

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

А. В. Архипов, Б. Н. Березков

**Технико-экономическое обоснование технологических
процессов поверхностного монтажа**

Электронное учебное пособие

САМАРА
2011

УДК 621.81

Авторы: **Архипов Алексей Владимирович,**
Березков Борис Николаевич

Архипов, А. В. Технико-экономическое обоснование технологических процессов поверхностного монтажа [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / .А. В. Архипов, Б. Н. Березков; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (0,58 Мбайт). - Самара, 2011. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Приводятся методики оценки технологичности конструкции модуля ЭС, выполненного с применением технологии поверхностного монтажа. Рекомендуется при изучении дисциплин «Технология РЭС» (9, 10 семестр) студентам специальности 210201.65, «Технология производства электронных средств» (7, 8 семестр) направления 211000.62., «Технология поверхностного монтажа» (семестр В), магистрантам направления 211000.68. кафедры КиПРЭС радиотехнического факультета.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ	4
1. Разработка технологического процесса автоматизированной сборки печатных плат	6
1.1. Маршрутный технологический процесс	6
1.2. Виды монтажа РЭС	7
1.3. Оценка технологичности конструкции модуля	12
1.3.1. Частотные показатели для оценки технологичности	12
1.3.2. Определение значений величин, входящих в формулы (1) - (6) для частных относительных показателей технологичности	13
1.3.3. Определение базового значения комплексного показателя	14
1.3.4. Оценка технологичности конструкции	15
1.3.5. Термины к оценке технологичности конструкции модуля	15
2. Нормирование технологических процессов	18
3. Расчет технико-экономических показателей технологического процесса	21
3.1. Определение себестоимости процесса изготовления продукции	21
3.2. Критическое значение программы выпуска	23
3.3. Срок окупаемости единовременных затрат и коэффициент экономической эффективности	23
3.4. Производительность труда	24
ПРИЛОЖЕНИЕ А Нормы времени на различные виды сборочных работ	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Тарифные ставки	29
ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень рабочих профессий сборочных цехов	29
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Сборочно-монтажное оборудование	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	41

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектронные средства (РЭС) получили широкое распространение во всех областях жизни человека: от космоса до использования в повседневной жизни. Причем возможности их дальнейшего применения продолжают постоянно расширяться.

Любое производство РЭС предполагают сборку и монтаж радиоизделия. Именно технологические процессы (ТП) сборки и монтажа в значительной степени влияют на качественные показатели изделий РЭС, их эксплуатационную надежность и стоимость.

Трудоемкость производства сборочных единиц РЭС может быть представлена в следующих соотношениях: механическая обработка - 8... 15%; сборка - 15... 20%; электрический монтаж - 40... 60%; наладка - 20... 25% .

Производство РЭС должно быть экономически эффективным. При проектировании технологического процесса необходимо предусматривать сокращение продолжительности и трудоемкости этапа подготовки производства, капитальных затрат, количества сложных и трудоемких операций, использования минимального числа единиц оборудования. Этого можно достичь совершенствованием технологии на базе типизации технологических процессов, механизации и автоматизации сборки и монтажа, развития автоматизированных и автоматических методов наладки и регулировки, автоматизации операций контроля.

Регулировочные и контрольные работы являются одним из ключевых этапов производства РЭС. В общем случае контрольно - измерительные работы имеют следующую укрупненную структуру:

- входной контроль и проведение испытаний комплектующих элементов;
- операционный контроль в процессе производства РЭС;
- выходной контроль (контроль по внешнему виду, основных электрических параметров готовых изделий и проведение испытаний).

Необходимость входного контроля вызвана ненадежностью выходного контроля на заводе - изготовителе, а также воздействием различных факторов при транспортировке и хранении. Затраты на проведение входного контроля значительно меньше затрат, связанных с обнаружением брака и ремонтом после монтажа (в 10...40 раз), при испытании РЭС (в 25... 150 раз), при эксплуатации РЭС (в 25... 10000 раз), в зависимости от категории РЭС. Автоматизация входного контроля оказывается экономически оправданной при крупносерийном производстве, когда объем контроля составляет не менее 300 компонентов в час.

Ручной контроль печатных узлов (ПУ) по внешнему виду весьма дорог и неэффективен, особенно при большом числе компонентов и малых размерах. Приемлемым решением является применение компьютеризованных систем технического зрения. Техническое зрение особенно необходимо при установке компонентов в корпусах с большим числом выводов с шагом между выводами

- 1,27 мм, 0,635 мм или менее.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ (ГОСТ 3.1109-82)

Технологический процесс (ТП) - часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда.

Технологическая операция - законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Маршрутное описание технологического процесса - сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционное описание технологического процесса - полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Маршрутно-операционное описание технологического процесса — сокращенное описание технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения с полным описанием отдельных операций и других технологических документах.

Единый технологический процесс - технологический процесс изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс - технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс - технологический процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Цикл технологической операции - интервал календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых изделий.

Такт выпуска - интервал времени, через который периодически производится выпуск изделий или заготовок определенных наименования, типоразмера и исполнения.

Ритм выпуска - количество изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени.

Штучное время - интервал времени, равный отношению цикла технологических операции к числу одновременно изготавливаемых или ремонтируемых изделий или равный календарному времени сборочной операции.

Основное время - часть штучного времени, затрачиваемая на изменение и (или) последующее определение состояния предмета труда.

Вспомогательное время - часть штучного времени, затрачиваемая на выполнение приемов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предмета.

Оперативное время - часть штучного времени, равная сумме основного и вспомогательного времени.

Время на личные потребности - часть штучного времени, затрачиваемая человеком на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых.

Типовое изделие - изделие, принадлежащее к группе изделий, близкой конструкции, обладающее наибольшим количеством конструктивных и технологических признаков группы.

1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ.

1.1. Маршрутный технологический процесс.

Технологический процесс (ТП) изготовления РЭС базируется обычно на типовых технологических процессах (ТТП). К ТТП относятся:

- входной контроль комплектующих ЭРЭ;
- технологическая тренировка комплектующих ЭРЭ и узлов;
- электрический монтаж;
- технологический контроль сборки и монтажа;
- защита изделий от воздействия окружающей среды;
- технологическая тренировка изделия;
- регулировка изделия;
- испытание изделия;
- выходной контроль изделия;

Типовой технологический процесс-это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. ТТП предусматривает применение однотипного оборудования, оснастки, инструмента, тары и т.д.

Исходные данные для расчета параметров ТТП и организации участка сборочно-монтажного производства:

- конструкторская документация на выпускаемые изделия- узлы на печатных платах (печатные узлы, ПУ);
- номенклатура выпускаемых изделий;
- общая программа выпуска на участке;
- режим работы участка;
- типовое изделие (типовой представитель);

1.2. Виды монтажа РЭС

Поверхностный монтаж

Поверхностный монтаж на плате может быть односторонним и двусторонним. Число технологических операций при этом виде монтажа минимально /2/.

При одностороннем монтаже (рисунок 2.1.а) на диэлектрическое основание платы наносят припойную пасту методом трафаретной печати. Количество припоя, наносимое на плату, должно обеспечивать требуемые электрофизические характеристики коммутируемых элементов, что требует соответствующего контроля. После позиционирования и фиксации компонентов выполняют операцию пайки путем оплавления дозированного припоя. В завершение технологического цикла производится контроль паяных соединений, а также функциональный и внутрисхемный контроль. На рисунке 2.1а изображены поверхностно-монтируемые компоненты различных видов: относительно сложно монтируемые компоненты в корпусах PLCC и SOIC и легко монтируемые чип-компоненты.

Для двустороннего поверхностного монтажа (рисунок 2.1б) возможны различные варианты реализации. Один из них предполагает начало технологического процесса с операции нанесения паяльной пасты на нижнюю сторону платы. Затем в местах установки компонентов наносят расчетную дозу клея и производят установку компонентов. После этого в печи клей полимеризуется и происходит оплавление пасты припоя. Плата переворачивается, наносится паста припоя, и устанавливаются компоненты на верхнюю сторону платы, после чего верхняя сторона оплавляется. В этом случае для пайки компонентов используются печи с односторонним нагревом.

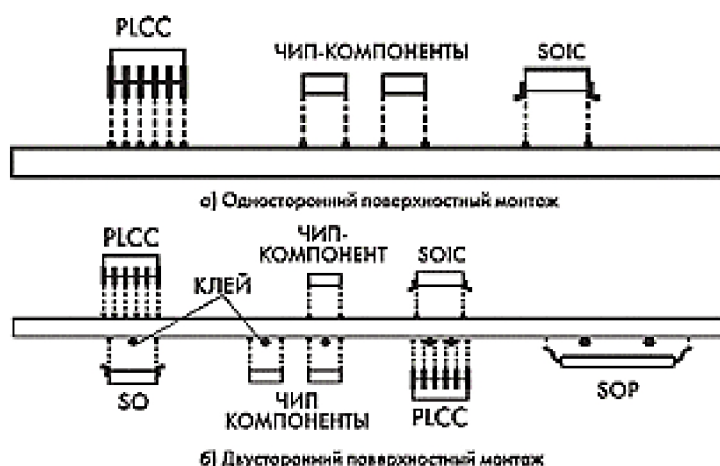


Рисунок 2.1а,б одно- и двусторонний поверхностный монтаж

При другом варианте реализации двустороннего поверхностного монтажа используются печи с двусторонним нагревом.

Интересен вопрос о необходимости нанесения клея на плату. Эту операцию выполняют с целью предотвращения отделения компонентов от платы при ее переворачивании. Существующие расчеты показывают, что большинство компонентов не упадут с платы даже при ее переворачивании, поскольку будут держаться за счет сил поверхностного натяжения припойной пасты. По этой причине операцию нанесения клея нельзя отнести к обязательным.

Смешанно-разнесенный монтаж

При смешанно-разнесенном монтаже компоненты, устанавливаемые в отверстия ТНТ-компоненты (Through Hole Technology), располагаются на верхней стороне платы, а компоненты для поверхностного монтажа — на нижней. В этом случае обязательной является операция пайки двойной волной припоя. Схематичное изображение платы со смешанно-разнесенным монтажом компонентов показано на рисунке 2.2.

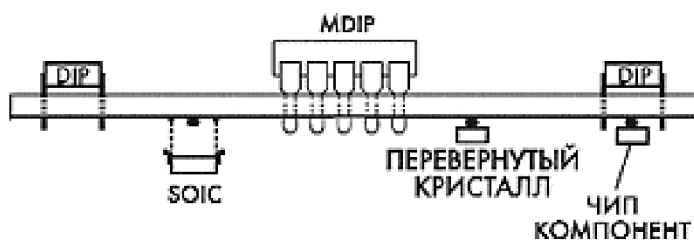


Рисунок 2.2 – Смешанно-разнесенный монтаж

Реализация такого вида монтажа предполагает следующую последовательность операций: на поверхность платы наносится дозатором клей, на который устанавливаются SMD-компоненты, клей полимеризуется в печи, после чего производится установка компонентов в отверстия, пайка волной припоя, промывка модуля и выполняются операции контроля.

Возможен альтернативный вариант, при котором сборку начинают с установки компонентов в отверстия платы, после чего размещают поверхностно-монтируемые компоненты. Он применяется тогда, когда формовка и вырубка выводов обычных компонентов осуществляется при помощи специальных приспособлений заранее, иначе компоненты, монтируемые на поверхность, будут затруднять обрезку выводов, проходящих через отверстия платы. Компоненты для поверхностного монтажа при повышенной плотности их размещения целесообразно монтировать в первую очередь, что требует минимального количества переворотов платы в процессе изготовления изделия.

Смешанный монтаж

Примером смешанного монтажа является установка на верхней стороне платы и SMD-, и THT-компонентов, которые монтируются в отверстия, а на нижней стороне – только SMD-компонентов. Это самая сложная разновидность монтажа (рисунок 2.3).

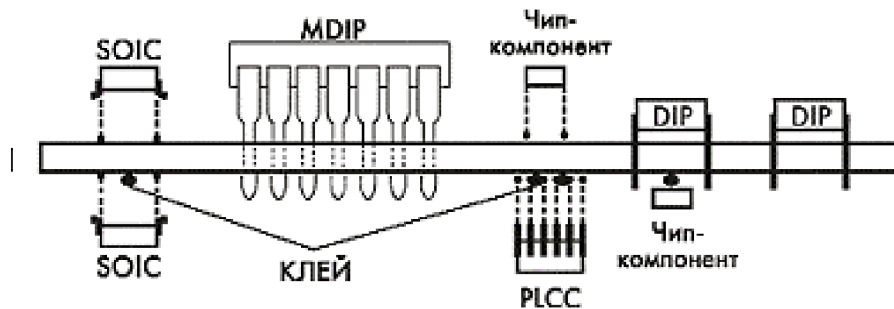


Рисунок 2.3 – Смешанный монтаж

Возможны различные варианты ее реализации. При одном из них сначала на нижнюю сторону печатной платы методом дозирования наносят клей, а на нанесенный клей устанавливают SMD-компоненты. После проведения контроля установки компонентов проводят отверждение клея в печи. На верхнюю сторону платы наносится паяльная паста, а на нее затем устанавливаются SMD-компоненты. Нанесение паяльной пасты возможно как методом трафаретной печати, так и методом дозирования. В последнем случае операции нанесения клея и паяльной пасты можно проводить на одном оборудовании, что сокращает затраты. Однако нанесение паяльных паст методом дозирования непригодно при промышленном производстве из-за низкой скорости и стабильности процесса по сравнению с трафаретной печатью и оправдано только в условиях отсутствия трафарета на изделие или нецелесообразности его изготовления. Такая ситуация может сложиться, например, при опытном производстве большой номенклатуры электронных модулей, когда из-за большого числа обрабатываемых конструкций и малых серий затраты на изготовление трафаретов значительны.

После установки SMD-компонентов на верхнюю сторону платы производится их групповая пайка методом оплавления припойной пасты. После этой операции технологический цикл, связанный с установкой поверхностно монтируемых компонентов, считается завершенным.

Далее, после ручной установки компонентов в отверстия платы производится совместная пайка всех SMD-компонентов, ранее удерживавшихся на нижней стороне платы при помощи отвержденного адгезива (клея) и уже установленных выводных компонентов.

В конце технологического цикла выполняют операции визуальной инспекции пайки и контроля.

При другом варианте реализации смешанного монтажа предполагается иная последовательность выполнения операций. Первым этапом является нанесение припойной пасты через трафарет, установка на верхней стороне платы сложных компонентов для поверхностного монтажа (SO, PLCC, BGA) и пайка расплавлением дозированного припоя. Затем, после установки компонентов в отверстия платы (с соответствующей обрезкой и фиксацией выводов), плата переворачивается, на нее наносится адгезив, и устанавливаются компоненты простых форм для поверхностного монтажа (чип-компоненты, компоненты в корпусе SOT). Они и выводы компонентов, установленных в отверстия, одновременно пропаяются двойной волной припоя. Возможно также использование в составе одной линии оборудования, обеспечивающего эффективную пайку компонентов (с верхней

стороны платы) расплавлением дозированного припоя и пайку (с нижней стороны платы) волной припоя.

Необходимо отметить, что в технологическом процессе, реализующем смешанный монтаж, возрастает количество контрольных операций из-за сложности сборки при наличии компонентов на обеих сторонах платы. Неизбежно возрастают также количество паяных соединений и трудность обеспечения их качества.

Односторонний выводной и поверхностный монтаж

Такая технология носит в мировой практике название технологии оплавления припойных паст (reflow) и является одной из стандартных в технологии монтажа на поверхность (рисунок 2.4).

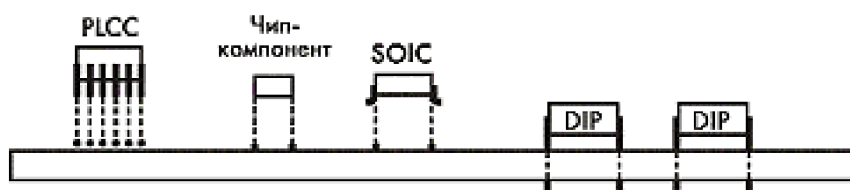


Рисунок 2.4 – Односторонний монтаж SMD и THT

Сборка модулей такого типа осуществляется следующим образом: на поверхность платы наносится припойная паста, на которую устанавливают SMD-компоненты; затем паста оплавляется в печи, устанавливаются THT-компоненты, проводится пайка волной припоя, после чего осуществляют промывку и контроль собранного модуля.

Односторонний выводной монтаж

Технология сборки таких печатных плат (рисунок 2.5) является стандартным сборочно-монтажным циклом с применением пайки волной припоя. Этот цикл состоит из операций установки выводных компонентов, их пайки на установке пайки волной и контрольных операций. Установка компонентов может быть как ручной, так и полуавтоматической. Выбор оборудования определяется требуемой производительностью. Автоматизация такого типа монтажа является минимальной, а сама реализация – предельно простой.

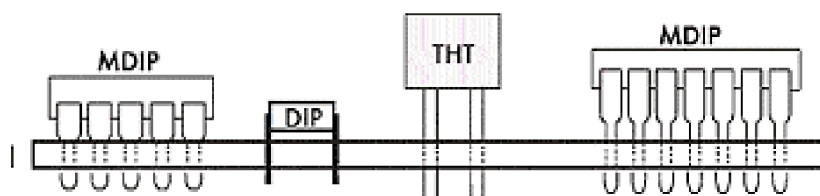


Рисунок 2.5 – Односторонний монтаж ТНТ

Стоит отметить, что в нашей стране последний вариант, как в чистом виде, так и вариант с установкой ТНТ компонентов на обеих сторонах печатной платы до недавнего времени являлся доминирующим способом сборки узлов РЭС. В настоящее время при сохранении позиций выводного монтажа происходит сдвиг в сторону поверхностного монтажа вследствие существенного удешевления процесса производства за счет автоматизации сборочных процессов. Конечно при этом увеличиваются капитальные затраты на оборудование, но это с лихвой окупается при серийном производстве РЭС.

В целом технологический процесс с использованием поверхностного монтажа можно отобразить в обобщенной структурной схеме, приведенной на рисунке 6.

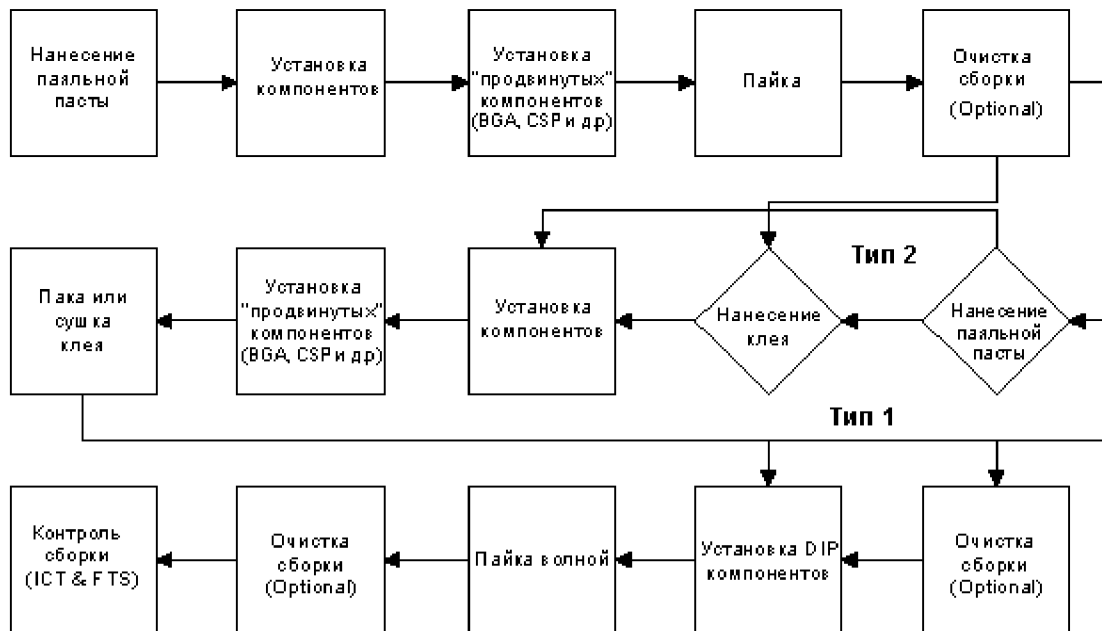


Рисунок 2.6 – обобщенная схема технологического процесса сборки РЭС с применением технологии поверхностного монтажа

2. НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Под нормированием (технологическим нормированием) понимается установление технически обоснованных норм расхода производственных ресурсов. Производственные ресурсы- рабочее время, энергия, сырье, материалы, инструмент и т.д.

Нормирование начинают с расчета штучного времени операций, которое определяется по формуле

$$t_{шт} = t_{оп} \left(1 + \frac{t_{пз} + t_{об} + t_{лн} + t_{отд}}{100} \right) K_1 K_2 \quad (1)$$

где $t_{оп}$ -величина оперативного времени, мин;

$t_{пз}$ -подготовительно-заключительная время, % от оперативного;

$t_{об}$ -время на организационно-техническое обслуживание рабочего места, % от оперативного;

-время на личные надобности, % от оперативного;

$t_{отд}$ -время на отдых, % от оперативного;

K_1 -коэффициент, учитывающий тип производства;

K_2 -коэффициент, учитывающий условия выполнения работы;

Значения $t_{оп}$, $t_{пз}$, $t_{об}$, $t_{лн}$, $t_{отд}$, K_1 , K_2 приведены в таблицах 1,2,3,4.

Таблица 1- Величина слагаемых штучного времени на операцию.

Вид затрат времени	Содержание работы	Величина затрачиваемого времени, % от оперативного, в зависимости от типа производства			
		Массовое	Крупно-серийное	Средне-серийное	Мелко-серийное
1	2	3	4	5	6
t_m	Получение и сдача работы, наряда, техн. документации, инструмента, материала, ознакомление с документацией и работой, получение инструктажа в начале работы, подготовка рабочего места	—	1,4	2,5	3,2

Таблица 1- Окончание

1	2	3	4	5	6
tobc	Подналадка, апробирование и поддержание в рабочем состоянии оборудования, инструмента и приспособлений, поддержание чистоты и порядка на рабочем месте в течение смены	1,6	1,9	3,0	4,3
tnn	Личные надобности	2,1	2,1	2,1	2,1
	Всего	3,7	5,4	7,6	9,6

Таблица 2-Величина нормы времени на отдых

Характеристика работы	Характеристика ка регламентированных перерывов	$t_{\text{омд}}$, % <i>OT</i> оперативного
Работы, связанные с незначительными физическими усилиями или незначительным нервным напряжением	Нечастые короткие перерывы: два перерыва по 5 мин в течение рабочего дня	3
Работы, связанные со средними физическими усилиями или средним нервным напряжением	Нечастые перерывы средней длительности: два перерыва по 10 мин	5
Работы в неблагоприятных условиях (монотонность труда, неудобное рабочее положение), не требующие физических усилий	Частые короткие перерывы: четыре перерыва по 5 мин	6
Работы с большим зрительным напряжением, при высоком темпе и в неблагоприятных условиях (загрязненность воздуха, вибрация, температура и тепловые излучения)	Частые короткие перерывы: по 3..5 мин, через каждый час работы	12
Работы, выполняемые в неблагоприятных условиях при высоком темпе и повышенном нервном напряжении	Очень частые короткие перерывы: по 4..5 мин через каждые полчаса работы	16

Таблица 3- Значения коэффициента K_1

Тип производства	Бытовая радиоэлектронная аппаратура	Спец. аппаратура- стационарная и бортовая наземная	Спец. аппаратура бортовая (кроме наземной)
Единичный	.	1,80	1,90
Мелкосерийный	.	1,50	1,80
Среднесерийный	1,00	1,20	1,50
Крупносерийный	0,75	.	.
Массовый	0,70	.	.

Таблица 4-Значения коэффициента К

Условия выполнения работы	Характеристика условий выполнения работы	Величина Кг
Свободно, удобно	Имеется возможность во время работы перемещаться всем телом, стоять или сидеть, а также отсутствуют препятствия, ограничивающие движения рук рабочего	1,0
Осторожно	Рабочему необходимо замедлять движения или сосредотачивать внимание на процесс выполнения сборочной операции	1,2
Стесненно, неудобно	Имеются препятствия (насыщенность сборочной единицы радиоэлементами, сложная конфигурация сборочной единицы), затрудняющие обозрение места, свободный доступ к рабочему месту и вызывающие необходимость низко нагибаться, резко поворачивать корпус, высоко поднимать руку, работать на коленях и т.п.	1,3
Очень стесненно, очень неудобно	Кроме препятствий, ограничивающих движение рук рабочего, имеются препятствия, затрудняющие обозрение места работы и создающие необходимость внимательно следить за равновесием тела, работать лежа, в тесноте	1,5

Общая трудоемкость изделия определяется по схеме технологического процесса суммированием штучного времени по операциям.

Оперативное время или его составные части берутся из нормативных справочников. В приложении А приведенные нормы времени на некоторые операции.

3. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

3.1. Определение себестоимости процесса изготовления продукции

Себестоимость продукции - денежное выражение затрат на ее производство. При экономическом анализе технологического процесса удобно рассматривать не всю себестоимость, а только технологическую.

Технологическая себестоимость представляет ту часть полной себестоимости, которая зависит от выбранного варианта ТП (включает отдельные расходы, существенно изменяющиеся с изменением ТП). Технологическая себестоимость единицы продукции (штучная себестоимость) обычно определяется по формуле

$$C = M + S + V + B/N, \quad (2)$$

где М - затраты на материалы и комплектующие;

S- заработная плата основных рабочих;

V - стоимость электроэнергии;

В - единовременные затраты;

N - годовая программа выпуска продукции.

Для сборочно-монтажных работ практически неизменную при любом варианте ТП статью расходов М исключают и подсчитывают так называемую штучную технологическую себестоимость процесса изготовления изделия, по формуле

$$C_m = S + V + B/N, \quad (3)$$

Единовременные затраты рассчитывают по формуле $V =$

$$a_1 K_1 + a_2 K_2 + a_3 K_3, \quad (4)$$

Где a_1, a_2, a_3 - коэффициенты амортизации для оборудования, производственных зданий (помещений) и оснастки соответственно (таблица 5)

K_1, K_2, K_3 - соответствующие суммарные стоимости оборудования производственных зданий (помещений), оснастки. Таблица 5.

Нормативные коэффициенты амортизационных отчислений а

Производственные фонды	а
Универсальные станки:	
- в массовом и крупносерийном производстве	0,141
- в серийном и единичном производстве	0,116
Специальные станки и автоматические линии:	
- в массовом и крупносерийном производстве	0,127
- в серийном и единичном производстве	0,103
- Компьютеры	0,12
Столы монтажные	0,20
Здания производственные	0,024
Оснастка технологическая	0.5. .1.0

После несложных преобразований выражения (3) получают формулу, наиболее часто применяемую для расчета технологической себестоимости процесса изготовления изделия

$$C = \sum_{i=1}^n (t_{mi} + S_{mi}) \quad (5)$$

где t_{mi} - штучное время (трудоемкость) i -ой операции, *мин*;

S_i - минутная заработная плата одного рабочего на i -ой операции, *руб/мин*;

S_{mi} - минутная стоимость работы единицы оборудования на i -ой операции, *руб/мин*.

$$S_{Mi} = S_{э} + S_{об} + S_{зэ} + S_{ос} \quad (6)$$

где $S_{э}$ - минутная стоимость потребляемой электроэнергии единицей оборудования, руб/мин;
 $S_{об}$, $S_{зэ}$, $S_{ос}$ - минутные стоимости амортизации оборудования, здания и оснастки, руб/мин.

$$S_{э} = \frac{W \alpha S'_э}{60} \quad (7)$$

$$S_{об} = \frac{\alpha_{об} K_{об}}{F} \quad (8)$$

$$S_{зэ} = \frac{\alpha_{зэ} f S'_{зэ}}{F} \quad (9)$$

$$S_{ос} = \frac{\alpha_{ос} K_{ос}}{F} \quad (10)$$

В формулах (7).. (10):

- W - установленная мощность электродвигателей на оборудовании i -ой операции, $кВт$;
- α - коэффициент нагрузки электродвигателей; $\alpha = 0,3.. 0,7$;
- $S'_э$ - стоимость 1 $кВт$ - час электроэнергии;
- $K_{об}$ - стоимость единицы оборудования, руб;
- f - производственная площадь, занимаемая единицей оборудования и рабочим местом;
- $S'_{зэ}$ - стоимость 1 м производственной площади;
- $K_{ос}$ - стоимость одного комплекта оснастки, руб.

3.2 Критическое значение программы выпуска

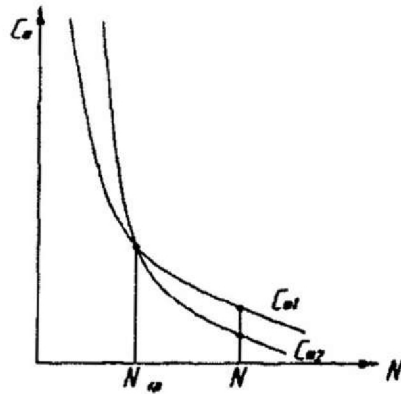


Рисунок 1 - Зависимость себестоимости от программы выпуска

Под *критическим значением программы выпуска* понимается программа N^{\wedge} при которой себестоимости сравниваемых вариантов ТП равны (рисунок 1), то есть $C_{ш1} = C_{ш2}$. В соответствии с (3) получим:

$$S_1 + V_1 + \frac{B_1}{N} = S_2 + V_2 + \frac{B_2}{N}, \text{ отсюда следует:}$$

$$N_{кр} = \frac{B_1 - B_2}{(S_1 - S_2) + (V_1 - V_2)} \quad (11)$$

Чем дальше от N^{\wedge} заданная программа выпуска N , тем надежней произведенный выбор варианта ТП по минимуму себестоимости; вблизи $N_{кр}$ требуется более тщательное обоснование выбираемого варианта ТП.

3.3 Срок окупаемости единовременных затрат и коэффициент экономической эффективности

Срок окупаемости дополнительных единовременных затрат по более технически оснащенному (второму) варианту равен:

$$T' = \frac{K_2 - \varphi K_1}{C_{ш1} N_1 \varphi - C_{ш2} N_2} \leq T$$

Здесь T - расчетное, T - нормативное значения срока окупаемости; ($\varphi = N_2 - N_1$ - коэффициент изменения (обычно роста) выпуска продукции по второму варианту по сравнению с первым.

Коэффициент экономической эффективности:

- расчетное значение $E' = 1/T'$;

- нормативное значение $E = 1/T$;

$$(13)$$

При разработке новых прогрессивных вариантов ТП должно выполняться требование $E' > E$.

Нормативные значения:

$E = 0,15 \text{ 1/год}$; $T \sim 6,6 \text{ год}$ - для обычного оборудования; $E = 0,30 \text{ 1/год}$; $T \sim 3,3 \text{ год}$ - для морально быстро устаревающего оборудования.

3.4 Производительность труда

Производительность общественного труда (эффективность труда) Π измеряется количеством продукции, произведенной за некоторое время, к общим трудовым затратам (или к их денежному эквиваленту). За время для расчета производительности общественного труда принимают нормативный срок окупаемости $T=1/E$. Тогда

$$\Pi = 1 / \left(\frac{T_n E}{N} + T_{\text{ж}} + T_v \right) \quad (14)$$

Где T_n - единовременные затраты на приобретение оборудования, производственной площади, оснастки, руб;

E - нормативный коэффициент экономической эффективности;

$E=0,15$ 1/год;

$T_{\text{ж}}$ - зарплата основных рабочих в расчете на одно изделие, руб/шт;

T_v - стоимость электроэнергии в расчете на одно изделие, руб/шт;

N - годовая программа выпуска продукции, шт/год.

Получается размерность $[\Pi] = \text{шт/руб}$.

Если требуется получить размерность производительности общественного труда Π^* в [шт/час], то

$$\Pi = \Pi S' [\text{шт/час}], \quad (15)$$

где S' - часовая ставка работающих (некоторое усредненное значение).

Если в (14) и (15) считать $T_n = 0$ и $T_v = 0$, то получим так называемую **производительность живого труда**

$$\Pi_{\text{ж}} = 1/T_{\text{ж}} \quad (16)$$

Всегда $\Pi_{\text{ж}} > \Pi$, $\Pi_{\text{ж}}$ характеризует производительность "работающих за станком" и не учитывает скрытые издержки производства, затраты прошлого труда. Известно, что с ростом уровня автоматизации количество людей, Обслуживающих технологические машины, уменьшается (уменьшается $T_{\text{ж}}$, а количество, создающих их, увеличивается (растут T_n и T_v).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
Взять, переместить, положить элементы, узлы, инструмент массой, кг до 0,1 до 0,5 до 2 до 6	0,17 0,29 0,35 0,68	
Взять винт, установить в отверстие, ввернуть рукой, завернуть отверткой на глубину до 10 мм в отверстие диаметром М2-М6 М3 М4 М6	0,27 0,26 0,23 0,25	При глубине свертывания свыше 10 мм и частичной механизации скорректировать время согласно формуле $T_{\Sigma} = [(n - i) \cdot 0.08 + T] \cdot k$ где n - глубина свертывания, кратная 10 мм; $k = 1,0$ - при ручном свертывании; $k = 0,6$ при частичной механизации.
Взять гайку, навернуть от руки, окончательно завернуть с помощью двух ключей или ключа и отвертки на глубину до 10 мм на болт диаметром М2-М2,6 М3-М4 М5 М6	0,33 0,3 0,33 0,36	При глубине навертывания свыше 10 мм скорректировать время согласно формуле где $T_{\Sigma} = [(n - 1) \cdot 0.16] \cdot k$ n -глубина навертывания, кратная 10 мм; $k = 1,0$ - при ручном навертывании; $k = 0,6$ при частичной механизации.
Вывертывание винтов, отвертывание гаек	-	Берут из приведенных норм, умножив полученную величину на 0,7
Взять заклепку диаметром мм, установить, расклепать	0,21	При большом диаметре заклепки скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0.21 + (n - 1) \cdot 0.03$ где n - число, кратное диаметру заклепки. При диаметре 1 мм $n = 1$. При расклепывании на прессе операционное время 0,15

ПРИЛОЖЕНИЕ А (Продолжение)

Характер работ	Оперативное время T , <i>мин</i>	Примечание
Взять узел, установить, закрепить винтом	0,15	При числе винтов более 1 скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,15 + (n-1) \cdot 0,12$ где n - число винтов
Включить или выключить устройство	0,02	
Закрепить шасси, корпус, основание в поворотное приспособление	0,23	
Загнуть и обжечь лапки или усики деталей	0,12	При числе лапок или усиков более 1 время определить по формуле $T_{\Sigma} = 0,12 + (n-1) \cdot 0,06$ где n - число лапок или усиков
Закрасить винт или гайку	0,06	При большом числе винтов или гаек время определить по формуле $T_{\Sigma} = 0,06 + (n-1) \cdot 0,04$ где n - число гаек или винтов
Зачистить место пайки площадью 1 см^2 шабером	0,03	При большой площади зачистки время пропорционально увеличить
Закрасить паяное, сварное соединение	0,05	При числе точек пайки более 1 скорректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,05 + (n-1) \cdot 0,03$ где n - число точек пайки или сварки
Загрузить или выгрузить из печи изделие (габариты 20 x 20x20)	0,08	При больших габаритах изделия с корректировать время по формуле $T_{\Sigma} = 0,08 + (n-1) \cdot 0,07$ где n - число, кратное большему размеру. При размере 20 мм $n=1$

ПРИЛОЖЕНИЕ А (Продолжение)

Характер работ	Оперативное время T , мин	Примечание
Закрепить элемент на лепестке или своим крепежом к основанию (2 вывода)	0,15	
Зачистить вывод элемента	0,08	
Лудить выводы ЭРЭ в тигле: один вывод два вывода и более одновременно	0,05 0,06	
Продеть провод через отверстие на плате	0,05	
Паять на печатной плате одну точку паяльником	0,16	
Промыть, протереть, рихтовать элементы после пайки печатных плат вручную (на 1 элемент)	0,08	
Произвести раскладку провода на шаблоне, длина провода 50 мм без изгибов	0,06	В случае длинного провода и при наличии изгибов скорректировать время по формуле $T_{\Sigma}=0,06+(n-1) \cdot 0,01 + 0,07$ где n - число, кратное длине провода. При длине провода 50 мм $n=1$. Σ - число изгибов.
Связать жгут диаметром до 10 мм (на одну вязку)	0,12	Для более толстых жгутов время скорректировать по формуле: $T_{\Sigma}=0,12+(n-1) \cdot 0,04$ где n - число, кратное диаметру жгута. При диаметре 10 мм $n=1$
Снять жгут с шаблона, расправить концы	0,5	
Установить в отверстие резиновую втулку	0,1	
Установить винт, шпильку, пистон, простую шайбу, лепесток, втулку, пружинную шайбу	0,05	

ПРИЛОЖЕНИЕ А (окончание)

Характер работ	Оперативное время Т, мин	Примечание
Флюсовать место пайки по периметру длиной до 50 мм при ширине 4-5 мм	0,12	При большей длине периметра флюсования $T_{\Sigma}=0,12+(n-1)\cdot 0,06$ где n-число, кратное длине периметра флюсования. При длине периметра 50 мм n= 1
Флюсовать одну точку пайки	0,03	При большем числе точек флюсования $T_{\Sigma}=0,03+(n-1)\cdot 0,02$ Где «-число точек флюсования
Формовать выводы вручную (1 вывод): ленточные круглые	0,12 0,1	
Формовать выводы приспособлением (на элемент)	0,3	
Обезжирить поверхность протиркой тампоном (до 100 см ²)	0,12	При большей площади обезжиривания время пропорционально увеличить
Обезжирить поверхность детали, узла окунанием (на одну деталь, узел)	0,1	При большем числе узлов или деталей $T_{\Sigma}=0,1+(n-1)\cdot 0,0018$ где n-число деталей или узлов
Надеть трубку на провод длиной 10мм	0,08	При большей длине трубки определить время по формуле $T_{\Sigma}=0,08+(n-1)\cdot 0,02$ Где n-число, кратное длине трубки. При длине 10 мм n=1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ТАРИФНЫЕ СТАВКИ, руб/час (для
нормальных условий труда)

Категория рабочих	Разряды					
	1	2	3	4	5	6
	Тарифные коэффициенты					
	1,00	1,09	1,20	1,35	1,54	1,79
Повременщики	40	44	48	54	62	72
Сдельщики	42	46	50	58	66	76

- Примечания:
1. Для работ с тяжелыми и вредными условиями труда табличное значение тарифной ставки увеличивается на 12,5%
 2. Для работ с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда табличное значение тарифной ставки увеличивается на 20,4%

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПЕРЕЧЕНЬ РАБОЧИХ ПРОФЕССИЙ СБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Наименование профессии	Диапазон разрядов
Вязальщик схемных жгутов	1..5
Градуировщик РЭС	2..5
Контролер РЭС и аппаратуры проводной связи	2..6
Монтажник аппаратуры проводной связи	1..6
Монтажник РЭС и приборов	1..6
Намотчик катушек	1..4
Подгонщик катушек	1..3
Регулировщик аппаратуры проводной связи	2..6
Регулировщик РЭС	2..6
Слесарь-механик по РЭС	2..6
Слесарь-сборщик РЭС	1..6

Выбор разряда производится исходя из характера работы.

Примеры работ и соответствующих разрядов:

1) Монтажник аппаратуры проводной связи- 1-й разряд

Характер работы: разделка и подключение концов проводов и кабелей к наконечникам, ШР, ПК, штекерам. Накладка бандажей. Прокладка экранированных кабелей с разделкой и распайкой концов по простым монтажным схемам.

2) Монтажник РЭС и приборов- 3-й разряд (вредный)

Характер работы: монтаж ЭРЭ, установка жгутов на ПП, изготовление перемычек.

3) Слесарь сборщик РЭС- 4-й разряд

Приложение Г
СБОРОЧНО-МОНТАЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Принятые обозначения: Q-производительность; W-потребляемая мощность; габариты - длина x ширина (глубина) x высота; для настольного оборудования габариты не указаны; цены ориентировочные по состоянию на конец 2007г.

1. Оборудование для нанесения паяльной пасты или клея

- o Пневмодозатор припойной пасты
 - $Q=100$ точек/мин
 - Время импульса, регулируемое в пределах от 0,5 до 11 сек
 - Цена 13000 руб
- o Автомат для нанесения паяльной пасты или клея дозированием
 - $Q=25000$ доз/час
 - $W=200$ Вт
 - Максимальные габариты печатных плат 320 x 420 мм
 - Цена 40000 руб
- o Автомат для нанесения паяльной пасты трафаретной печатью
 - Максимальные габариты печатных плат 350x350 мм
 - $W=100$ Вт
 - Скорость движения ракеля 10... 150 мм/с
 - Вертикальное отделение трафарета
 - Регулировка давления ракеля от 0 до 160 Н
 - Цена 50000 руб
- o Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на печатные платы «S.M.D.-Трасса-43021»
 - Максимальные габариты печатных плат 100 x 200 мм
 - Цена 24900 руб
- o Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на печатные платы «S.M.D.-Трасса-43022»
 - Максимальные габариты печатных плат 150 x 250 мм
 - Цена 27100 руб
- o Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на печатные платы «S.M.D.-Трасса-43023»
 - Максимальные габариты печатных плат 200 x 350 мм
 - Цена 29700 руб
- o Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на печатные платы «S.M.D.-Трасса-43024»
 - Максимальные габариты печатных плат 300 x 400 мм
 - Цена 31600 руб
- o Устройство трафаретной печати для нанесения паяльной пасты на печатные платы «S.M.D.-Трасса-43025» (со сменными рамками)
 - Максимальные габариты печатных плат 200 x 300 мм
 - Цена 30700 руб

2. Оборудование для подготовки и монтажа ЭРЭ на ПП

o Комплект оборудования «ПЛАНАР»

Для автоматизированной сборки узлов на печатных платах с ИС в корпусах 401.14-3.4. Включает 5 единиц оборудования. Возможна поставка оборудования в разукomплектованном виде.

1. Автомат распаковки ИС из тары-спутника ГГ-2628-01

- $Q=1200$ шт/ч
- Количество ИС в кассете 50 шт
- Количество кассет в накопителе 18
- $W=0,5$ кВт
- Давление сжатого воздуха $P=2...4$ кг/см²
- Габариты 990 x 490 x 1460 мм

- Масса 300 кг
 - Цена 60000 руб
2. Автомат формовки выводов ИС ГГ-2629-01
 - Q= 1200 шт/ч
 - Количество ИС в кассете 50 шт
 - Количество кассет в накопителе 18
 - W=0,5 кВт
 - Давление сжатого воздуха P=2... 4 кг/см²
 - Габариты 920 x 530 x 1420 мм
 - Масса 420 кг
 - Цена 120000 руб
 3. Автомат лужения выводов ИС ГГ-2630-01
 - Q=900 шт/ч
 - Вместимость ванн флюсования и лужения 300 см²
 - W=0,6 кВт
 - Габариты 1200 x 490 x 1400 мм
 - Масса 230 кг
 - Цена 110000 руб
 4. Автомат напрессовки припоя на выводы ИС ГГ-2631-01
 - Q= 1200 шт/ч
 - Количество ИС в кассете 50 шт
 - Количество кассет в накопителе 18
 - W=0,5 кВт
 - Габариты 900 x 400 x 1500 мм
 - Масса 200 кг
 - Цена 140000 руб
 5. Полуавтомат укладки и пайки ИС ГГ-2633-01
 - Q=360 шт/ч
 - Количество ИС в кассете 50 шт
 - Количество кассет в накопителе 30
 - W=0,6 кВт
 - Габариты 1300 x 850 x 1240 мм
 - Масса 270 кг
 - Цена 320000 руб

оКомплект оборудования «АТЛАС-ДВ»

Для автоматизированной подготовки и установки длинновыводных ЭРЭ. Включает 6 единиц оборудования. Возможна поставка оборудования в разукomплектованном виде.

1. Автомат подготовки полярных ЭРЭ с клейкой в липкую ленту АРСМ 3790
 - Q=4500 шт/ч
 - Тип элементов Д9... Д20
 - Шаг клейки 5... 10 мм
 - Ширина ленты 6 мм
 - Расстояние между лентами 45... 75 мм
 - W=0,5 кВт
 - Габариты 800 x 800 x 1500 мм

- Масса 250 кг
 - Цена 92000 руб
2. Автомат подготовки неполярных ЭРЭ с цилиндрической формой корпуса и клейки в липкую ленту АРСМ 3790.007-01
 - Q= 1000 шт/ч
 - Тип элементов- конденсаторы
 - Шаг клейки 5... 10 мм
 - Ширина ленты 6 мм
 - Расстояние между лентами 45... 75 мм
 - W=0,6 кВт
 - Габариты 800 x 1000 x 1500 мм
 - Масса 300 кг
 - Цена 72000 руб
 3. Автомат переклейки ЭРЭ по заданной программе ГГМ 1.149.002-01
 - Q=1200 шт/ч
 - Диаметр корпуса ЭРЭ 2... 8 мм
 - Длина корпуса 6... 22 мм
 - Шаг клейки 5... 10 мм
 - Ширина ленты 6 мм
 - Расстояние между лентами 45... 75 мм
 - Количество бабин с лентами 20
 - W=1,5 кВт
 - Габариты 500 x 1000 x 1840 мм
 - Масса 1200 кг
 - Цена 320000 руб
 4. Автомат с программным управлением для укладки ЭРЭ с перестройкой установочного размера ГГМ 1.149.002-01
 - Продолжительность цикла укладки 0,6 сек
 - Размеры ПП не более 320 x 320 x 3 мм
 - Программное изменение установочного размера от 10 до 22,5мм
 - Переориентация ЭРЭ за счет поворота платформы на углы, кратные 90°
 - W=1,5 кВт
 - Габариты автомата 1600 x 1040 x 1680 мм
 - Габариты стойки управления 590 x 630 x 1475 мм
 - Масса автомата 500 кг
 - Масса стойки управления 160 кг
 - Цена 200000 руб
 5. Линия пайки механизированная АМ-13 66
 - Скорость движения транспортера от 0,5 до 3 м/мин
 - Ширина паяемых узлов не более 300 мм
 - Диапазон регулируемых температур 150... 300°С
 - Время разогрева припоя до 250°С- 1 час
 - Масса припоя 180 кг
 - W=12 кВт
 - Габариты 1100 x 320 x 670 мм
 - Масса без припоя 300 кг
 - Цена 220000 руб

6. Линия механизированной отмычки узлов РЭА

- $Q=20$ м²/ч
- Размеры обрабатываемых узлов не более 450 x 450 x 40 мм
- Скорость движения транспортера от 0,5 до 2,7 м/мин
- Расход:
 - воды холодной 1,25 м³/ч
 - воды горячей 1,25 м³/ч
 - сжатого воздуха 60 м³/ч (давление 3,43 кг/см²)
- Температура в воздушной камере сушки 60°C
- $W=39$ кВт
- Габариты линии 6600 x 1350 x 1320 мм
- Габариты стойки управления 800 x 670 x 1650 мм
- Масса общая 1690 кг
- Цена 260000 руб

оКонвейер сборочный ГЗ-тележный

Для сборки блоков на 24 рабочих места.

- Цена 288000 руб

оАвтомат установки ЭРЭ в корпусах DIP

Установка ЭРЭ, обрезка и подгибка выводов. Питатели магазинные.

- $Q=4500$ шт/час
- $W=0,5$ кВт
- Максимальное число видов компонентов 80
- Максимальные габаритные размеры печатных плат 350 x 350 мм
- Габариты 1670x 1500 x 1925 мм
- Цена 600000 руб

оАвтомат установки ЭРЭ поверхностного монтажа

- Размеры ЭРЭ от 0,3 x 0,5 мм до 54 x 54 мм и шагом выводов до 0,3 мм; разъемы длиной до 100 мм
- Q до 6500 шт/час (простые ЭРЭ) до 2800 шт/час (сложные ЭРЭ)
- Количество питателей 96
- Габариты 890 x 980 x 1350 мм (без питателей и управления)
- $W=250$ Вт
- Питатели: ленточные, кассетные, из россыпи (чип-резисторы и конденсаторы)
- Цена 2500000 руб

оАвтомат установки ЭРЭ с осевыми выводами

Формовка выводов, установка ЭРЭ, обрезка и подгибка выводов.

- Питатель- липкая лента
- $Q=12000$ шт
- $W=0,5$ кВт
- Габариты 1500 x 900 x 1680 мм
- Максимальные габаритные размеры печатных плат 390 x 390 мм
- Цена 220000 руб

оАвтомат установки ЭРЭ с радиальными выводами

Формовка выводов, установка ЭРЭ, обрезка и подгибка выводов.

- Питатели- ленточные
- Максимальное число видов компонентов 50
- $Q=6000$ шт

- W-0,5 кВт
- Габариты 1500 x 900 x 1680 мм
- Цена 280000 руб

оУстановка автоматического монтажа ЭВ-8317-2М (Белоруссия)

Предназначена для автоматического монтажа на поверхность печатной платы широкого диапазона поверхностно-монтируемых элементов из ленты шириной 8,12 и 16мм, а также нанесения заданной дозы клея (пасты) при замене монтажной головки на головку дозатора клея.

- Наибольший ход монтажной головки 400 x 360 мм
- Размер рабочего поля ПП(при установке питателей) 400 x 280мм
- Погрешность установки радиоэлементов $\pm 0,15$ мм
- Q=2000 эл/час
- Угол разворота радиоэлемента 0-315° с дискр. 45°
- Типы корпусов устанавливаемых радиоэлементов 0603, 0805, 1206, SOT23, SOT143, SOD110, SOD323, SOD123
- Количество устанавливаемых питателей 40 шт
- Конструктивное исполнение- напольное
- Габариты 890 x 980 x 1350 мм
- Масса 120 кг
- Электропитание 220 В, 50 Гц
- Пневмопитание 5 кг/см²; 1,5 м³/час
- W=250 Вт
- Цена 340000 руб

оУниверсальный автомат установки компонентов поверхностного монтажа JUKI KE-2060 (Япония)

Одна головка с лазерным центрированием и пятью захватами.

Видеоцентрирование для микросхем с мелким шагом.

- Q=12500 комп/час
- W=0,35 кВт
- Установка компонентов от 0,1 x 0,5 до 74 x 74 мм с шагом выводов до 0,2 мм
- Максимальное количество питателей 80 x 8 мм
- Точность позиционирования ± 50 мкм при лазерном центрировании; ± 30 мкм при видеоцентрировании
- Габариты 1200 x 1070 x 1800 мм
- Цена 3400000 руб

оУстройство с пантографом для установки ЭРЭ в корпусах DIP

Установка ЭРЭ, обрезка и подгибка выводов. Позиционирование печатной платы относительно сборочной головки ручное. Питатели магазинные.

- Q=1600 шт/час
- Цена 90000 руб

оУстройство с пантографом для установки ЭРЭ с осевыми выводами Установка ЭРЭ, обрезка и подгибка выводов. Позиционирование печатной платы относительно сборочной головки ручное. Питатель- липкая лента.

- Q=2000 шт/час
 - Цена 80000 руб
- Стол радиомонтажа

Светильник на кронштейнах, вентпатрубок, антистатическое покрытие столешницы с металлической окантовкой.

- Габариты 1300 x 680 x 740 мм
- Общая высота со светильником 1800 мм
- Цена 14000 руб
- Блоки питания к столу:
 - БП-1 (6В, 36В, 42В) -4480руб
 - БП-2 с измерителем температуры (6В, 20-40В) -7840руб
 - БП-3 (300 Вт) с управлением (3 канала) температуры и ее

измерением -12650руб

- Стол комплектовочный
- Габариты 1240 x 600 x 700 мм
 - Цена 6000 руб

ОСНАСТКА

Оснастка для ручной установки поверхностно монтируемых элементов на ПП, включая вакуумный пинцет с насосом

- Q=500 комп/час (средняя)
- Максимальные габариты ГШ 240 x 250 мм
- Цена 11380 руб

Пинцет вакуумный для установки ПМ ИЭТ «S.M.D.-ТРАССА-4301»

Предназначен для захвата и установки поверхностно-монтируемых элементов на ПЛ.

- Напряжение питания 220±10% В, 50 Гц
- Время непрерывной работы 8 часов
- Производительность 600-1200 эл/час
- Цена 1540 руб

Тележка технологическая для монтажа ПМ ИЭТ «S.M.D.-ТРАССА- 4307»

Предназначена для создания упора руки монтажника при установке ПМ ИЭТ с помощью вакуумного пинцета.

- Два типоразмера:
 - «S.M.D.-ТРАССА- 43071» 200 x 200мм
 - «S.M.D.-ТРАССА- 43072» 250 x 300 мм

- Цена 320 руб

Технологическая тара для размещения ПМ ИЭТ на рабочем месте монтажника «S.M.D.-ТРАССА- 43055» и «S.M.D.-ТРАССА- 43056»

«S.M.D.-ТРАССА- 43055»- технологическая тара для размещения отрезков блистерной ленты с ПМ ИЭТ на рабочем месте монтажника.

«S.M.D.-ТРАССА- 43056»- технологическая тара для размещения ПМ ИЭТ в россыпи на рабочем месте монтажника.

- Цена 320 руб

3. Термооборудование

Печь настольная «Радуга-10» с постоянной конвекцией

- W=1 кВт
- Максимальные габариты изделий 350 x 250 мм
- Q=160 дм²/час

- Цена 58300 руб

о Печь настольная «Радуга-7» для пайки BGA- компонентов

- W=1 кВт
- Максимальные габариты изделий 250x250 мм
- Q=120 дм²/час
- Цена 66300 руб

о Печь настольная «Радуга-11» с постоянной конвекцией

- W= 1,8 кВт
- Максимальные габариты изделий 350 x 450 мм
- Q=320 дм²/час
- Цена 71500 руб

о Печь конвейерная «Радуга-3» с постоянной конвекцией

- W=3 кВт
- Максимальная ширина ПП 400 мм
- Q=900 дм²/час
- Габариты 2400 x 770 x 500 мм
- Цена 224000 руб

о Печь конвейерная 6ти зонная «Радуга-12» Шесть управляемых зон нагрева.

- W=4,5 кВт
- Максимальная ширина ПП 600 мм
- Q=1800 дм²/час
- Габариты 2600 x 900 x 600 мм
- Цена 369600 руб

о Печь конвейерная 3х зонная «Радуга-20»

- Ширина конвейера 400 мм
- Габариты 1600 x 770 x 450 мм
- Длина нагревательной камеры 700 мм
- Q=2,5 кВт (средняя), Q=8,4 кВт (максимальная)
- Регулировка скорости от 0,015 до 2 м/мин
- Равномерность нагрева платы шириной 350 мм - $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в направлении, перпендикулярном движению платы
- Возможность использования 4х типов конвейера (цепной с транспортными рамками, ленточный, сетчатый, струнный)
- Возможность использования для пайки бессвинцовыми пастами
- Цена 150700 руб

о Печь конвейерная 3х зонная «Радуга-20С»

- Ширина конвейера 400 мм
- Габариты 1600 x 770 x 450 мм
- Длина нагревательной камеры 700 мм
- Q=2,5 кВт (средняя), Q=8,4 кВт (максимальная)
- Регулировка скорости от 0,015 до 2 м/мин
- Равномерность нагрева платы шириной 350 мм - $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в направлении, перпендикулярном движению платы
- Возможность использования 4х типов конвейера (цепной с транспортными рамками, ленточный, сетчатый, струнный)
- Возможность использования для пайки бессвинцовыми пастами
- Цена 161700 руб

oПечь конвейерная 5ти зонная «Радуга-21»

Имеет цепной конвейер с транспортными рамками.

- Ширина конвейера 400 мм
- Габариты 2000 x 770 x 450 мм
- Длина нагревательной камеры 1100 мм
- Q=2,5 кВт (средняя), Q=14 кВт (максимальная)
- Регулировка скорости от 0,015 до 2 м/мин
- Равномерность нагрева платы шириной 350 мм - $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в направлении, перпендикулярном движению платы
- Возможность использования 4х типов конвейера (цепной с транспортными рамками, ленточный, сетчатый, струнный)
- Возможность использования для пайки бессвинцовыми пастами
 - Цена 188100 руб

oПечьконвейерная 5ти зонная «Радуга-21С» Имеет сетчатый конвейер.

- Ширина конвейера 400 мм
- Габариты 2000 x 750 x 450 мм
- Длина нагревательной камеры 1200 мм
- Q=3,5 кВт (средняя), Q=14 кВт (максимальная)
- Регулировка скорости от 0,015 до 2 м/мин
- Равномерность нагрева платы шириной 350 мм - $\pm 2^{\circ}\text{C}$ в направлении, перпендикулярном движению платы
- Возможность использования 4х типов конвейера (цепной с транспортными рамками, ленточный, сетчатый, струнный)
- Возможность использования для пайки бессвинцовыми пастами
- Цена 201300 руб

oПечьконвейерная «Радуга-15» для высокотемпературной пайки и термообработки

- Максимальная температура обработки 1200 $^{\circ}\text{C}$
- Ширина конвейера 260 мм
- Q=3 кВт (средняя)
- Цена 600000 руб

oУстановка инфракрасно-конвекционной пайки печатных узлов «S.M.D.-ТРАССА-5610»

Установка предназначена для пайки печатных узлов, выполненных по технологии монтажа на поверхность. Установка имеет пять зон нагрева. В зонах предварительного нагрева, нагрев двухсторонний с возможностью отключения нижних нагревателей. Также установка снабжена микропроцессорной системой управления, позволяющей поддерживать заданные режимы пайки, сохранять в памяти до 10 температурных профилей. Имеется возможность подключения внешнего термометра для измерения температуры на поверхности паяемого изделия, и подключения компьютера для отображения температурных профилей на мониторе. Установка снабжена конвейером из стальных пружинных тросиков с регулируемой скоростью движения. Значения всех параметров отображаются на жидкокристаллическом индикаторе. Предусмотрена возможность подключения вытяжной вентиляции.

- Температура в зоне предварительного нагрева 100-220 $^{\circ}\text{C}$

- Температура в зоне оплавления 100-300°C
- Время достижения раб. температуры не более 20 мин
- Ширина конвейера 250 мм
- Скорость движения конвейера 50-250 мм/мин
- Напряжение питания 220 В, 50 Гц
- $W=1,5$ кВт
- Габариты 1630 x 465 x 180 мм
- Масса не более 40 кг
- Цена 150000 рубоТермошкаф
- Температура в камере 5 0-200°C
- Размеры сушильной камеры 1600 x 650 x 1800 мм
- Габариты 2000 x 800 x 2700 мм
- $W=10$ кВт
- Цена 120000 руб

оУстановка пайки волной припой «S.M.D.-Трасса-5202»

Волна одинарная или двойная. Установка включает модуль флюсования (способом вспенивания) и модуль предварительного подогрева.

- Скорость конвейера 0,5.. .3 м/мин
- $W=12$ кВт
- Максимальная ширина ПП 400 мм
- Габариты 2520 x 860 x 750 мм
- Цена 220000 руб

4. Контрольное оборудование

оСистема визуального контроля

Контроль качества пайки ЭРЭ поверхностного монтажа путем выведения на экран монитора увеличенных до 50 раз изображений участков печатного модуля с указанием координат расположения участков на плате.

- Цена 30000 руб

оСистема внутрисхемного тестирования

Для выявления на смонтированной плате дефектных ЭРЭ, а также коротких замыканий и обрывов электрических цепей.

- Цена 25000 рубоУстановка визуального контроля

Контроль правильности установки ЭРЭ сквозного монтажа на печатную плату. Основан на сравнении изображений собранной и эталонной плат.

- $Q=400$ шт/час

- Цена 120000 руб

5Прочее оборудование и оснастка

оТехнологическая тара «S.M.D.-Трасса-43052»

Предназначена для межоперационной транспортировки и хранения печатных плат и печатных узлов. Тара изготовлена из тонкой листовой стали и имеет разную окраску, что удобно при многономенклатурном производстве.

- Размер ПП от 50 x 50 до 250 x 260 мм

- Шаг направляющих для загрузки ПП 10 мм
- Количество загружаемых ПП 37 шт
- Габариты тары 280 x 250 x 440 мм
- Масса 4,3 кг
- Цена 1250 руб

о Ножницы дисковые

- Скорость резания 2,0... 13,5 м/мин
- Точность отреза 1,0 мм
- Толщина разрезаемого материала 0,1... 1 мм
- W=1,8 кВт
- Габариты 1200 x 900 x 150 мм
- Цена 20000 руб

о Станок копировально-фрезерный с пантографом

Для фрезерования по шаблону. Оборудован устройством для отсоса стружки.

- Скорость резания 100.. .450 м/мин
- W=0,5 кВт
- Подача 0,005.. .0,06 мм/зуб
- Цена 60000 рубоУстановкавлагозащиты

Лакировка печатных модулей способом погружения в ванну с материалом покрытия. Скорости погружения и извлечения печатного модуля регулируются.

- Габариты ванны 600 x 175 x 400 мм
- Цена 40000 рубоУстановка обезжиривания

Обезжиривание печатных узлов перед лакировкой. Установка включает модуль обработки обезжиривающим раствором, модули ополаскивания горячей, холодной проточной водой и деионизированной водой, модуль сушки.

- Максимальные габариты узлов 350 x 350 x 70 мм
- Q=60 шт/час
- W-400 Вт
- Цена 50000 руб

оЦентрифуга

Используется в процессе лакировки печатных модулей, осуществляемом по следующей схеме: установка нескольких ПМ в центрифугу в горизонтальном положении, нанесение доз лака на верхние стороны ПМ, центрифугирование, переворачивание ПМ и нанесение доз лака на другие стороны ПМ, центрифугирование, извлечение ПМ из центрифуги и размещение их в держателе. Обеспечивается высокая равномерность толщины слоя лака.

- Диаметр вращающегося диска 1,2 м
- Скорость вращения до 700 об/мин
- При нанесении одного слоя лака Q=110 шт/час
- Габариты 1400 x 1200 мм

Цена 60000 руб

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Книги

1. Методическое пособие для выполнения курсовых проектов и работ: Учебное пособие для вузов радиотехнических специальностей/ Под ред. ЮМ Солдака М: Высш. шк., 1988. - 200 с.
2. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. М: Техносфера, 2007.- 256с.
3. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. - М.: Радио и связь, 1989.-624 с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. - М.:Форум: Инфра - М. 2005
5. Автоматизированное производство РЭА. - Учебное пособие / Под ред. Б.Н.Березкова. - Куйбышев, издательство КуАИ. -1989