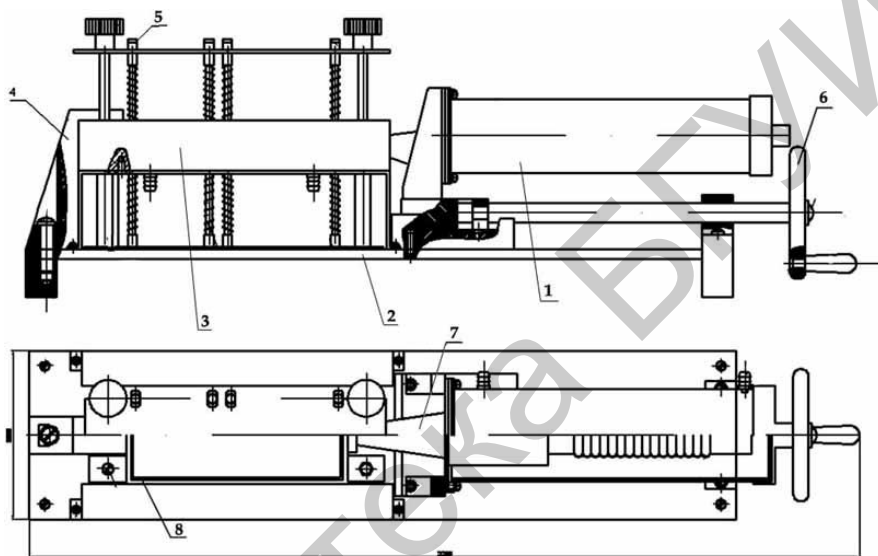


Рисунок 6.1 – Устройство ультразвуковой пайки микроплат в корпус модуля

Для данного устройства рассчитывают среднюю акустическую мощность $P_{a,ср}$, которая зависит как от частоты f , так и от амплитуды колебаний A :

$$P_{a,ср} = 0,5 A^2 f^2 \rho_c S, \quad (6.2)$$

где ρ_c – волновое сопротивление материала корпуса;

S – площадь основания корпуса.

Используя данные по акустической мощности, необходимо выбрать характеристики УЗ-генератора.

Для волновой пайки электронных модулей разрабатывают кассеты для размещения плат. Оснастка должна быть проста в использовании и иметь высокую надежность и универсальность. Оснастка необходима для установки печатной платы на конвейерную систему установки пайки волной припоя ETS-250 фирмы Ersa (рисунок 6.2).

Печатная плата устанавливается между планками по ширине кассеты. Одна планка неподвижна, а положение второй регулируется от минимального размера 130 мм до максимального размера 250 мм относительно неподвижной планки. Это

упрощает установку платы, а также позволяет избежать зазоров. Установка платы на планки возможна благодаря четырем стойкам (рисунок 6.3).

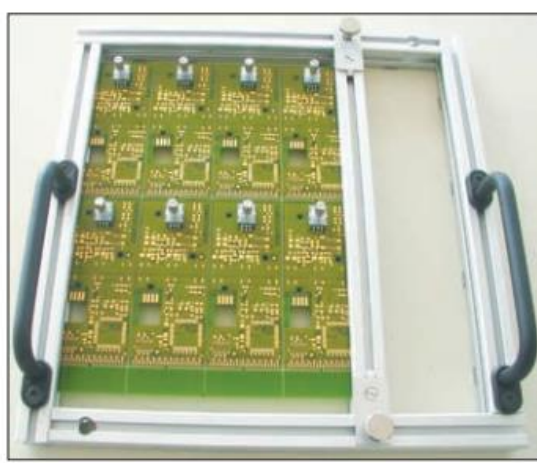


Рисунок 6.2 – Фиксация плат в универсальных кассетах

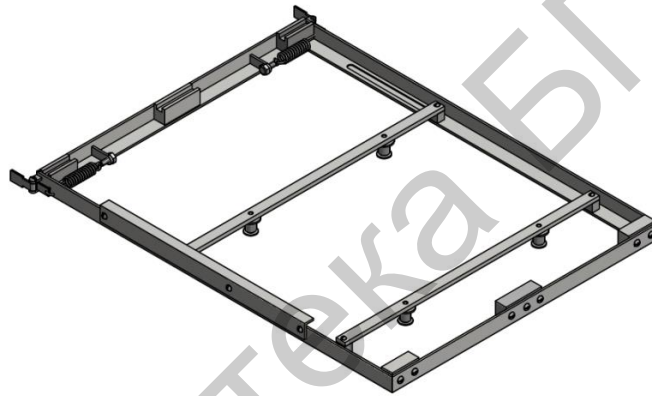


Рисунок 6.3 – Кассета для пайки волной припоя

После фиксации платы в кассете запускается соответствующая программа проведения операции. Кассета с платой перемещается к флюсователю, далее – в зону предварительного нагрева, исключающую тепловой удар на этапе пайки, и затем к модулю пайки, где по заданной программе производится пайка волной припоя. Транспортная система установки перемещает кассеты с платой по осям X , Y , Z от окна загрузки к модулям флюсования, предварительного нагрева, пайки волной припоя и обратно к окну после выполнения программы.

Материал, из которого будет изготовлена кассета, не должен смачиваться волной припоя. Таким является нержавеющая сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5949–75.

К печатной плате, находящейся в кассете, прикладывают в двух взаимно перпендикулярных направлениях растягивающие усилия F , величину которых выбирают из соотношения

$$F = K L, \quad (6.3)$$

где K – коэффициент, равный 10 ± 2 кгс/м для плат толщиной до 1 мм и 20 ± 5 кгс/м для плат толщиной свыше 1 мм;

L – размер плат в направлении приложения растягивающих усилий, м.

Данный расчет усилия позволяет повысить качество пайки печатной платы и устранить вибрацию при больших скоростях течения припоя. На плате после пайки отсутствуют сосульки, натеки и перемычки припоя между близко расположенными металлизированными элементами печатного монтажа.

На завершающем этапе проектирования технологической оснастки выполняют поверочный расчет, который имеет целью определение ее работоспособности, производительности и других технических характеристик.

При расчетах чаще всего определяют механические характеристики работы приспособления. Усилие, создаваемое винтовым механизмом, зависит от величины приложенного момента, формы рабочего торца винта и вида резьбы.

Для винтов со сферическим торцом

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L}{r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}})}, \quad (6.4)$$

где $F_{\text{прил}}$ – усилие, приложенное к рукоятке винтового механизма;

L – длина рукоятки;

$r_{\text{ср}}$ – средний радиус резьбы;

α – угол подъема резьбы;

$\xi_{\text{пр}}$ – приведенный угол трения.

Угол подъема резьбы

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi r_{\text{ср}}}, \quad (6.5)$$

где S – шаг резьбы, мм.

Для винтов с плоским торцом

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L}{r_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}} + 1/3\mu D)}, \quad (6.6)$$

где μ – коэффициент трения на плоском торце;

D – наружный диаметр плоского торца, м.

Условие самоторможения винтового механизма равно $\alpha < \xi_{\text{пр}}$.

Для резьбы величина угла подъема лежит в пределах $1,5-4^\circ$, а приведенный угол трения изменяется в зависимости от величины коэффициента трения в пределах от 6 до 16° , и тогда условие торможения, как правило, выполняется. Для проверочных расчетов винтового механизма выбирают следующие исходные данные:

$$F_{\text{прил}} = 15-25 \text{ Н}; \quad L = 0,08-0,24 \text{ м}; \quad f = 0,1-0,15; \quad r_{\text{ср}} = 0,45d;$$
$$D = 0,8d; \quad \mu = 0,1; \quad \beta = 120^\circ,$$

где d – номинальный диаметр резьбы, мм.

КПД винтового механизма рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \xi_{\text{пр}})}. \quad (6.7)$$

Для самотормозящихся винтовых механизмов КПД меньше 0,5. Выбрав номинальный диаметр винта в зависимости от требуемого усилия зажима F , проверяют прочность винта:

$$\sigma_p = \frac{F}{K d^2} < \sigma_{p. \text{ доп}}, \quad (6.8)$$

где σ_p – напряжение растяжения винта, МПа;

$\sigma_{p. \text{ доп}}$ – допустимое напряжение растяжения материала винта, МПа;

K – коэффициент, равный 0,5, для метрической резьбы с крупным шагом;

d – диаметр резьбы.

Для винтов с резьбой М6–М18, изготовленных из сталей обыкновенного качества марок Ст3, Ст5, допустимое напряжение растяжения до 200 МПа, изготовленных из качественных сталей 10–85 – до 430 МПа.

Усилие, развиваемое рычажным механизмом (рисунок 6.4), определяется по формуле

$$F = F_{\text{прил}} \frac{L_1 - r f_0}{L_2 - r f_0}, \quad (6.9)$$

где L_1, L_2 – плечи рычага;

f_0 – коэффициент трения на оси;

r – радиус оси.

В эксцентриковых механизмах применяются круговые и криволинейные эксцентрики, представляющие собой диск или валик со смещенной осью вращения относительно геометрической оси. Угол подъема кругового эксцентрика достигает максимального значения при угле поворота 90° . Однако при этом возможна нестабильность усилия. В связи с этим для обеспечения незначительного изменения зажимного усилия выбирают рабочий участок профиля кругового эксцентрика в пределах $30\text{--}45^\circ$ влево и вправо от расчетной точки контакта детали с эксцентриком. Усилие зажима круговым эксцентриком определяют по формуле

$$F = \frac{F_{\text{прил}} L_1}{L_2 [\text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg}\varphi_1]}, \quad (6.10)$$

где $F_{\text{прил}}$ – сила, приложенная к рукоятке эксцентрика (100–150 Н);

L_1 – плечо приложения силы; $L_1 = L + 0,5D$, где L – длина рукоятки;

D – диаметр кругового эксцентрика;

L_2 – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения;

φ – угол трения между эксцентриком и изделием, град;

φ_1 – угол трения на оси эксцентрика, град;

α – угол подъема кривой эксцентрика, град.

Условие самоторможения кругового эксцентрика

$$D/L \geq 14, \quad (6.11)$$

где L – эксцентриситет (1,5–5,0 мм).

При расклепывании усилие, прикладываемое к детали, определяют как

$$F = (2 - 2,5) \sigma_B S, \quad (6.12)$$

где σ_B – предел прочности материала детали на растяжение;

S – площадь приложения давления.

Для развальцовки это усилие определяется так:

$$F = \sigma_B S. \quad (6.13)$$

При гибке выводов радиоэлементов усилие выбирается из условия

$$F = \frac{L d^2}{6 B} \sigma_T, \quad (6.14)$$

где L – длина линии изгиба;

d – диаметр вывода;

B – плечо гибки, равное $r+1,25d$, где r – внутренний радиус гибки;

σ_T – предел текучести материала выводов.

Рассчитанное усилие, необходимое для работоспособности приспособления, должно быть в 5–8 раз меньше усилия, развиваемого приводом приспособления или технологическим оборудованием.

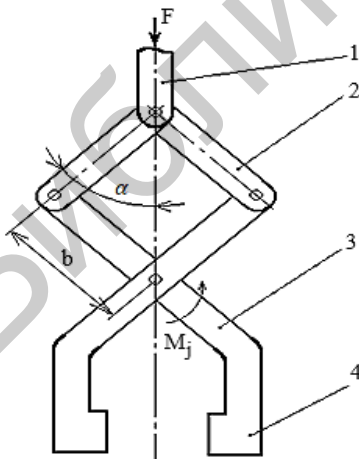
Усилие, развиваемое пневмоприводом (рисунок 6.5):

$$F_{\Pi} = 0,25 \pi D^2 p \zeta - F_c, \quad (6.15)$$

где D – диаметр поршня или диафрагмы в пневмоцилиндре;

p – давление сжатого воздуха;

F_c – усилие сопротивления возвратной пружины в крайнем рабочем положении поршня.



1 – привод; 2 – плечи; 3 – губки

Рисунок 6.4 – Схема рычажного механизма

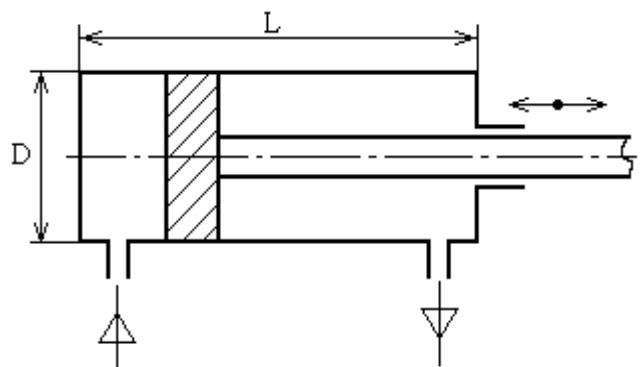


Рисунок 6.5 – Схема пневмопривода

Время срабатывания пневмопривода:

$$t = \frac{DL}{Vd_0}, \quad (6.16)$$

где L – длина хода поршня;

d – диаметр воздухопровода;

V – скорость подачи воздуха (150–250 м/с).

Порядок выполнения задания

1. Выбрать тип и составить эскиз технологической оснастки, определить параметры, подлежащие расчету.
2. Выполнить расчет параметров технологической оснастки по 2-3 вариантам.
3. Выбрать тип привода и рассчитать потребляемую мощность.

Разработка управляющих программ для автоматического оборудования сборки электронных модулей

В современных условиях для большинства предприятий характерна широкая номенклатура изделий при малой программе выпуска. Данная ситуация приводит к тому, что для реализации сборки сложных изделий, в которых содержится 5–10 плат, необходимо затратить 3–8 ч рабочего времени. Это время затрачивается на создание рабочих программ для установщиков компонентов, на обслуживание принтера трафаретной печати, описание всех корпусов электронных компонентов в заказе, переналадку конвейеров, зарядку питателей, проверку соответствия параметров электронных компонентов значениям, заявленным в конструкторской документации и другие промежуточные операции, отнимающие значительный объем времени. В то же время весь цикл сборки такого количества электронных модулей на автоматизированном оборудовании будет занимать 10–15 мин.

Таким образом, в условиях многономенклатурного производства электронных модулей необходимо максимально ускорить процесс подготовки производства, обеспечивая при этом высокую точность и качество сборки. Для обеспечения быстрого вывода новых конкурентоспособных изделий на рынок необходимо эффективное сборочное производство, сочетающее высокую автоматизацию производственных процессов с гибкой переналадкой оборудования.

Этим требованиям отвечают технологические системы, имеющие необходимое программное обеспечение с офлайн-программированием для управления процессом сборки. Автомат установки компонентов YAMAHA YS-100 (рисунок 7.1), сочетающий возможность работы с самым широким спектром компонентов при обеспечении высокой точности монтажа, является одним из самых гибких автоматов-установщиков, технические характеристики которого приведены в таблице 7.1.



Рисунок 7.1 – Автомат установки компонентов YS-100

Таблица 7.1 – Технические характеристики YAMAHA YS-100

Параметр	Значение
Основание, мм	1665 × 1562
Операционная система	Windows
Максимальная производительность, комп./ч	25 000
Точность монтажа	50 микрон для ЧИП-компонентов, 30 микрон для микросхем в корпусе QFP
Устанавливаемые компоненты	От ЧИП-компонентов 01005 до микросхем в корпусах BGA, QFP размером 45×45 мм, компоненты сложной формы размером до 100×45 мм
Максимальная высота компонентов, мм	15
Размер платы, мм	От 50×50 до 510×460
Толщина платы, мм	От 0,4 до 4
Позиции для ленточных питателей (8 мм)	128 питателей
Используемые питатели	Ленты, поддоны, вибропитатели

Последовательность действий при создании управляющей программы для установщика компонентов отражена на рисунке 7.2. Рассмотрим содержание отдельных этапов создания управляющей программы.

Исходными данными для подготовки печатной платы к монтажу являются:

- sam-файл готовой платы;
- перечень элементов с информацией о типе, слое установки, позиционном обозначении элементов;
- сборочный чертеж;
- sam-файл с расставленными элементами: при автоматическом монтаже элементов с обеих сторон должно быть два sam-файла с расставленными элементами для слоев Top и Bottom;
- два отчета с координатами центров элементов: относительно глобального репера (если есть) и относительно локального правого нижнего репера (четыре отчета, если есть автоматический монтаж с обеих сторон).

Создать и расставить компоненты. Найти контактные площадки, где будет располагаться новый компонент. Создать библиотечный компонент такого типа (*Utilities* → *Build Part*). Возле курсора мыши появится подпись REF (рисунок 7.3). Щелкнуть один раз кнопкой мыши в центр создаваемого компонента. Надпись REF исчезнет, а курсор мыши примет форму снежинки. Двумя последовательными щелчками кнопкой мыши задать область, в которую попадет данный компонент. Прямоугольный контур исчезнет, возле курсора мыши появится квадрат с номером контактной площадки внутри, следует выбрать первую контактную площадку компонента (у интегральных схем она всегда

обозначена, у диодов это анод, у пассивных компонентов определяется пользователем произвольно).

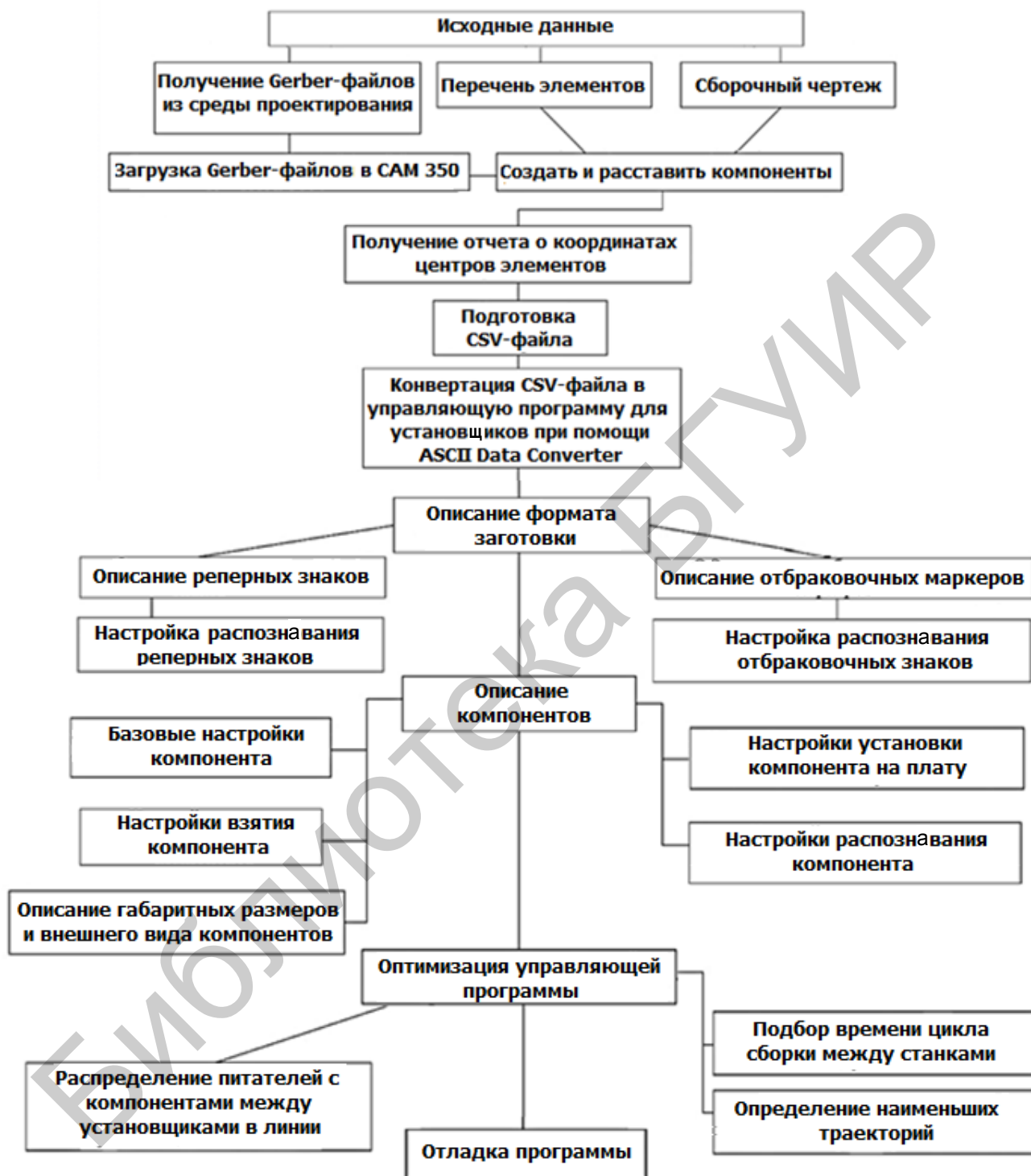


Рисунок 7.2 – Алгоритм создания управляющей программы

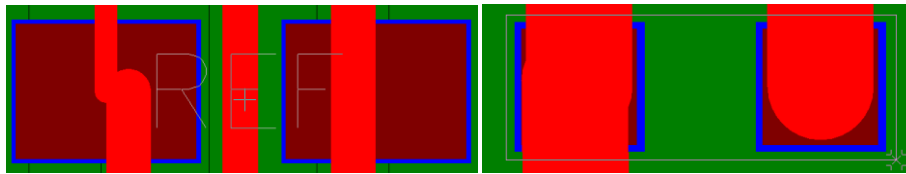


Рисунок 7.3 – Условное отображение контактных площадок

Щелкнуть один раз кнопкой мыши в центре контактной площадки. Номер площадки, но теперь уже в окружности, останется на месте щелчка. От него за курсором мыши потянется линия (рисунок 7.4). Необходимо последовательно обойти все контактные площадки данного компонента. Номер каждый раз будет увеличиваться. Иногда может возникнуть ситуация, когда на пути обхода попадает контактная площадка, не принадлежащая создаваемому компоненту. Во избежание ее последовательной нумерации следует убрать флажок *Recognize inline pins*.

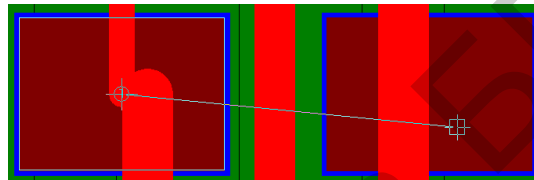


Рисунок 7.4 – Последовательность обхода контактных площадок

Когда все контактные площадки компонента пронумерованы, следует щелкнуть правой кнопкой мыши. Нумерация прекратится. На экране появится окно *Build Part* (рисунок 7.5). Нажать кнопку *Create*. В появившемся окне ввести название типа компонента в соответствии с перечнем элементов от заказчика. Скопировать введенное название в буфер обмена (клавиши *Ctrl + C*) и нажать кнопку *OK*. Библиотека компонентов данного типа создана.

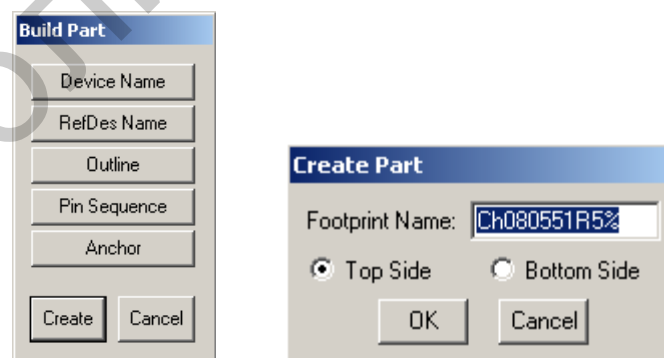


Рисунок 7.5 – Окно *Build Part*

Для расстановки компонентов созданной библиотеки выполнить команду *Add → Part*. На экране появится окно *Get Library Item* (рисунок 7.6). В списке библиотек необходимо выбрать нужную запись и нажать кнопку *OK*. На экране

появится окно *Add/Replace Part*. В поле *Device Name* ввести тип компонента. В поле *RefDes Name* ввести позиционное обозначение элемента и нажать кнопку *OK*. Подвести курсор мыши к центру первой контактной площадки, при этом контуры контактных площадок размещаемого элемента и контактные площадки должны совместиться (рисунок 7.7).

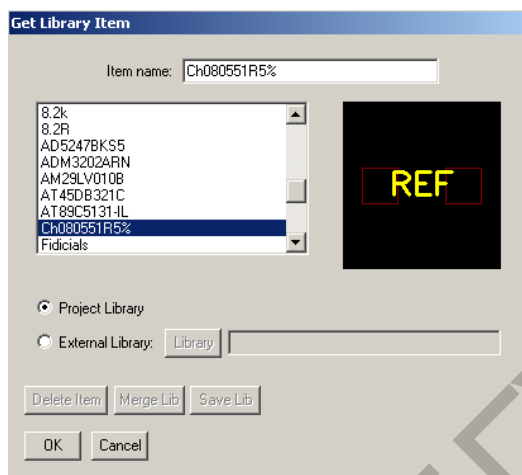


Рисунок 7.6 – Окно *Get Library Item*

Щелкнуть один раз левой кнопкой мыши. Подтвердить щелчком правой кнопки мыши. Нажать клавишу *Esc*. Компонент установлен.

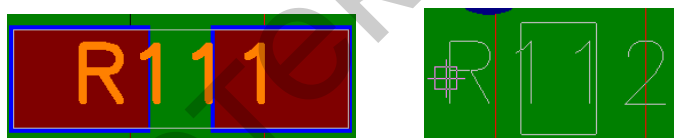


Рисунок 7.7 – Фиксация установки компонента

Далее устанавливаются компоненты в порядке увеличения номера в обозначении компонента. Для прерывания операции следует нажать клавишу *Esc*.

Подготовка CSV-файла. CSV-файлы содержат описание платы, реперных знаков и координаты установки компонентов на плату. Именно эти файлы конвертируются в управляющую программу для установщиков при помощи специальной утилиты *ASCII Data Converter*.

Первый шаг при подготовке CSV-файла – импорт данных из текстового файла, содержащего отчет о координатах компонентов и реперов, в программу MS Excel. Для этого выполняем следующие действия:

- Открываем MS Excel, выполняем команду *Файл* → *Открыть*. Выбираем тип файлов *Все файлы*. Указываем путь к необходимому файлу *fid1.1.txt*. Запустится мастер импорта.

- Указываем формат текста с разделителями. В поле *Начать импорт со строки* указываем строку, с которой начинаются непосредственно данные для монтажа (как правило, 5). Формат файла не меняем (рисунок 7.8). Затем *Далее*.

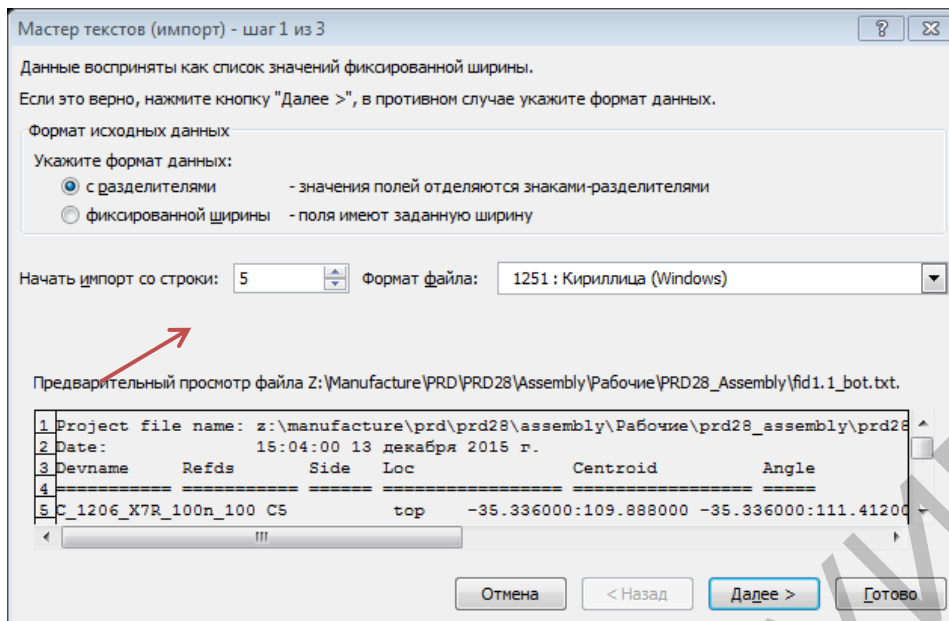


Рисунок 7.8 – Настройка формата данных при импорте файла fid1.1

- Указываем символы-разделители – это *Знак табуляции, Пробел и Двоеточие* (символ «:» без кавычек вводится в поле *Другой*). Ставим галочку в поле *Считать последовательные разделители одним*, в поле *Ограничитель строк – (нет)* (рисунок 7.9). Затем *Далее*.

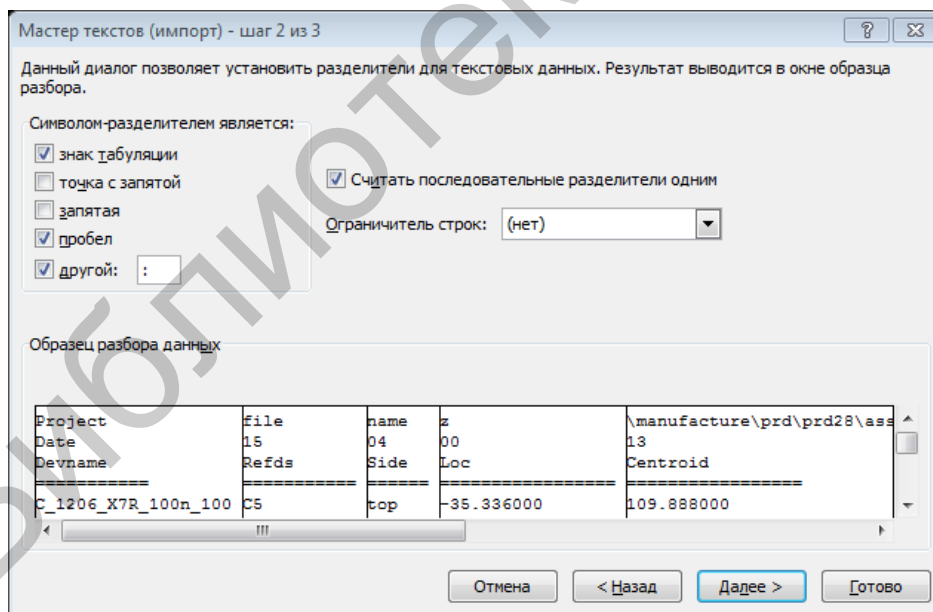



Рисунок 7.9 – Настройка разделителей строк при импорте файла fid1.1

- Формат данных столбцов оставляем как *Общий*, затем *Готово*. После подгонки ширины столбцов имеем следующий результат (рисунок 7.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	C_1206_X7R_470n_50V	C109-1	top	-67.8910000	74.9940000	-66.2910000	74.9940000	0
2	C_1206_X7R_470n_50V	C110-1	top	-59.3820000	74.9940000	-57.7820000	74.9940000	0
3	C_1206_X7R_470n_50V	C111-1	top	-50.8730000	74.9940000	-49.2730000	74.9940000	0
4	C_1206_X7R_470n_50V	C112-1	top	-42.3640000	74.9940000	-40.7640000	74.9940000	0
5	C_1206_X7R_470n_50V	C113-1	top	-33.8550000	74.9940000	-32.2550000	74.9940000	0
6	C_1206_X7R_470n_50V	C114-1	top	-25.4730000	75.1210000	-23.8730000	75.1210000	0
7	C_1206_X7R_470n_50V	C115-1	top	-16.8370000	74.9940000	-15.2370000	74.9940000	0
8	C_1206_X7R_470n_50V	C116-1	top	-8.3280000	74.9940000	-6.7280000	74.9940000	0

Рисунок 7.10 – Правильный результат импорта файла fid1.1 в MS Excel

Далее необходимо указать установщику, где на заготовке находится реперный знак fid1.1, который является началом координат. Для этого необходимо определить параметр *Main Offset*, который содержит координаты реперного знака fid 1.1 относительно точки $-5.000:5.000$, установленной относительно нижнего правого края заготовки. Это координаты $X:Y$ на рисунке 7.11. Для этого выполняем следующие действия:

- Открываем файл.
- Выбираем *Edit* → *Change* → *Origin* → *Datum Coordinate*.
- Включаем привязку к объектам клавишей *Z*. Курсор должен принять форму квадрата с вертикальными крестиком ().

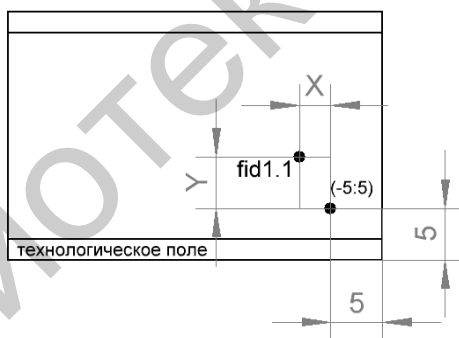


Рисунок 7.11 – Геометрический смысл *Main Offset*

- Щелкаем по нижнему правому углу заготовки (если заготовка имеет скругленные края или неправильную форму, то необходимо выполнить дорисовку угла, о чем сказано далее). В появившемся окне вводим координаты $5.000:-5.000$ и нажимаем *OK*. После этого начало координат окажется на 5 мм левее и выше угла заготовки.

- Находим координаты реперного знака fid1.1. Для этого выполняем команды *Info* → *Query* → *All* (быстрая клавиша *Q*) и щелкаем по реперному знаку. В появившемся окне *Query All* напротив *At:* будут указаны координаты. Это и есть искомый параметр *Main Offset*.

Далее необходимо задать поле *Board size*. В данном поле напротив $X1$, $Y1$ и $H1$ указываются соответственно длина, ширина и толщина заготовки. Длина и

ширина заготовки измеряются в программе CAM350. Для этого выполняем следующие действия:

- Открываем файл.
- Включаем объектную привязку клавишей Z (если она не включена).
- Выполняем команды *Info* → *Measure* → *Point-Point*.
- Щелкаем по левой границе платы, затем по правой границе. В появившемся окне *Measure Distance* напротив поля *dx*: считываем размер платы по горизонтали и записываем это значение в *Excel*.
- Дважды нажимаем правую кнопку мыши для освобождения курсора. Аналогичным образом измеряем размер платы по вертикали (поле *dy*).

В программе также необходимо указать координаты глобальных реперных знаков на заготовке. Установщику необходимо два реперных знака, расположенных по диагонали заготовки на большом удалении друг от друга. В качестве глобальных реперных знаков выступают правый нижний и левый верхний знаки на технологических полях (они имеют названия *Global1* и *Global3*). При отсутствии технологических полей берется самый правый нижний и самый левый верхний реперный знак на заготовке. Для этого выполняем следующие действия:

- В файле находим глобальные реперные знаки (2 шт.) и запоминаем их названия.
- В программе *Excel* находим координаты этих реперных знаков.
- Копируем координаты и вставляем напротив *Board*. Координаты правого нижнего реперного знака в столбцы *X1* и *Y1*, левого верхнего – в столбцы *X2* и *Y2*.
- В полях *Lib1* и *Lib2* необходимо указать форму реперного знака. Как правило, это либо круг (*Circle*), либо ромб (*Diamond*) определенного размера. Для определения размера реперного знака можно воспользоваться инструментом *Measure Point to Point* в программе CAM350.

Использование ASCII Data converter. *ASCII Data Converter* используется для преобразования CSV-файла в управляющую программу для автоматов-установщиков. Преобразование выполняется в следующем порядке:

а) Запускаем файл *Board Explorer*, который предназначен для манипуляций с программами для установщиков (создание, копирование, переименование, дальнейшая конвертация и т. д.).

б) Выполняем команды *Data* → *Ascii Data Conversion...*

в) В появившееся окно необходимо загрузить ранее созданный файл CSV. Для этого выполняем команды *Convert* → *Data selection*. В поле *CAD data* указываем путь к ранее созданному CSV-файлу, нажав кнопку *Browse*. Поле *BOM data* оставляем пустым. В поле *Font File* из выпадающего списка выбираем *UniversalFontFileENG.fmt* и нажимаем *OK*.

г) Необходимо указать *Main Offset*. Для этого выполняем команды *Convert* → *Editor*. В нижней левой части появившегося окна есть поле *Offset*. В

строки *X* и *Y* вводим ранее вычисленный *Main Offset* (его можно прочесть в ранее созданном CSV-файле). Нажимаем *OK*.

д) В диалоге сохранения файла указываем имя *XXXX_bot* или *XXXX_top* или *XXXX* (если монтаж односторонний).

е) Выбираем линию и установщик, для которого пишется программа. На данном этапе можно выбрать любой установщик из линии. Для этого нажимаем кнопку *Change Machine*. В появившемся окне раскрываем список *Line1* и выбираем установщик *Machine 1 – YS_12*. Нажимаем *OK*.

ж) Можно производить конвертацию. Запуск осуществляется командой *Convert → Convert*.

Использование *Board Editor*. Настройка вновь созданной программы включает следующие аспекты:

- базовые настройки платы;
- корректировка списка устанавливаемых компонентов;
- включение или отключение использования реперных знаков и отбраковочных маркеров;
- описание компонентов: упаковка, параметры захвата, параметры установки, параметры распознавания, внешний вид и т. д.;
- описание реперных знаков и др.

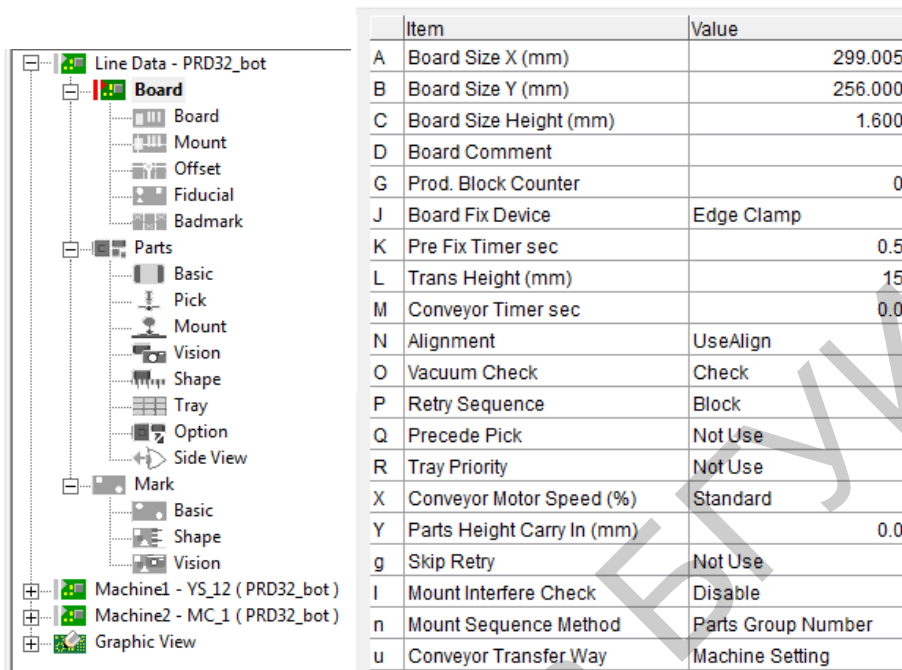
Редактирование параметров платы. Редактирование параметров платы осуществляется в меню *Board → Board* (рисунок 7.12). Перечислим наиболее важные параметры:

- *Board Size X (mm)* – длина платы.
- *Board Size Y (mm)* – ширина платы. Не изменяем.
- *Board Size Height (mm)* – толщина платы. Не изменяем.
- *Board Comment* – здесь можно оставить важный комментарий по плате или вписать истинную длину, если она была изменена.
- *Pre Fix Timer sec* – задержка между моментом прибытия платы к стоперу и поднятием столика и прижимов. Устанавливаем 0,2 с.
- *Precede Pick* – предварительный захват компонентов. Ускоряет процесс сборки примерно на 1,5–2 с за счет захвата компонентов в то время, когда плата еще движется по конвейеру. На этапе подготовки программы оставляем *Not Use*.
- *Conveyor Motor Speed (%)* – устанавливаем *Standart+30%*.

Корректировка перечня устанавливаемых компонентов. Корректировка перечня устанавливаемых компонентов осуществляется в меню *Board → Mount*. Таблица *Mount* включает в себя следующие столбцы (рисунок 7.13):

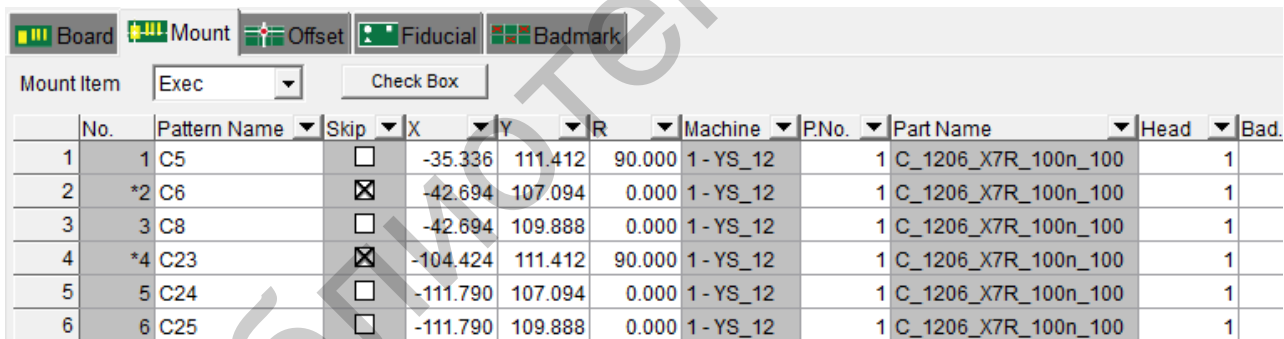
- *No.* – номер строки.
- *Pattern Name* – содержит позиционные обозначения компонентов.
- *Skip* – пропуск компонента. Если в данном столбце напротив компонента установлен крестик, компонент не устанавливается.
- *X, Y, R* – координаты установки и угол поворота компонента.
- *Machine* – тип автомата установки данного компонента.
- *P.No.* – порядковый номер компонента в установщике.

- *Part Name* – наименование компонента.
- *Head* – номер установочной головки, которая осуществляет захват и установку компонента.



Item	Value	
A	Board Size X (mm)	299.005
B	Board Size Y (mm)	256.000
C	Board Size Height (mm)	1.600
D	Board Comment	
G	Prod. Block Counter	0
J	Board Fix Device	Edge Clamp
K	Pre Fix Timer sec	0.5
L	Trans Height (mm)	15
M	Conveyor Timer sec	0.0
N	Alignment	UseAlign
O	Vacuum Check	Check
P	Retry Sequence	Block
Q	Precede Pick	Not Use
R	Tray Priority	Not Use
X	Conveyor Motor Speed (%)	Standard
Y	Parts Height Carry In (mm)	0.0
g	Skip Retry	Not Use
I	Mount Interfere Check	Disable
n	Mount Sequence Method	Parts Group Number
u	Conveyor Transfer Way	Machine Setting

Рисунок 7.12 – Настройки управляющей программы *Board* → *Board*



No.	Pattern Name	Skip	X	Y	R	Machine	P.No.	Part Name	Head	Bad.
1	1 C5	<input type="checkbox"/>	-35.336	111.412	90.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	
2	*2 C6	<input checked="" type="checkbox"/>	-42.694	107.094	0.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	
3	3 C8	<input type="checkbox"/>	-42.694	109.888	0.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	
4	*4 C23	<input checked="" type="checkbox"/>	-104.424	111.412	90.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	
5	5 C24	<input type="checkbox"/>	-111.790	107.094	0.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	
6	6 C25	<input type="checkbox"/>	-111.790	109.888	0.000	1 - YS_12	1	C_1206_X7R_100n_100	1	

Рисунок 7.13 – Таблица меню *Board* → *Mount*

Проверка информации о формате заготовки. Для проверки информации о формате заготовки используется меню *Board* → *Offset* (рисунок 7.14). В данном меню находится информация о расположении плат на заготовке (*Block Offset*), а также информация о расположении начала координат на плате (*Board Offset*). Именно в *Board Offset* записывается значение *Main Offset*, вычисленное ранее.

На данном этапе можно убедиться в корректности выгрузки информации из CSV-файла, а именно проверить количество блоков и угол их поворота. Никаких изменений без необходимости производить не требуется.

Check Box								
No.	Pattern Name	Type	Skip	X	Y	R	Original ...	
		Board Offset		-3.500	6.000			
1		Block Offset	<input type="checkbox"/>	0.000	0.000	0.000		0
2		Block Offset	<input type="checkbox"/>	-149.500	0.000	0.000		0
3		Block Offset	<input type="checkbox"/>	-282.000	234.000	180.000		0
4		Block Offset	<input type="checkbox"/>	-132.500	234.000	180.000		0

Рисунок 7.14 – Меню *Board* → *Offset*

Проверка информации о реперных знаках. Для проверки информации о реперных знаках используется меню *Board* → *Fiducial*. Данный пункт меню содержит информацию о расположении и использовании реперных знаков на заготовке и на платах (рисунок 7.15).

Board Mount Offset Fiducial Badmark											
Board		Block		Local							
Use		Use		Not Use							
No.	Pattern Name	Type	Note	X1	Y1	Mark1	X2	Y2	Mark2	Orig...	
		Board		0.000	0.000	1	-282.000	234.000	1		
		Block		0.000	0.000	1	-121.000	112.000	1		

Рисунок 7.15 – Меню *Board* → *Fiducial*

Включение и отключение использования реперных знаков осуществляется с помощью выпадающих списков над таблицей:

- *Board* – глобальные реперные знаки на заготовке. *Use* – используются, *Not Use* – не используются. Оставляем *Use*.

- *Block* – реперные знаки на плате. Также оставляем *Use*.

- *Local* – локальные реперные знаки для конкретных компонентов. На данном этапе не пользуемся такими знаками, поэтому оставляем *Not Use*.

Для совмещения автомату-установщику необходима пара реперных знаков. Таблица *Board* → *Fiducial* содержит следующие параметры (см. рисунок 7.15):

- *Type* – назначение реперного знака (*Board* – глобальный, на заготовке; *Block* – на плате).

- *X1, Y1* – координаты первого реперного знака.

- *Mark1* – типоразмер первого реперного знака.

- *X2, Y2, Mark2* – параметры для второго реперного знака из пары.

Кроме включения и отключения использования реперных знаков, на данном этапе более ничего производить не требуется.

Описание компонентов. Описание компонентов (упаковка компонентов, параметры их захвата и установки, геометрические параметры и т. д.) осуществляется в разделе меню *Parts*. Вкладка *Parts* включает в себя следующие столбцы:

- *No.* – порядковый номер компонента, который используется в таблице *Mount*.

- *Parts Name* – наименование компонента.

- *Parts Comment* – комментарии о допустимых заменах и др.

- *Machine* – тип автомата установки компонента.

- *Set No.* – положение питателя (его место на столе питателей).

- *Feeder Type* – тип питателя.

- *Point* – количество точек установки данного компонента на плате.

- *Database Number* – номер присвоенного описания по базе данных компонентов.

- *Use Feeder Optimize* – разрешает или запрещает перестановку питателя при оптимизации программы.

- *Parts. Group No.* – служит для разделения компонентов на группы. Вначале производится установка всех компонентов из первой группы, затем из второй и т. д. Компоненты из группы 0 устанавливаются в произвольном порядке.

Базовые настройки компонентов. Базовые настройки компонента задаются на вкладке меню *Parts* → *Basic* (рисунок 7.16):

1. *Alignment Group* – группа, к которой относится компонент (чипы, микросхемы, разъемы и т. д.).

2. *Alignment Type* – подгруппа, к которой относится компонент.

3. *Required Nozzle* – выбор насадки, которой будет выполняться захват компонента, зависит от геометрических размеров компонента.

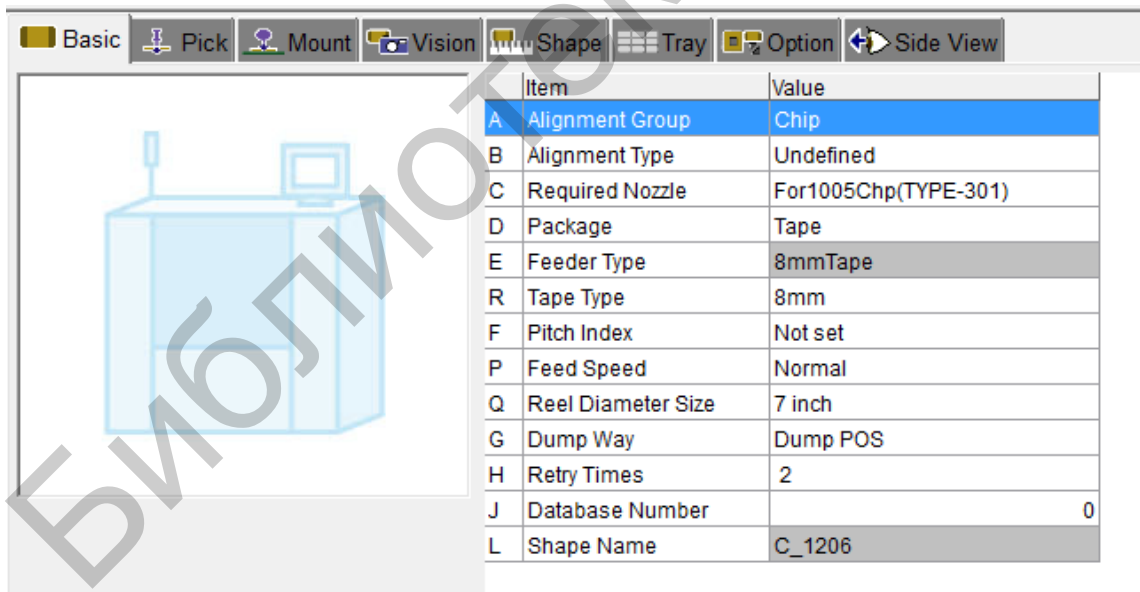


Рисунок 7.16 – Вкладка *Parts* → *Basic*

На данном оборудовании имеется восемь видов насадок:

- *TYPE-310* – для чип-компонентов 01005 и 0201.

- *TYPE-301* – для чип-компонентов 0402, а также используется для компонентов аналогичных размеров (0,5×1 мм) – диоды, транзисторы, светодиоды и т. д.;

- *TYPE-302* – для чип-компонентов 0603–2512, танталовых конденсаторов типоразмеров А и В и других компонентов, размер которых составляет от 1×1 до 5×5 мм.

- *TYPE-303* – для танталовых конденсаторов типоразмеров С–Е, керамических конденсаторов типоразмера 2520, микросхем в корпусах SO-8, SO-14, SO-16 и других компонентов размером 5×5–9×9 мм.

- *TYPE-304* – для крупных компонентов, размер которых составляет до 30×30 мм. Насадка содержит резиновое кольцо, предотвращающее смещение и поворот компонента на насадке из-за инерции при ее перемещении и вращении.

- *TYPE-305* – для особо крупных (и/или тяжелых) микросхем, размер которых превышает 40×40 мм. Насадка имеет резиновое кольцо.

- *TYPE-306* – для компонентов в цилиндрических корпусах – MELF и Mini-MELF (диодов, резисторов). Имеет вогнутую нижнюю поверхность, предназначенную для захвата таких компонентов.

- *TYPE-30A* – предназначена специально для захвата мощных светодиодов со сферической линзой.

Выбор насадки необходимо производить из следующих соображений. Она должна обеспечивать надежный захват компонента, быть не крупнее самого компонента и соответствовать компоненту по форме.

4. *Package* – параметр задает упаковку компонента:

- *Tape* – лента (пластиковая или бумажная);
- *Stick* – пластиковый пенал;
- *Bulk* – россыпь (в настоящее время не используется);
- *Tray* – матричный поддон.

5. *Feeder Type* – параметр определяет тип питателя. Диапазон доступных значений определяется тем, что установлено в поле *Package*. Для имеющегося на производстве оборудования значения следующие: лента, вибропитатель, матричные поддоны, россыпь.

6. *Tape Type* – параметр задает ширину ленты. Выбирается из стандартного ряда: 8, 12, 16, 24, 32, 44, 56, 72 мм и т. д.

7. *Pitch Index* – параметр задает шаг, с которым следуют компоненты в ленте. Выбирается из стандартного ряда: 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 мм.

8. *Feed Speed* – параметр задает скорость подачи ленты с компонентами. Для пластиковых пеналов и матричных поддонов ни на что не влияет.

9. *Reel Diameter Size* – диаметр 8-мм катушки. Устанавливаем 7 inch (7 дюймов).

10. *Dump Way* – место утилизации отбракованных компонентов. Для имеющегося оборудования значение только *Dump POS*.

11. *Retry Times* – количество попыток повторного захвата компонента до того, как будет выдана ошибка. Устанавливаем *NO RETRY* (не повторять).

12. *Database Number* – номер присвоенного описания по базе данных.

13. *Shape Name* – название группы компонентов в таблице подстановок, по которому будет производиться присвоение номера по базе данных.

Настройки захвата компонента. Настройки захвата компонента содержатся на вкладке меню *Parts* → *Pick* (рисунок 7.17):

1. *Feeder Set No.* – данный параметр определяет расположение питателя на столе для питателей. Может изменяться вручную или автоматически при выполнении оптимизации.

2. *Position Definition* – задает способ определения точки захвата компонента. Параметр может принимать три значения:

- *Automatic* – точка захвата определяется автоматически с учетом расположения питателя на столе и ширины ленты. Данное значение используется только для компонентов, упакованных в ленты.

- *Teaching* – точка захвата определяется полностью вручную в виде абсолютных координат. Используется для компонентов, упакованных в пластиковые пеналы и матричные поддоны.

- *Relative* – точка захвата определяется вручную в виде смещения от точки, которая была бы задана, если бы использовалось значение *Automatic* (относительные координаты).

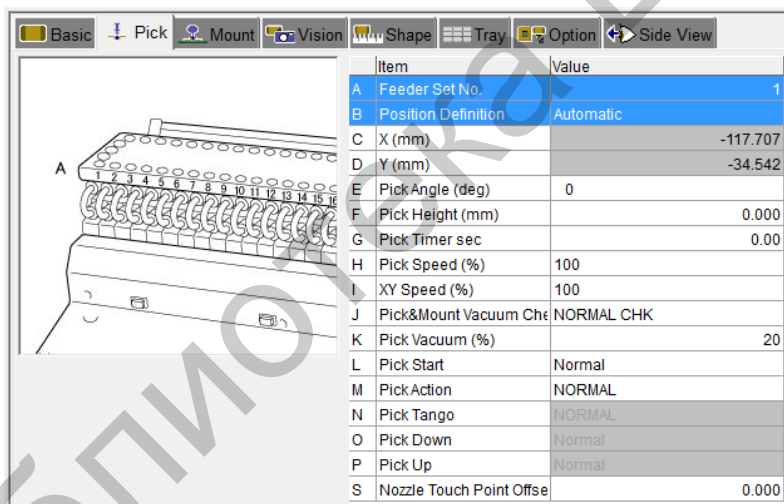


Рисунок 7.17 – Вкладка *Parts* → *Pick*

3. *X (mm), Y (mm)* – координаты захвата компонента.

4. *Pick Angle (deg)* – угол захвата компонента.

5. *Pick Height (mm)* – глубина захвата компонента. Значение этого параметра зависит от типа упаковки компонента :

- *Tape (Лента)* – значение определяется в процессе отладки программы на оборудовании, поэтому оставляем значение по умолчанию 0.

- *Stick (Пластиковый пенал)* – поверхность вибропитателя, на которой располагаются пластиковые пеналы, находится выше уровня нуля примерно на 4 мм.

- *Tray (Матричный поддон)* – значение выставляется автоматически с учетом высоты поддона. Высота поддона задается вручную.

6. *Pick Timer sec* – значение параметра определяет, сколько времени (в секундах) насадка будет касаться компонента, прежде чем начнется процесс его поднятия. Этот параметр нуждается в изменении в крайне редких случаях, поэтому оставляем значение по умолчанию 0.

7. *Pick Speed (%)* – скорость захвата компонента. Значение в процентах определяет скорость поднятия установочной головы с компонентом. Для большинства компонентов следует использовать значение по умолчанию 100 %.

8. *XY Speed (%)* – скорость перемещения установочной головы с данным компонентом. Для большинства компонентов следует использовать значение по умолчанию 100 %. Для нестандартных (разъемы, компоненты сложной формы) или тяжелых компонентов может потребоваться уменьшение скорости перемещения.

9. *Pick&Mount Vacuum Check* – алгоритм проверки уровня вакуума в установочной голове при захвате и установке компонента. Может принимать следующие значения:

- *NORMAL CHK* – режим работы, при котором в случае успешного распознавания компонента камерой производится его установка без остановки процесса и выдачи сообщений об ошибках вне зависимости от уровня вакуума. Данное значение устанавливается по умолчанию.

- *SPECIAL CHK* – этот режим работы предназначен для того, чтобы остановить процесс установки немедленно при недостижении заданного уровня вакуума после захвата компонента.

- *IGNORE* – полное игнорирование уровня вакуума.

10. *Pick Vacuum (%)* – уровень вакуума в процентах, который должен быть достигнут при захвате компонента. Значение по умолчанию – 20–30 %

11. *Pick Start* – параметр определяет момент включения вакуума в установочной голове. Может принимать два значения:

- *Normal* – вакуум включается заблаговременно. Значение по умолчанию для абсолютного большинства компонентов.

- *Bottom* – вакуум включается после прижатия насадки к компоненту. Может использоваться при захвате компонентов, которые склонны к присасыванию к насадке до момента касания насадкой компонента.

12. *Pick Action* – алгоритм захвата компонента. Может принимать следующие значения:

- *Normal* – обычный режим, применимый для большинства компонентов.

- *QFP* – более аккуратный захват. Следует использовать для микросхем и других сложных компонентов.

- *FINE* – еще более аккуратный захват.

- *DETAIL* – самый аккуратный способ захвата. Открывает дополнительные параметры *Pick Tango*, *Pick Down* и *Pick Up*. Изменение этих параметров позволяет точно настроить процесс захвата компонентов.

13. *Nozzle Touch Point Offset* – параметр определяет глубину точки захвата относительно поверхности компонента. Некоторые компоненты (например, светодиоды с выпуклыми линзами) частично входят в насадку в момент захвата. Данный параметр применяется, чтобы скомпенсировать эту величину при захвате и установке компонента. Для большинства простых компонентов этот параметр остается равным нулю.

Настройки установки компонентов. На вкладке меню *Parts* → *Mount* (рисунок 7.18) содержатся параметры установки компонентов на заготовку:

1. *Mount Height* – глубина вдавливания компонента при установке. Стандартное значение для большинства компонентов 0,2 мм. Для микросхем с шагом 0,4 мм и менее и микросхем в корпусах BGA следует использовать значение 0,1 мм.

2. *Mount Timer sec* – время, в течение которого насадка будет удерживать компонент прижатым после установки. Стандартное значение для большинства компонентов – 0. Увеличивать это значение стоит в том случае, если компонент не успевает закрепиться на пасте в момент установки.

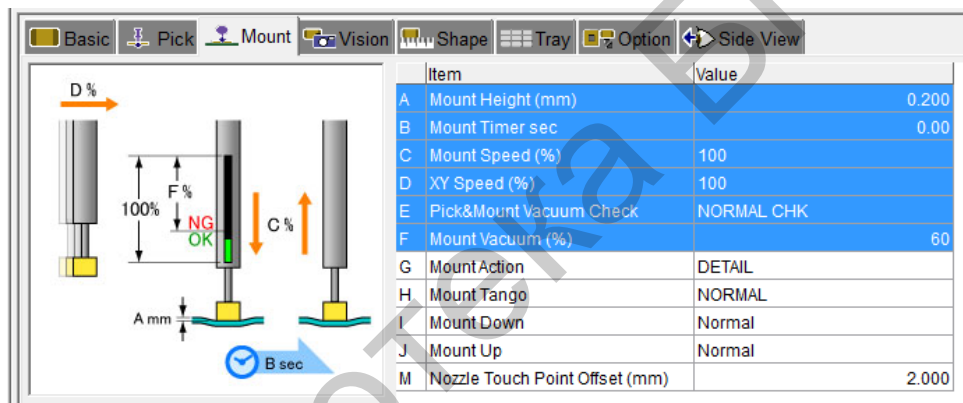


Рисунок 7.18 – Вкладка *Parts* → *Mount*

3. *Mount Speed (%)* – параметр, определяющий скорость установки.

4. *XY Speed (%)* – скорость перемещения установочной головы с данным компонентом. Параметр изменяется синхронно с аналогичным параметром из меню *Parts* → *Pick*.

5. *Pick&Mount Vacuum Check* – алгоритм проверки уровня вакуума в установочной голове при захвате и установке компонента. Параметр изменяется синхронно с аналогичным параметром из меню *Parts* → *Pick*.

6. *Mount Vacuum* – уровень вакуума, ниже которого он должен опуститься после установки, чтобы установка считалась завершенной. Проверка этого параметра выполняется для того, чтобы проверить, не остался ли компонент на насадке после установки (это актуально для некачественных компонентов, которые иногда имеют липкую поверхность). Стандартное значение для большинства компонентов – 30 %.

7. *Mount Action* – алгоритм установки компонента. Определяет аккуратность и точность установки. Алгоритм установки данного параметра аналогичен описанному параметру *Pick Action*.

8. *Nozzle Touch Point Offset* – параметр определяет глубину точки захвата относительно поверхности компонента. Параметр изменяется синхронно с аналогичным параметром из меню *Parts* → *Pick*.

Настройка распознавания компонента. Вкладка меню *Parts* → *Vision* (рисунок 7.19) содержит информацию о способе распознавания компонента:

- *Light Main, Light Coax, Light Side* – варианты подсветки компонента. Подбор подсветок выполняется при необходимости непосредственно в процессе отладки программы на оборудовании. Стандартные значения для большинства компонентов: *Light Main* (нижняя подсветка) – включено; *Light Coax* (круговая подсветка) – включено; *Light Side* (подсветка по сторонам) – выключено.

- *Lighting Level* – яркость подсветки. Стандартное значение для большинства компонентов – 5/8. Подбор данного параметра при необходимости выполняется в процессе отладки программы.

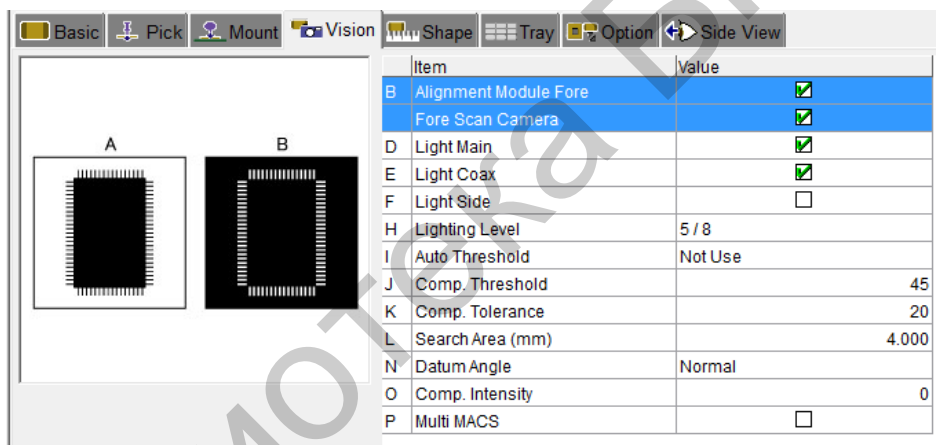


Рисунок 7.19 – Вкладка *Parts* → *Vision*

- *Auto Threshold* – автоматический подбор порога распознавания компонента. Стандартное значение для большинства компонентов – *Not Use*.

- *Comp. Threshold* – пороговое значение, которое устанавливает разницу в яркости между выводами компонента и остальной его поверхностью. Стандартное значение – 115.

- *Comp Tolerance* – параметр определяет допустимый уровень ошибки распознавания, при котором компонент еще считается годным. Стандартное значение – 30 %.

- *Search Area (mm)* – зона поиска выводов компонента. Область изображения увеличивается относительно размеров компонента на значение *Search Area*. Стандартное значение – 0.000. Увеличение данного значения при необходимости производится на этапе отладки программы. Слишком большое значение *Search Area* приводит к замедлению скорости обработки изображений.

- *Datum Angle* – угол, на который поворачивается эталонное изображение для распознавания. Используется для компонентов, которые нестандартным образом расположены в упаковке. Данный параметр изменяется при наладке и по умолчанию должен быть выставлен *Normal*.

Описание внешнего вида компонентов. Вкладка меню *Parts* → *Shape* (рисунок 7.20) содержит описание внешнего вида компонентов. Содержание таблицы зависит от выбранной группы (*Alignment Group*) и подгруппы (*Alignment Type*) компонентов. Важно отметить, что большинство параметров снабжено графическими подсказками, что сильно упрощает описание компонентов.

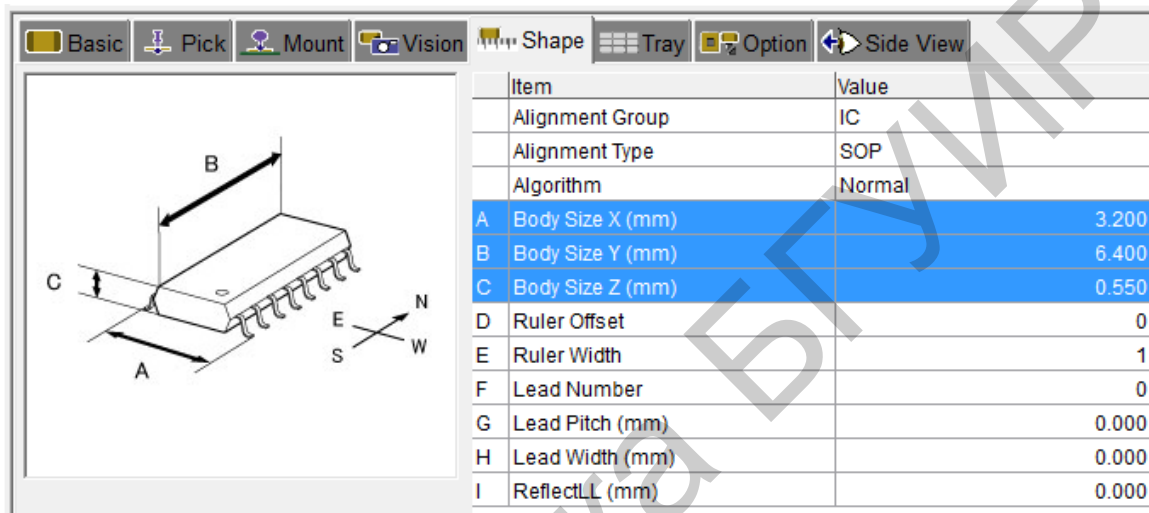


Рисунок 7.20 – Таблица *Parts* → *Shape*

Выбор значений в полях *Alignment Group*, *Alignment Type*, *Algorithm* зависит от типа компонента, который подлежит описанию. Рассмотрим наиболее часто используемые типы компонентов.

Чип-компоненты. К данному типу относятся резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности а также многие простые компоненты с двумя выводами, у которых ширина вывода равна или близка ширине корпуса (рисунок 7.21, а). Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно;

- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

Резисторные и конденсаторные сборки (рисунок 7.21, б). Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

- *Ruler Width* – ширина воображаемой линии, вдоль которой производится распознавание выводов. Стандартное значение – 2.
- *Lead Number* – количество выводов по одной стороне.
- *Lead Pitch (mm)* – шаг выводов (расстояние между центрами соседних выводов).
- *Lead Width (mm)* – ширина вывода.
- *ReflectLL (mm)* – длина отражающей поверхности вывода.
- *Lead Type* – тип выводов. *Convex (Register)* – для резисторных сборок, *Flat (Capacitor)* – для конденсаторных сборок.

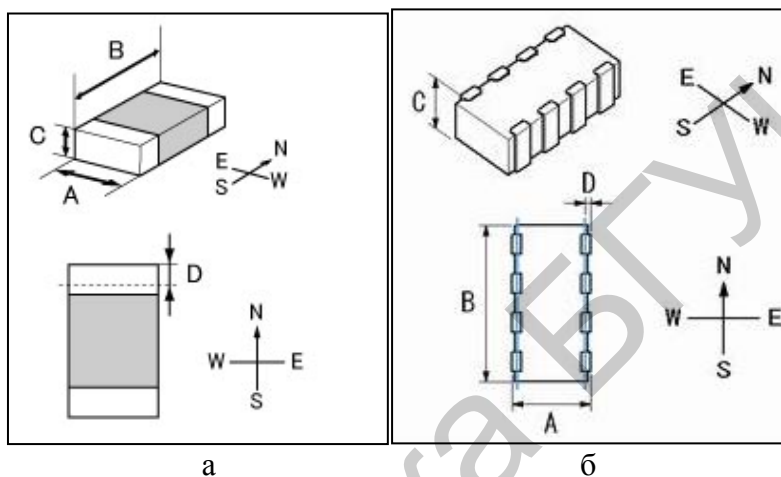


Рисунок 7.21 – Компоненты, описываемые алгоритмами Std Chip (а) и Chip Array (б)

Компоненты в цилиндрических корпусах Melf Chip (рисунок 7.22, а).

Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.
- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.
- *Lead Width (mm)* – ширина отражающей части корпуса (обычно 40–50 % от *Body Size X*).

Диоды, танталовые конденсаторы, катушки индуктивности в корпусах Sp.Chip. К данной группе относятся компоненты с двумя выводами, расположенными по краям корпуса, у которых ширина вывода меньше ширины корпуса (рисунок 7.22, б). Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно;
- *Cntr. Offset X (mm)*, *Cntr. Offset Y (mm)*, *Cntr. Offset R (deg)* – положение центра компонента относительно выводов. Значения по умолчанию – 0.
- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.
- *Lead Width (mm)* – ширина выводов.

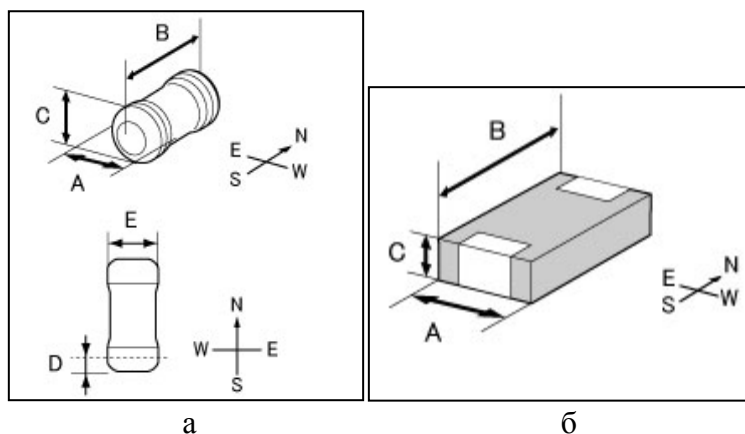


Рисунок 7.22 – Компоненты, описываемые алгоритмами Melf Chip (а) и Sp.Chip (б)

Микросхемы в корпусах BGA (рисунок 7.23). Настройки данного вида компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Cntr. Offset X (mm)*, *Cntr. Offset Y (mm)*, *Cntr. Offset R (deg)* – положение центра компонента относительно выводов. Значения по умолчанию – 0.

- *Ball Amount* – количество шариков. Вычисляется автоматически.

- *Ball number N*, *Ball number E* – количество шариков по горизонтали и вертикали.

- *BGA Pitch N (mm)*, *BGA Pitch E (mm)* – шаг между шариками по горизонтали и вертикали.

- *BGA Diameter* – диаметр шарика.

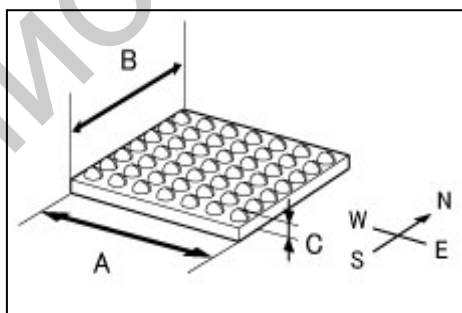


Рисунок 7.23 – Компоненты, описываемые алгоритмом BGA

Транзисторы, диоды, стабилитроны, микросхемы в корпусах SOT, SC70 (рисунок 7.24). К данному типу относятся компоненты с выводами, расположенными по двум сторонам корпуса. Количество и шаг выводов могут быть различными для обеих сторон. Расположение в ленте – выводами поперек ленты.

Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

- *Ruler Width* – ширина воображаемой линии, вдоль которой производится распознавание выводов. Стандартное значение – 2.

- *Lead Number N*, *Lead Number S* – количество выводов на одной и второй стороне соответственно.

- *Lead Pitch N*, *Lead Pitch S* – шаг выводов на одной и второй стороне соответственно.

- *Lead Width (mm)* – ширина выводов.

- *ReflectLL (mm)* – длина отражающей поверхности вывода.

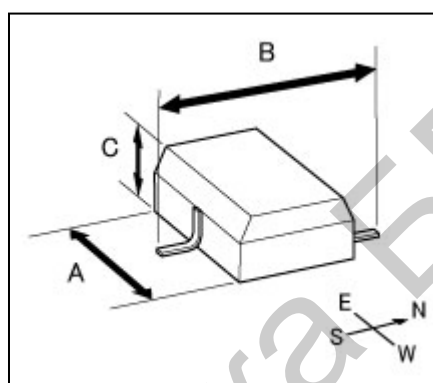


Рисунок 7.24 – Компоненты, описываемые алгоритмом Mini-Tr/SOT

Микросхемы в корпусах SOP, SSOP, VSSOP (рисунок 7.25, а). К данному типу относятся микросхемы с расположением выводов по двум сторонам, с одинаковым количеством и шагом выводов по сторонам. Расположение в ленте – выводами вдоль ленты. Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

- *Ruler Width* – ширина воображаемой линии, вдоль которой производится распознавание выводов. Стандартное значение – 2.

- *Lead Number* – количество выводов на одной стороне.

- *Lead Pitch* – шаг выводов.

- *Lead Width (mm)* – ширина выводов.

- *ReflectLL (mm)* – длина отражающей поверхности вывода.

Микросхемы в корпусах QFP, QFN (рисунок 7.25, б). К данному типу относятся микросхемы с выводами, расположенными по четырем сторонам. Количество выводов одинаковое для противоположных сторон, но может быть различным для вертикальных и горизонтальных рядов (прямоугольные микросхемы). Шаг выводов – одинаковый для всех сторон.

Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Ruler Offset* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

- *Ruler Width* – ширина воображаемой линии, вдоль которой производится распознавание выводов. Стандартное значение – 2.

- *Lead Number N*, *Lead number E* – количество выводов в горизонтальном и вертикальном рядах соответственно.

- *Lead Pitch* – шаг выводов.

- *Lead Width (mm)* – ширина выводов.

- *ReflectLL (mm)* – длина отражающей поверхности вывода.

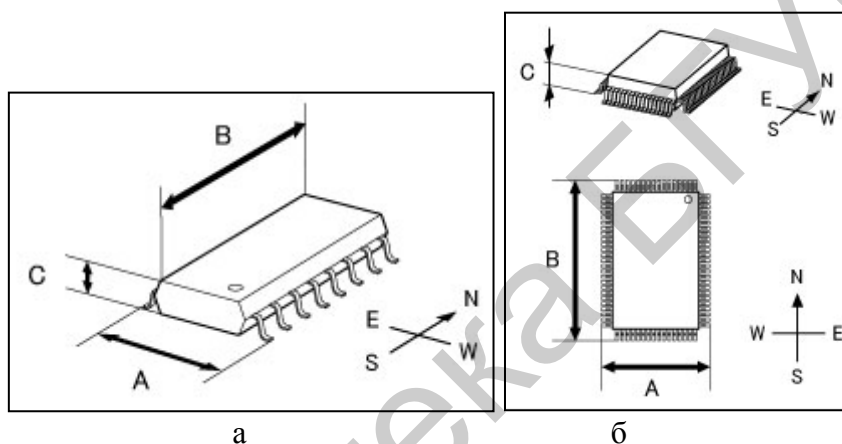


Рисунок 7.25 – Компоненты, описываемые алгоритмом SOP (а) и QFP (б)

Разъемы с выводами, расположенными только с одной стороны Con-E (рисунок 7.26). Настройки данного типа компонентов:

- *Body Size X (mm)*, *Body Size Y (mm)*, *Body Size Z (mm)* – ширина, длина и толщина компонента соответственно.

- *Cntr. Offset X (mm)*, *Cntr. Offset Y (mm)*, *Cntr. Offset R (deg)* – положение центра компонента относительно выводов. Значения по умолчанию – 0.

- *Ruler Offset E* – смещение в пикселях относительно края компонента до линии, вдоль которой будет распознаваться вывод. Стандартное значение – 2.

- *Ruler Width* – ширина воображаемой линии, вдоль которой производится распознавание выводов. Стандартное значение – 2.

- *Lead Number E* – количество выводов.

- *Lead Pitch E (mm)* – шаг выводов.

- *Lead Width E (mm)* – ширина выводов.

- *ReflectLL E (mm)* – длина отражающей поверхности вывода.

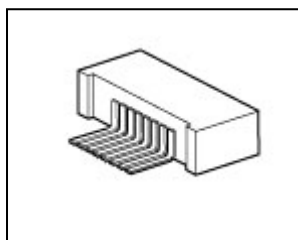


Рисунок 7.26 – Разъемы, описываемые алгоритмом Con-E

Описание матричных поддонов. На вкладке меню *Parts* → *Tray* располагается таблица для описания формата матричного поддона (рисунок 7.27). Она отображается в таком виде, только если тип упаковки и тип питателя установлены как *Tray* и *Auto TC* соответственно.

Item	Value
Package	Tray
Feeder Type	Auto TC
A Comp Amount X	1
B Comp Amount Y	1
C Comp Pitch X (mm)	1.000
D Comp Pitch Y (mm)	1.000
E CurrentPos. X	1
F CurrentPos. Y	1
G Tray Amount X	1
H Tray Amount Y	1
I Tray Pitch X (mm)	235.000
J Tray Pitch Y (mm)	180.000
K Current Tray X	1
L Current Tray Y	1
M Tray Height (mm)	-0.000
N Pallet No. Start	1

Рисунок 7.27 – Таблица *Parts* → *Tray*

Описание настроек:

- *Comp Amount X*, *Comp Amount Y* – количество компонентов в матричном поддоне по горизонтали и по вертикали. При подготовке программы отсутствует возможность получить эти данные, поэтому оставляют 1.

- *Comp Pitch X (mm)*, *Comp Pitch Y (mm)* – шаг между компонентами по горизонтали и вертикали. Как правило, эти значения точнее всего можно выставить при отладке программы, поэтому оставляем по умолчанию 1 мм.

- *CurrentPos. X*, *CurrentPos. Y* – текущая позиция по горизонтали и вертикали. Оставляем по умолчанию 1.

- *Tray Amount X*, *Tray Amount Y* – количество матричных поддонов, расположенных на одной паллете. Поскольку всегда на одну паллету кладется один поддон, оставляем по умолчанию 1.

- *Tray Pitch X (mm)*, *Tray Pitch Y (mm)* – шаг между матричными поддонами на одной паллете. Поскольку количество поддонов все равно один, то и шаг значения не имеет – оставляем 1 мм.

- *Current Tray X*, *Current Tray Y* – текущий поддон по горизонтали и вертикали. Оставляем по умолчанию 1.

- *Tray Height (mm)* – толщина матричного поддона. Типовое значение 5,5 мм.

- *Pallet No. Start, Pallet No. Last, Pallet No. Current* – первая, последняя и текущая паллета в магазине для данного компонента. При отсутствии информации о количестве паллет для выполнения заказа значения можно оставить по умолчанию 1. Если есть информация, что необходимо, например, 10 паллет, значения становятся следующими: первая – 1, последняя – 10 и текущая – 1.

- *Pallet Pitch Z* – шаг между паллетами по вертикали. Для компонентов большой толщины предусмотрена возможность загружать паллеты не в каждый слот магазина, а через один, два или три слота. Этому соответствуют значения x2, x3, x4. Если же паллеты будут следовать подряд, следует оставить значение *Normal*.

Настройка реперных знаков и отбраковочных маркеров. Базовые настройки реперных знаков и отбраковочных маркеров находятся на вкладке меню *Mark* → *Basic* (рисунок 7.28).

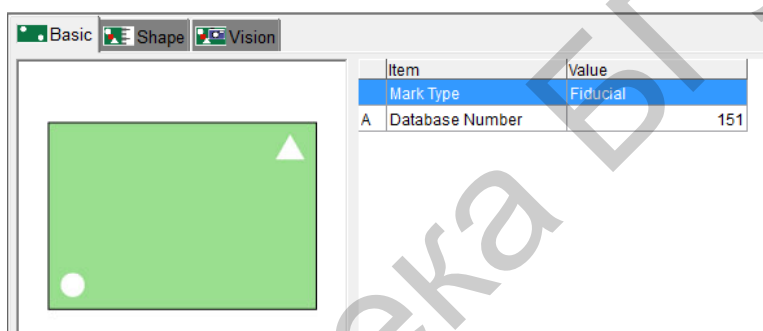


Рисунок 7.28 – Вкладка меню *Mark* → *Basic*

Настройка формы реперного знака и отбраковочного маркера осуществляется на вкладке меню *Mark* → *Shape*. В случае если параметр *Mark Type* установлен как *Fiducial*, то таблица *Shape* для настройки формы реперного знака примет вид, показанный на рисунке 7.29.

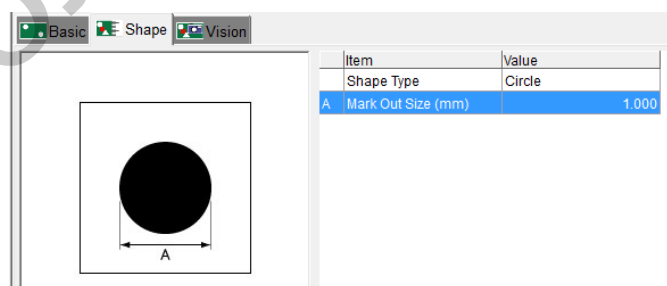


Рисунок 7.29 – Таблица *Mark* → *Shape* для реперных знаков

Параметр *Shape Type* позволяет задать форму реперного знака. В выпадающем меню есть несколько вариантов:

- *Circle* – круг. Основной параметр: *Mark Out Size (mm)* – диаметр круга.
- *Square/Oblong* – квадрат/прямоугольник. Основные параметры: *Mark Out Size X (mm)*, *Mark Out Size Y (mm)* – длина и ширина реперного знака.
- *Triangle* – равносторонний треугольник. Основной параметр: *Mark Out Size (mm)* – длина одной стороны.
- *Sp Shape* – реперный знак особой формы (рисунок 7.30). Основные параметры: *Mark Out Size X (mm)*, *Mark Out Size Y (mm)* – длина и ширина реперного знака; *Area (mm²)* – площадь реперного знака; *Outline (mm)* – периметр реперного знака.

Item	Value
Shape Type	Sp.Shape
A Mark Out Size X (mm)	1.000
B Mark Out Size Y (mm)	1.500
C Area (mm ²)	0.785
D Outline (mm)	3.142

Рисунок 7.30 – Таблица *Mark* → *Shape* для реперных знаков специальной формы

Настройка формы отбраковочного маркера. Поскольку для отбраковочных маркеров нет специальной формы, то оценивается яркость определенной области. Параметры *Search Area (X) (mm)* и *Search Area (Y) (mm)* задают размеры этой области по горизонтали и вертикали. Данные параметры, как правило, равняются 3,5 мм.

Настройка распознавания реперных знаков и отбраковочных маркеров. Настройка распознавания реперных знаков и отбраковочных маркеров осуществляется на вкладке меню *Mark* → *Vision*. В расположенной на этой вкладке таблице (рисунок 7.31) задаются следующие параметры:

- *Surface Type* – тип поверхности. Для реперных знаков – *Reflect* (отражающая); для отбраковочных маркеров – *NonReflect* (не отражающая).

- *Mark Threshold* – порог яркости для разграничения черного и белого. Типовое значение – 75.

- *Tolerance (%)* – допустимая ошибка распознавания. Типовое значение – 30 %.

- *Search Area (X) (mm)*, *Search Area (Y) (mm)* – размер зоны поиска реперного знака. Как правило, равняется размеру реперного знака плюс 2–3 мм.

- *Outer Light*, *Inner Light*, *Coaxial Light*, *IR Outer Light*, *IR Inner Light* – различные типы подсветок. Типовые значения показаны на рисунке 7.33.

- *Cut Outer Noise*, *Cut Inner Noise* – настройки уровня шумоподавления. Для реперных знаков типовой уровень – 3.

- *Sequence* – скорость и аккуратность распознавания. Значения: *Quick* – быстрое распознавание с небольшой потерей точности; *Normal* – обычное распознавание; *Fine* – более точное распознавание с потерей скорости.

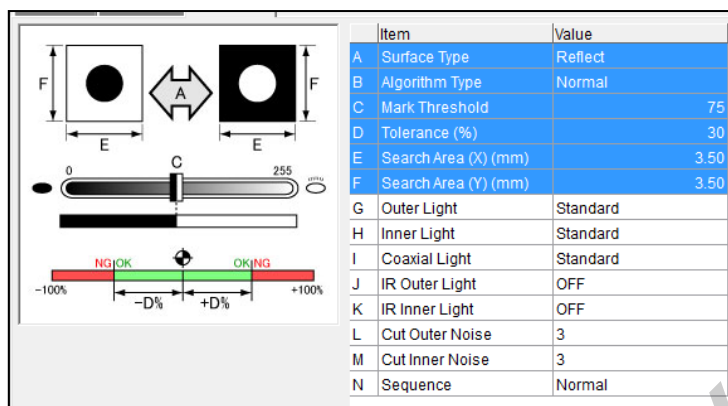


Рисунок 7.31 – Таблица *Mark* → *Vision* для реперных знаков

Библиотека БГУИР

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

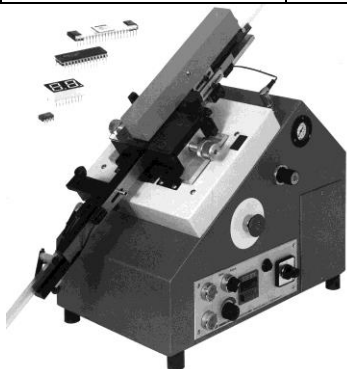
Оборудование для подготовки и монтажа ТНТ-элементов

Таблица А.1 – Оборудование для подготовки ТНТ-элементов

Наименование	Модель	Тип ЭК, ИС	Производительность шт./ч	Габаритные размеры, мм
Полуавтомат формовки OLAMEF TP/IC-F	TP/IC-F	Формовка и обрезка выводов ИС в корпусе DIP	600	280×180×220
Полуавтомат формовки OLAMEF TP/SC4	TP/SC4	Транзисторы, микросхемы с диаметром выводов 0,3–0,8 мм	2000	270×240×110
Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)	PK-R-042	Конденсаторы КТ1–КТ12, КМ5 с установочным размером 5–30 мм	2000	360×470×400
Полуавтомат формовки Manix FP-2MAS	FP-2MAS	Формовка и обрезка выводов ИС в корпусе DIP	2500	310×350×540
Полуавтомат формовки аксиальных выводов OLAMEF CS-30	TP6/V	ЭК с аксиальными выводами для вертикальной установки	5000	220×240×100
Полуавтомат формовки UNITRA	PK-R-707	ЭК с аксиальными выводами и установочными размерами 5–40 мм	5000	480×230×220
Полуавтомат формовки выводов ERSA	TP6/PR-B	Зиг-формовка компонентов с аксиальными выводами россыпью и из ленты	5000–25000	180×230×210
Полуавтомат формовки выводов ИМС	ICM 83	Формовка и обрезка выводов ИС в корпусе DIP	6000–8000	500×330×550
Полуавтомат формовки радиальных выводов OLAMEF TP/R-PR	TP/R-PR	Конденсаторы, диоды с диаметром выводов 0,3–0,8 мм	7000	240×220×240
Полуавтомат формовки аксиальных выводов OLAMEF CS-40	TP6/PR-F	Зиг-формовка компонентов с аксиальными выводами россыпью	7000	260×240×100
Полуавтомат Nakko 155	155	ЭК с радиальными выводами ленточного типа	18000	430×150×140
Полуавтомат формовки выводов ERSA	TP6/V-PR	Зиг-формовка компонентов с аксиальными выводами для вертикальной установки	25000	180×230×210
Полуавтомат формовки аксиальных выводов OLAMEF TP6/S	TP6/S	ЭК с аксиальными выводами в ленте	25000	230×180×210

Таблица А.2 – Оборудование для монтажа ТНТ-элементов

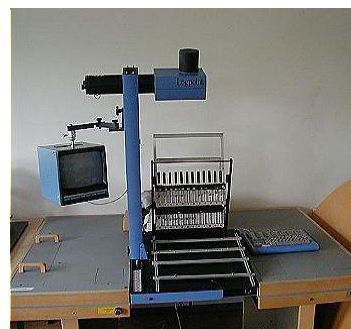
Наименование	Модель	Тип ЭК, ИС	Производительность шт./ч	Габаритные размеры, мм
Светомонтажный стол Logpoint	6235	ЭК из 120–280 ячеек на плату 280×200 мм	1000	1400×850×800
Светомонтажный стол ROYONIC	712	12 магазинов, 120 ячеек для элементов	1600	1540×1080×880
Автомат Sencorp Corporation	100 OF	Компоненты с радиальными и аксиальными выводами в ленте	2400	990×1560×1744
Автомат JUKI JM-20	JM-20	Выводные компоненты размером до 50×50 мм, высотой 55 мм и весом до 200 г	4200	1500×1657×1550
Автомат SM451	SM451	Установка чипов от 01005 до микросхем размером 55×55 мм и разъемов длиной до 100 мм. Максимальная высота компонентов до 28 мм	9500	1650×1690×1485
Автомат-секвенсор Universal	6380B radial 8XT	Компоненты с радиальными выводами, включая транзисторы, светодиоды, разъемы с шагом 2,5 мм	21000	990×1560×1744



ICM 83



6380B radial 8XT



Logpoint



Omni Flex



ETS-250

Рисунок А.1 – Оборудование для подготовки выводов, монтажа и пайки ТНТ-элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Оборудование для пайки электронных модулей

Таблица Б.1 – Оборудование для пайки модулей

Наименование	Характеристика	Скорость конвейера, м/мин	Габаритные размеры, мм
Конвейерная печь конвекционного нагрева RO400	Управление температурой осуществляется с помощью компьютера. Максимальная ширина пайки – 400 мм	0,1–0,8	3590×1480×1738
Конвейерная печь конвекционного оплавления «ЭТНА» В221-АС421	4 зоны предварительного нагрева, 2 зоны пикового нагрева, 1 зона охлаждения	0,18–1,8	3590×1480×1738
Конвейерная печь конвекционного оплавления Hotflow 3/20	20 модулей нагрева и 8 модулей охлаждения. Ширина печатной платы 45–580 мм	0,2–2	6590×1530×1580
Печь конвекционного оплавления Hotflow 4/8	8 модулей нагрева (4 сверху и 4 снизу) и 1 зона охлаждения. Ширина конвейера 560 мм	0,2–2	3905×1410×1500
Установка пайки волной припоя Powerflowe N2	Длина ПП 120– 600 мм. Преднагрев с нижней стороны ИК-излучателем. Мощность – 46 кВт	0,5–2,5	3900×1425×1580
Установка пайки 6TF /160 Kirsten	Пайка плат шириной до 160 мм. Электромагнитный нагнетатель припоя. Настольное исполнение	0,3–3,0	2300×680×560
Установка пайки Esonopak-229 Electrovert	Пайка двойной волной припоя шириной до 380 мм. Микропроцессорное управление	0,3–3,0	4267×1700×1910
Печь конвекционного оплавления Omni Flex Electrovert	Ширина конвейера 300–500 мм, 7 зон нагрева, 2 охлаждения для плотного двухстороннего смешанного монтажа. Мощность 15 кВт	0,5–3,5	4940×1168×1580
Установка пайки волной припоя EWS-400 ERSA	Пайка смешанного монтажа на платах шириной до 400 мм в инертной атмосфере	0,3–4,0	2450×1000×1430
Установка пайки волной припоя ETS-330	Пайка печатных узлов с поверхностным или смешанным монтажом. Мощность – 13–23 кВт	0,5–3	2450×1000×1430
Система селективной пайки Ecosselect 2	Пайка мини-волной и/или групповая пайка мультиволной припоя с ИК-подогревом на платах размером от 63,5×127 мм до 406×508 мм	2–10	3905×1410×1500
Система селективной пайки VERSAFLOW 3/45	Пайка плат шириной до 400 мм, длиной до 508 мм. Подогрев с нижней стороны ИК-нагревателями. Мощность – 12 кВт	0,2–10	1720×835×1430

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Оборудование для очистки и влагозащиты

Таблица В.1 – Оборудование для очистки и влагозащиты

Наименование	Характеристика	Скорость конвейера, м/мин	Габаритные размеры, мм
Линия промывки плат ЛПП-90 1	Групповая четырехстадийная отмывка плат в растворителях. Мощность – 30 кВт	0,1–1,2	3200×900×1400
Линия промывки плат Aquарак	Многостадийная отмывка плат после пайки. Число ванн – 2–5	2–6	5000×600×1100
Установка отмывки FC1000/2-V REK	Струйная или УЗ-очистка с временем цикла 7 мин (вкл. сушку). Производительность – 7 партий/ч	–	2700×1600×2200
Система промывки NC25	Струйная или УЗ-очистка с конвекционной сушкой с циклом 8 мин	–	1000×2100×1600
Модульная система отмывки Uniclean	Многостадийная отмывка плат до 350×410 мм. Производительность – 4–12 партий/ч	–	1900×880×1250
Система отмывки Око 1000μP	Отмывка с применением специальных чистящих веществ. Максимальные габариты ПП: 390×260 мм. Производительность – 4–12 партий/ч	–	800×450×670
Автоматическая установка селективной влагозащиты SL-940E	Ширина наносимого материала 6–19 мм. Скорость нанесения материала 125–750 мм/с	–	950×510×650
Установка влагозащиты погружением DS101	Нанесения влагозащитных покрытий на печатные узлы методом их погружения в ванну с материалом покрытия. Диапазон регулирования скоростей погружения/извлечения 25–300 мм/мин	–	800×450×1060



SL-940E Asymtek



DS101



Uniclean



Око 1000μP

Рисунок В.1 – Оборудование для очистки и влагозащиты

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Оборудование для поверхностного монтажа

Таблица Г.1 – Оборудование для поверхностного монтажа

Наименование	Назначение	Технические характеристики
1	2	3
Автоматический загрузчик BZ-01	Загрузка печатных плат в линию сборки с электрической установкой ширины конвейера	Размер плат от 75×75 до 460×460 мм. Мощность – 0,5 кВт. Габариты 1100×980×1016 мм
Автоматический разгрузчик печатных плат BR-01	Выгрузка модулей с линии сборки, управление с компьютера	Размер плат от 75×75 до 460×460 мм. Мощность – 0,5 кВт. Габариты 1100×980×1016 мм
Полуавтомат трафаретной печати SP-20	Нанесение паяльной пасты в полуавтоматическом режиме. Ручная загрузка и выгрузка плат	Рабочее поле до 521×470 мм. Скорость движения ракеля – 9,5–12,7 мм/с
Полуавтомат трафаретной печати ERSA 248	Высокая точность нанесения паяльной пасты и гибкость в управлении	Рабочее поле до 500×400 мм. Скорость движения ракеля – 10–70 мм/с
Автомат трафаретной печати INFINITI	Высокая скорость и точность нанесения паяльной пасты	Рабочее поле до 510×508 мм. Скорость движения ракеля – 20–150 мм/с
Трафаретный принтер DEK HORIZON 03iX	Высокая скорость, точность и качество нанесения пасты. Автоматический контроль качества нанесения	Рабочее поле до 510×508 мм. Скорость движения ракеля – 20–300 мм/с
Автоматический принтер трафаретной печати БУРАН В102	Автоматическое нанесение паяльной пасты, загрузка и выгрузка плат, совмещение, контроль качества. Автоматическое нанесение точек клея	Рабочее поле до 620×508 мм. Скорость движения ракеля – 5–300 мм/с
Автоматическая система дозирования Quantum X-1010	Нанесение паяльной пасты и клея дозатором как на пустые ПП, так и на собранные модули	Рабочее поле до 423×458 мм. Скорость движения ракеля – 5–200 мм/с
Настольная система дозирования Island 4S4	Нанесение на заготовки различных материалов, таких как клеи, пасты, компаунды	Рабочее поле до 400×400 мм. Производительность – 12000 доз/ч
Автомат нанесения паяльной пасты или клея Max	Высокая точность и повторяемость процесса	Рабочее поле до 348×305 мм. Максимальная производительность – 36000 точек/ч
Манипуляторы установки компонентов серии Expert-FP	Установка компонентов BGA, CSP или FlipChip в полуавтоматическом режиме	Производительность – 600–800 шт./ч. Габариты платы до 410×246 мм
Автоматическая конвейерная вставка В3R	Автоматическая транспортировка плат и остановка для контроля и ремонта	Размер плат от 75×75 до 460×460 мм. Мощность – 0,5 кВт. Габариты 1800×1100×1016 мм

1	2	3
Манипуляторы установки компонентов с мелким шагом MPL3100	Установка сложных компонентов (BGA, CSP, QFP с мелким шагом) ручным или полуавтоматическим способом	Габариты платы – до 500×500 мм. Производительность – до 1000 шт./ч.
Манипулятор LM901 (Philips, Holland)	Ручная установка компонентов на платы, автоматическое включение вакуума при захвате	Габариты платы – до 440×245 мм. Производительность – до 1000 шт./ч. Количество типонаименований – до 1500
Полуавтомат SM902 (Philips, Holland)	Установка компонентов по программе с двухкоординатным механизмом наведения головки	Производительность – 1,5–2400 тыс. шт./ч. Количество типонаименований – до 32
Автомат QM-1500	Установка компонентов 0402. Возможность быстрого программирования и перенастройки оборудования на новый тип изделий	Производительность – до 2500 шт./ч. Габаритные размеры 965×1020×1100 мм
Полуавтомат ECM96 (Philips, Holland)	Полуавтоматическая установка компонентов на платы. Техническое зрение с 2 камерами	Производительность – до 3500 шт./ч. Питатели – ленты, кассеты, матричные поддоны
Автомат смешанного монтажа JUKI JM-20	Установка SMD-компонентов от 0402 до 50×50 мм, высотой 55 мм и весом до 200 г. Питатели – ленты, кассеты, матричные поддоны	Производительность 17200 шт./ч. Габаритные размеры 1500×1657×1550 мм. Мощность 2,2 кВт
Автомат Quadra DVC EVO	Имеет бесконтактное видеосцентрирование компонентов, возможность перенастройки для работы и установки дозирующей головки	Габариты платы – до 580×480 мм. Производительность – 4400 шт./ч. Габаритные размеры 980×1010×1580 мм
Автомат установки компонентов начального уровня Pantera-X	Возможна установка 180 типонаименований компонентов. Размер компонентов 0201 – 45×45 мм	Габариты платы – до 403×305 мм. Производительность – 4500 шт./ч.
Многофункциональный автомат установки компонентов SM451	Установка компонентов от чипов 01005 до микросхем размером 55×55 мм и разъемов длиной до 100 мм. Максимальная высота компонентов – до 28 мм	Производительность – Chip 0603 8500 комп./ч. SOP 7000 комп./ч. QFP 4000 комп./ч. Габаритные размеры 1650×1690×1485 мм
Автомат MT-D(NM-2501) (Panasonic)	Автоматическая установка компонентов с шагом до 0,5 мм и возможностью гибкой наладки	Компоненты – от чипа до PLCC 40×40 мм'. Производительность до 10000 шт./ч
Автомат HSI80 (Siemens, Gervany)	Автоматическая установка компонентов чип, SOT-23, SOT-89 с возможностью гибкой перенастройки и управлением от ПЭВМ	Производительность – до 10000 шт./ч. Габариты платы – до 380×210 мм

1	2	3
Автомат МСМШ (Philips, Holland)	Автоматическая установка компонентов с возможностью гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ	Производительность – до 12000 шт./ч. Компоненты – чип, ИС. Габариты платы – до 450×450 мм
Многофункциональный сборочный центр Paraquda	Установка компонентов от 01005 до микросхем 80×70 мм. До 240 типоминалов компонентов	Производительность – до 15000 шт./ч
Высокопроизводительный автомат JX-100LED	Установка компонентов от чип-компонентов 0201 до компонентов 33,5×33,5 мм	Производительность – 15300 шт./ч. Габариты платы – до 800×360 мм. Габаритные размеры 1390×1270×1440 мм
Автомат для установки компонентов KE-3010L	Установка компонентов от чип 01005 до микросхем 33,5×33,5 мм, с шагом выводов до 0,2 мм	Производительность – 18500 шт./ч. Габаритные размеры 1450×1310×1240 мм
Автомат установки компонентов SM481	Установка компонентов от чип 01005 до ИС и компонентов с габаритами до 16×16 мм и высотой 10 мм	Производительность – 39000 шт./ч. Габариты платы – до 450×450 мм. Габаритные размеры – 1650×1680×1530 мм



DEK HORIZON 03iX



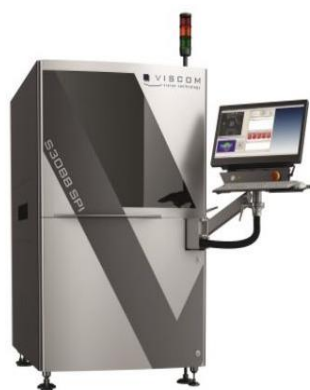
Манипулятор LM901



SM451



АОИ S2088-II



S3088 SPI



VS8

Рисунок Г.1 – Оборудование для монтажа SMD и контроля качества

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)

Оборудование для маркировки, электрического и визуального контроля

Таблица Д.1 – Оборудование для маркировки, электрического и визуального контроля

Наименование	Модель	Характеристики	Производительность, шт./ч
Установка лазерной маркировки	Laservall V-LASE	Лазеры воздушного охлаждения с диодной накачкой	1500 знаков/с
Лазерный маркировщик	Alltec LC 3300	Лазерное устройство нанесения маркировки на упаковку (бумагу, картон, стекло, пластик, металл всех видов). Линейная скорость до 15 м/с	1300 знаков/с
Система электрического контроля	SPEA	Внутрисхемный и функциональный автоматический контроль летающими пробниками. Точность контактирования 25 мкм	20–50 тест/с
Рабочее место визуального контроля VS8 Vision Engineering	VS8	На базе безокулярного микроскопа Lypx с плавающим столиком и фиксатором платы. Увеличение системы до 80 крат, светодиодная матрица	–
Автоматическая система визуального контроля	VT9300C	Контроль точности установки компонентов с минимальным размером 0402, шагом между выводами 0,4 мм. Контроль количества припоя и формы галтели паяных соединений	До 13 см ² /с
Автоматическая система рентгеновского контроля компании VISCOM	X7055	Контроль качества паяных соединений компонентов BGA, μBGA, Flip Chip с шагом 0,3 мм. Ортогональные камеры с линейным разрешением 10 мкм	–
Универсальная настольная система	АОИ S2088-II	2D-инспекция паяльной пасты после нанесения, 100% совместимость инспекционных программ с конвейерными установками Viscom. Инспекция верхними и угловыми камерами 420×457 мм	До 20–40 см ² /с
Универсальная конвейерная система	АОИ S3088 flex	Инспекция компонентов с использованием ортогональных и угловых камер. 2D-инспекция паяльной пасты после нанесения. Инспекция верхними и угловыми камерами 650×508 мм	До 20–40 см ² /с
Установка автоматической 3D-инспекции качества нанесения паяльной пасты	S3088 SPI	Получение 3D-модели отпечатков паяльной пасты с анализом качества нанесения	До 80 см ² /с

Пример заполнения второго и последующих листов карты технологического процесса

		ГУИР.406124.001				—	ГУИР.50188.00001				7		
		В	Цех	Уч	PM	Опер	Код, наименование операции						
		Г	Обозначение документа										
		Д	Код оборудования				Наименование, модель оборудования						
		Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт.
		Л/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала										
		Н/М	Обозначение, код			ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
		01											
		В02	1	26	125	Визуальный контроль							
		Г03	ГУИР.25103.00034, ИОТ № 1846-2017										
		Д04	Стол рабочий СР-12										
		Е05	03	13460	5	1	1	1	1,0	5	4,0		
		Т06	VS8 63669/0.12			Рабочее место визуального контроля							
		О07	1. Извлечь плату из тары и установить на рабочее место контроля.										
		О08	2. Проверить модуль на соответствие КД, на отсутствие механических повреждений платы и ЭК (не допускаются сколы и трещины).										
		О09	3. Проверить качество паяных соединений.										
		О10	4. Проверить визуально качество отмытки модуля на отсутствие остатков флюса, нагара, шариков припоя, белого налета и других загрязнений.										
		О11	5. Сделать отметку в сопроводительном документе.										
		11											
		В12	1	27	130	Электрический контроль							
		Г13	ГУИР.25103.00037, ИОТ № 1946-2018										
		Д14	Автоматический тестер контроля SPEA 4040										
		Е15	1	12920	4	1	1	1	1	20	5,45		
		О16	1. Извлечь плату из тары и установить на адаптер тестера контроля.										
		О17	2. Выполнить электрический контроль модуля по программе.										
		О18	3. Сделать отметку в сопроводительном документе.										
		О19	4. Уложить плату в тару.										
		Т20	ГГ 7879 – 4053			Тара цеховая							
		21											
		В22	1	28	135	Покрытие лаком							
		Г23	ГУИР.25170.00047, ИОТ № 1986-2018										
		Д24	Century С740				Установка селективной влагозащиты						
		Е25	1	12920	4	1	1	1	1	15	7,5		
		О26	1. Извлечь плату из тары и разместить на конвейер установки.										
		О27	2. Нанести покрытие по программе, кроме мест, оговоренных в КД.										
		О28	3. Снять плату с конвейера установки и уложить в тару.										
		О29	4. Сделать отметку в сопроводительном документе.										
		Т30	ГГ 7879 – 4053			Тара цеховая							
		31											
		32											
		33											
		34											
Дубл.	Взам.	Подл.											
			КТП										

Пример заполнения комплекточной карты

						ГУИР.01188.00001	3	1				
						ГУИР.406124.001	—	ГУИР.30188.00001				
						Модуль контроллера			0			
						В	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	
						Л/М	Поз.	Наименование детали, сборочной единицы или материала				
						Н/М	Обозначение	ОПП	ЕВ	ЕН	Кп	Н. расх.
						Я			Раз. П.	Общ. П.	Такт. П.	
						01						
						V02		2	010	Установка модуля питания		
						L03	1	Модуль питания				
						H04	APC 6.122.001		шт.	1	1	
						L05	2	Основание				
						H06	APC 8.074.002		шт.	1	1	
						L07	3	Винт самонарезной 4x8.05				
						H08	ГОСТ 10620-80		шт.	1	4	
						L09	4	Шайба 4.04.016				
						H10	ГОСТ 10450-78		шт.	1	4	
						11						
						V12		3	015	Установка выключателя		
						L13	1	Втулка предохранительная резиновая 6-6				
						H14	ГОСТ 19421-74		шт.	1	1	
						L15	2	Выключатель сетевой				
						H16	тип 8600 SPST		шт.	1	1	
						17						
						V18		4	020	Установка шнура сетевого		
						L19	1	Шнур сетевой с евровилкой				
						H20	AC-162		шт.	1	1	
						L21	2	Стяжка для кабеля CCCV-CV-075				
						H22	UL94V-2		шт.	1	1	
						L23	3	Скоба для кабеля ($R_{вн}$ 6 мм)				
						H24	NF 1, 2		шт.	1	1	
						L25	4	Лепесток 1-2-3,2x12-05				
						H26	ГОСТ 22376-77		шт.	1	1	
						27						
						28						
						29						
						30						
						31						
Дубл.	Взам.	Подл.							Разраб.	Егоров И. В.		
								Проверил	Ланин В. Л.			
								Т. контр.				
								Согл. БМН				
			Изм	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Н. контр.				
	КК											

Пример заполнения второго и последующих листов маршрутной карты

		ГУИР. 434774.001				—	ГУИР.10188.00001				2		
		В	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						
		Г	Обозначение документа										
		Д	Код оборудования				Наименование, модель оборудования						
		Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з	Тшт.
		Л/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала										
		Н/М	Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
		01											
		В02	6		30		Установка компонентов с аксиальными выводами						
		Г03	ГУИР.25188.00034, ИОТ 1558-2017										
		Д04	Автомат JUKI JM-20										
		Е05	03	13460	5	1	1	1	1		16200	0,27	
		06											
		В07	7		35		Установка компонентов с радиальными выводами						
		Г08	ГУИР.25188.00123, ИОТ 1559-2017										
		Д09	Автомат-секвенсор 6380B radial 8XT										
		Е10	03	13460	5	1	1	1	1		16200	0,034	
		11											
		В12	8		40		Пайка платы						
		Г13	ГУИР.25181.00113, ИОТ 2404-2017										
		Д14	Установка пайки ETS330F										
		Е15	03	14544	5	1	1	1	1		32400	0,186	
		16											
		В17	9		45		Очистка платы						
		Г18	ГУИР.25185.00118, ИОТ 2504-2017										
		Д19	Установка промывки плат Millenium III										
		Е20	03	13544	5	1	1	1	1		13500	2,86	
		21											
		22											
		23											
		24											
		25											
		26											
		27											
		28											
		29											
		30											
		31											
		32											
Дубл.	Взам.	Подл.	МК										

Литература

1. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства : учебник / А. П. Достанко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Достанко. – Минск : Выш. шк., 2002. – 415 с.
2. Технология поверхностного монтажа : учеб. пособие / С. П. Кундас [и др.]. – Минск : Армита – Маркетинг, Менеджмент, 2000. – 350 с.
3. Медведев, А. М. Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – М. : Техносфера, 2007. – 256 с.
4. Сборочно-монтажные процессы : учеб.-метод. пособие / В. Л. Ланин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2008. – 67 с.
5. Ланин, В. Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В. Л. Ланин, А. П. Достанко, Е. В. Телеш. – Минск : Изд. центр БГУ, 2007. – 574 с.
6. Сайт компании «Остек» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.ostek-smt.ru.
7. ГОСТ Р 56427–2015. Пайка электронных модулей радиоэлектронных средств. Автоматизированный смешанный и поверхностный монтаж с применением бессвинцовой и традиционной технологий. Технические требования к выполнению технологических операций. – Введ. 2015–09–01. – М. : Стандартинформ, 2015.

Учебное издание

Ланин Владимир Леонидович
Костюкевич Анатолий Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ
ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать 05.12.2018. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 5,23. Уч.- изд. л. 5,5. Тираж 30 экз. Заказ 101.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6