

Задание на КП

Введение

- 1 Формирование требований на проектирование технологической системы сборки и монтажа конструкции устройства
- 2 Конструктивно-технологический анализ изделия – объекта сборки
- 3 Составление комплектации сборки изделия и разработка схемы сборочного состава
- 4 Разработка технологической схемы сборки и маршрутного ТП сборки.
- 5 Разработка заготовительных и подготовительных технологических операций, выбор (проектирование) оснастки.
- 6 Выбор и обоснование видов соединений
- 7 Разработка сборочных (сборочно-монтажных) операций (выбор оборудования, проектирование оснастки и инструмента, формирование рабочих параметров и параметров управления, разработка алгоритма функционирования (управления), разработка модели и моделирование и др.).
- 8 Разработка заключительных операций.
- 9 Разработка контрольных операций в ТП сборки (определение: количества операций контроля; размещения контрольных операций в ТП сборки; контролируемых параметров и др.) выбор контрольного оборудования.
- 10 Оценка уровня технологичности конструкции изделия.
- 11 Разработка структуры и модели ТС сборки
- 12 Разработка ТУ на эксплуатацию изделия
- 13 Разработка вопросов экономики и организации производства
- 14 Разработка вопросов безопасности выполнения операций и соблюдения требований экологии

Целью данного курсового проекта (КП) является формирование практических навыков технологического проектирования системы и процесса сборки электронных узлов и приборов. Проект выполняется по программе дисциплины «Технология сборки и монтажа», предусмотренной учебными планами направлений 11.03.03 и 12.03.01.

Выполнение данного КП проведено на основе требований к содержанию задач проектирования, в соответствии с компетенциями, приобретение которых предусмотрено образовательной программой направления подготовки.

Заданием на КП предусмотрено выполнение разработки технологического процесса (ТП) сборки и монтажа изделия от заготовительных и подготовительных операций до заключительных контрольно-испытательных и решение организационно-технологических задач технологического проектирования производственной системы сборки, включая планировку участка.

При разработке технологической системы сборки используется системный анализ с обоснованием принимаемых решений и выполнением комплексного конструкторско-технологического (КТП) синтеза. В процессе КТП предусматривается обеспечение освоения компетенций, в состав которых входят следующие основные знания, умения и навыки:

- использование системного подхода к проектированию;
- приобретение навыков конструкторского анализа, использования эвристических приемов и развитие интуиции проектировщика;
- расширение опыта работы с конструкторскими и технологическими базами данных;
- приобретение навыков по принципам выбора элементной базы при конструировании прибора (по уровню интеграции функций, типу корпуса, эксплуатационным параметрам, погрешности основных параметров и др.);
- овладение модульным принципом конструирования, правилами функционального разбиения изделия и агрегатирования;
- приобретение практических навыков в решении типовых задач конструирования модулей первого уровня и выполнению конструкторских расчетов по изделию в целом;
- приобретение практических навыков в решении типовых задач технологического проектирования узлов и приборов, а также по проектированию технологических систем;
- приобретение опыта составления технической документации на изделие (технических условий (ТУ), описаний, инструкций, чертежей, спецификаций, технологических схем и др.).

1 Формирование требований на проектирование технологической системы сборки и монтажа конструкции устройства

Конструкция устройства (электронного модуля) представляет собой печатный узел, выполненный на основе компонентов, установленных на монтажном основании – печатной плате (ПП). Устройство (модуль) входит в состав прибора (комплекса, блока), предназначенного для использования в

Предполагаемый тип производства

(опытный образец, мелкая серия, серийное производство)

Организационная форма сборки

(узловая многопредметная, общая однопредметная)

Технологическая специализация сборки

(с технологической специализацией: *сборочный цех;*
на предметно-замкнутом участке: *участок монтажа печатных узлов*)

Квалитет точности сборочных соединений (установки компонентов)

(10 - 14 в зависимости от точности изготовления посадочных мест базовой детали, т.е. от класса точности ПП)

Комплексный показатель технологичности должен быть не менее 0,7. При этом уровень технологичности конструкции собираемого изделия должен быть больше базового, который для конструкций электронных узлов на этапе разработки технического проекта должен быть равен 0,6 – 0,7.

Планировочная схема цеха (участка) должна содержать всю необходимую инфраструктуру технологической системы для эффективного функционирования с учетом обеспечения гибкости системы.

2 Конструктивно-технологический анализ изделия – объекта сборки

Конструктивно-технологический анализ объекта сборки выполняется на основе сборочного чертежа конструкции, спецификации и информации о назначении изделия, условиях функционирования, конструктивных параметрах, требований по обеспечению необходимых свойств конструкции (*например, герметичности, устойчивости к повышенным значениям определенных внешних факторов*). Анализ проводится по следующему плану [1]:

- определение структурных уровней конструкции устройства

(*например: конструкция устройства относится к первому структурному уровню и входит в состав второго уровня – частичного каркаса;*

или: конструкция модуля состоит из печатной платы, ЭРИ, сборочной единицы на основе радиатора и лицевой панели, крепящейся к печатной плате с помощью уголков и винтов, собранный модуль размещается в корпусе настольного прибора);

- описание внешнего облика конструкции

(*например: устройство представляет собой прямоугольную конструкцию с размерами АхВхС, вставляемую в частичный каркас, выполненный в системе БНК-2 «Евромеханика 19"».....*

или: корпус устройства с размерами АхВхС имеет лицевую панель с элементами управления и индикации, перфорированный корпус и заднюю стенку с установленными соединителями);

- укрупненный состав конструкции, характеристика уровня(ей) размещения (частичный каркас блока, в который вставлены *N* модулей, размещается с приборном шкафу (в стойке);

- детализированный состав выделенных частей конструкции (на лицевой панели устройства установлены , трансформатор крепится винтами к печатной плате, радиатор представляет собой верхнюю крышку корпуса, соединяемую винтами с боковыми и задней стенками; электрические соединения выполняются монтажным проводом по схеме монтажной).

Выполняем разукрупнение и группирование элементов сборки:

- детали собственного изготовления (включая экраны, зажимы, крепежные скобки, контакты штыревые, лепестки для паяных соединений и др.);
- покупные ЭРИ;
- комплектующие узлы собственного изготовления (например, узел электропитания на основе трансформатора, бестрансформаторный узел питания в виде микромодуля с выводами, радиатор с закрепленным транзистором, микросборка и др.);
- покупные узлы (например, цифровой / символьный индикатор);
- материалы конструкционные (изоляционные трубки, прокладки, обмоточные ленты и др.);
- материалы сопутствующие (защитные, смазочные, маркировочные, консервирующие, упаковочные);
- материалы технологические (пасты паяльные, флюсы, припои, отмывочные, реактивы, технологические прокладки, заглушки, маски и др.);

Проводим анализ конструкций компонентов сборки – ЭРИ, ПП, деталей и готовых узлов [корпусированные (разборные, не разборные; герметичные (разборные, не разборные), открытые (без кожуха); выводные (штыревые, планарные), безвыводные (контактные площадки: по торцам, под корпусом)] и делаем выводы и заключения относительно этих элементов сборки: о их поверхностях, способе установки и крепления, условиях обеспечения точности.

Рассматриваем корпуса и исполнения всех ЭРИ, подлежащих монтажу на ПП.

Вариант 1: Так как все компоненты устанавливаются на монтажные основания монтажником по типовой технологии монтажа в отверстия с применением механизированной установки, то не требуется специальных средств обеспечения точности выполняемых операций.

Вариант 2. Так как при разработке конструкции устройства выбраны компоненты для поверхностного монтажа на ПП, изготовленную по 4 классу точности, то установка компонентов будет осуществляться автоматом – установщиком.

Варианты 3 и 4 устанавливают требования к способу установки при комбинированном исполнении корпусов компонентов.

При наличии специфических корпусов компонентов или прочностных, точностных особенностях, могут применяться описания типа:

При выполнении установки компонентов, необходимо предусмотреть операцию установки скобы крепления конденсатора для обеспечения жесткости сборочного соединения, как показано на сборочном чертеже;

или

Для обеспечения точности установки компонентов на посадочных площадках ПП, имеющей 4 (5) класс точности, необходимо использовать автомат установщик с функцией корректировки погрешности позиционирования.

Отдельно анализируется ПП, например, по таким характеристикам:

Размер ПП, мм.....110 X 170

Класс точности ПП 3

Тип ПП ОПП

Материал ПП, толщина фольги, мкм	СТФ-1-35
Размер листа материала, мм.....	1100 x 1000
Толщина материала, мм	1,5
Диаметр базовых отверстий, мм	3,2
Точность диаметра базового отверстия	H12
Степень точности вырубаемой ПП или отверстия (кавалитет)...	H13
Годовая программа выпуска, шт./год.....	6 000

Определяем:

- базовую деталь, на которую будем устанавливать компоненты сборки;
- поверхности компонентов: базирования, установочные, монтажные, фиксирующие, направляющие, зажимные;
- вид и способ соединения.

Выполняем разузлование конструкции.

Имеется сборочный чертеж изделия. На основе чертежа и спецификации образуется сборочный комплект, документально оформляемый как спецификация. Этот комплект необходимо преобразовать в схему последовательных соединений. Как правило, возникают под сборки на основе типовых объединений деталей с материалами, крепежом и т.п. Выполняем декомпозицию конструкции, т.е. образование узлов, с целью обеспечения параллельной сборки, обеспечения взаимозаменяемости, ремонтируемости (ремонтпригодности), формирования рациональных по организации форм сборки или, привязки узлов к имеющимся технологическим участкам, позициям, оборудованию.

Примеры образования подборок, сборка которых может выполняться независимо. параллельно, на другом рабочем месте (но точно вовремя поставлена на монтаж изделия):

- а) простейшая подбортка в составе: радиатора (базовая деталь), мощного транзистора, винтов, шайб, гаек и изоляционных трубок;
- б) узел питания в составе: трансформатора, уголков крепежных, монтажной колодки, диодов, монтажных проводов, изоляционных трубок, винтов, шайб, гаек;
- в) лицевая панель, крепящаяся к ПП в составе: металлической пластины, ЭРИ, устанавливаемых на панель, контрольных гнезд, фиксатора, уголков крепления, монтажного провода, изоляционных трубок, винтов, шайб, гаек.

Получили новые спецификации: узлов (подборок) и изделия в целом, т.е. спецификация, разбитая на группы – спецификации узловыхборок и спецификация на окончательную сборку.

3 Составление сборочных комплектаций

Полученную при конструировании модуля спецификацию, содержащую перечни компонентов сборки, необходимо превратить в одну или несколько спецификаций (сборочных комплектаций) по определенной форме.

Выполняем разузлование конструкции. На основе сборочного чертежа модуля и спецификации составляем сборочный комплект, документально оформляемый как спецификация. Этот комплект необходимо преобразовать в схему последовательных соединений. Как правило, возникают под сборки на основе типовых объединений деталей с материалами, крепежом и т.п. Выполняем декомпозицию конструкции, т.е. образование узлов, с целью обеспечения параллельной сборки, обеспечения взаимозаменяемости, ремонтируемости (ремонтпригодности), формирования рациональных по организации форм сборки или привязки узлов к имеющимся технологическим участкам, позициям, оборудованию.

Примеры образования подборок, сборка которых может выполняться независимо. параллельно, на другом рабочем месте (но точно вовремя поставлена на монтаж изделия):

- а) простейшая подбортка в составе: радиатор (базовая деталь), мощный транзистор, винты, шайбы, гайки и изоляционные трубки;
- б) узел питания в составе: трансформатор, уголки крепежные, монтажная колодка, диоды, монтажные провода, винты, шайбы, гайки и изоляционные трубки;

в) лицевая панель, крепящаяся к ПП в составе: металлическая пластина, ЭРИ, устанавливаемые на панель (патроны лампочек, кнопки, тумблеры, потенциометры), контрольные гнезда, фиксаторы, уголки крепления, монтажный провод, изоляционные трубки, винты, шайбы, гайки.

Получили новые спецификации: узлов (подсборок) и изделия в целом, т.е. спецификации узловых сборок и спецификация на окончательную сборку.

При отсутствии отдельно собираемых узлов (подсборок) выполняется одна спецификация на сборку изделия на базовой детали (на ПП). Примеры таких спецификаций приведены ниже в таблицах А и Б. Спецификации оформлены в виде перечней с характеристиками компонентов как объектов сборки.

При наличии подсборок необходимо сделать на них отдельные спецификации.

Таблица А – Перечень элементов сборки устройства «Инвертор»

Элементы	Габаритные размеры, мм	Масса, г	Количество, шт	Занимаемая площадь одного, мм ²	Занимаемый объем, мм ³
ЧИП - резисторы	1x0,5x0,5	0,5	11	0,5	0,25
Конденсаторы неполярные 1206	3,2x1,6x1,5	0,5	2	5,12	7,7
Конденсаторы неполярные 1210	3,2x2,5x1,65	0,6	8	8	13,2
Конденсаторы электролитические	3,5x2,8x1,9	1,0	2	9,8	18,6
Конденсаторы электролитические	6,0x3,2x2,6	2,0	1	19,2	49,9
Светодиод	5x6	0,5	2	19,6	117,7
Дроссель	4,2x3,2x3,2	1,0	1	14,4	46,1
Кварцевый резонатор	11,4x4,5x5	2,0	1	55,4	277,0
Микроконтроллер AT90S4433-BP1	37x6,5x5	15,0	1	240,5	1202,5
Микросхема MAX202CPE	7,9x6,3x2	5,0	1	49,7	99,5
Микросхема MAX4541CPA	3x3x1,5	1,5	1	9	13,5
Микросхема KP1446УД1А	5x4x1,75	5,0	1	20,0	35,0
Микросхема REF02BP	5x4x1,75	5,0	1	20,0	35,0
Микросхема KP1157ЕН1	4x4x5	4,0	1	16	80
Разъем PLD-2	5x3x8	1,0	5	15	120
Разъем DBR-9F	30x18,2x12,6	15,0	1	546	6879,6

Таблица Б – Перечень элементов сборки устройства «Таймер»

Элементы	Габаритные размеры, мм	Масса, г	Количество, шт	Занимаемая площадь одного, мм ²	Занимаемый объем, мм ³
Микроконтроллер Atmega 8L	7.0x7.0x1.0	10	1	49	49
ЧИП - резисторы	8.0x5.0x0.5	0.5	14	8	4
ЧИП - конденсаторы	2x1,25x1,3	0,5	9	2,5	3,25
Транзисторы BC847А	1,3x3x1,0	0.5	1	3.9	3.9
Кнопки KAN0442-0252C	6x4x2.5	1	4	196	2352
Стабилизатор L7805ABV	10,2x15,5x4,5	1	1	158,1	711,45
Дисплей	50,3x19x4	4	1	955,7	3822,8
Светодиод AL307	Ш6x7	0,5	1	56,5	395,5
Диодный мост	26,5x26,5x20,3	4	1	702,25	14255
Бuzzer Пьезокерамический	Ш 30,2x14,7	3	1	1432	21060
Разъем WF-2	5,08x5,8x14,5	2,0	2	29,5	427
Разъем WF-6	15x5,8x14,5	6	1	80	427

Катушка индуктивности СМ322522-100KL	7,3x4,3x7,3	1,0	2	31,3	229
Диод 1.5KE220	7,6x3,6	0,5	1	27,36	27,36

ВНИМАНИЕ! Последующие пункты выполняются в КП по технологии сборки и монтажа в 8 семестре.

Но для продвинутых конструкторских разработок рекомендуется последующие разделы включить в этот КП для разгрузки 8 семестра.

4 Разработка технологической схемы сборки и маршрутного ТП сборки

4.1 Разработка схемы сборочного состава

Разработка технологического маршрута сборки начинается с расчленения изделия на сборочные элементы путем построения схемы сборочного состава и технологической схемы сборки. Объектами сборочно-монтажного производства являются элементы конструкции – ЭРИ, детали и сборочные единицы (например, покупные комплектующие) различной степени сложности, а также необходимые материалы. Построение схемы сборочного состава и технологической схемы сборки позволяет установить последовательность сборки, взаимную связь между элементами и наглядно представить проект ТП.

При разработке схемы сборочного состава руководствуются следующими основными принципами:

- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей и перечня компонентов изделия;
- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортирования и контроля;
- схема должна обладать свойством непрерывности, т.е. каждая последующая ступень сборки не может быть осуществлена без предыдущей;
- ступени выше первой в схеме сборочного состава образуются за счет подборок и определяются сложностью состава предварительно собираемых узлов.

Если не выявлена возможность образования подборок и все компоненты из накопителей будут устанавливаться на свои посадочные места на ПП, то получится простейшая, одноступенчатая схема сборочного состава.

Разработанная схема сборочного состава представлена на рисунке 1.

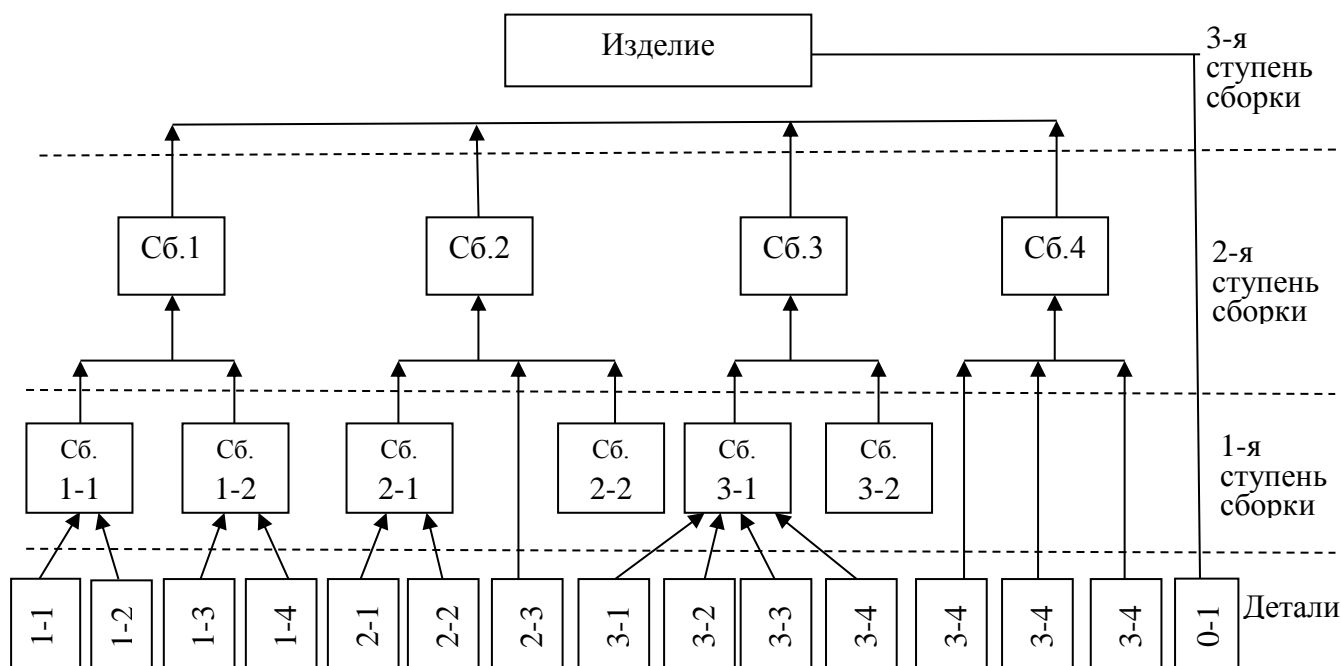


Рисунок 1 - Схема сборочного состава прибора (блока)

4.2 Разработка технологической схемы сборки

Если схема сборочного состава готова, то можно переходить к построению технологической схемы сборки. Для этого, прежде всего, необходимо для каждой позиции сборочного состава выявить готовность компонента к непосредственной установке на базовую деталь или необходимость выполнения предварительных операций. Надо помнить, что технологически сборка характеризуется наличием вспомогательных, предварительных, сопутствующих, заключительных и т.п. операций. Чем меньше таких операций, тем эффективнее процесс, т.е. менее затратный по ресурсам времени, средствам, по трудоемкости и др. Тем не менее, путь компонента от расположения в заводской упаковке до установки на базовую деталь может проходить через выполнение несколько необходимых операций. Необходимо учитывать и временной фактор хранения компонентов, и процессы, протекающие в период хранения, условия хранения и т.п.

Используйте приведенный ниже перечень видов операций сборочного ТП для закрепления персонального перечня операций за каждым компонентом сборочного состава вашего изделия.

Итак, рассмотрим виды операций, относящихся к сборке проектируемого изделия.

Предварительные.

Получение и проверка комплектации, распаковывание (растаривание), расконсервация, погрузка, загрузка накопителей буферных складов, транспортирование, разгрузка и т.п.

Заготовительные.

Размерная нарезка монтажных проводов, прокладок и др., приготовление смесей (паст, клеев, отмылок, красителей, пропиток)

Подготовительные.

Дополнительная обработка собираемых компонентов (нанесение паяльной пасты на контактные площадки ПП, формовка и обрезка выводов, облуживание, сверление, нарезание резьбы, снятие заусенцев, гибка, правка и др.), пригонка (размерная подгонка, притирка и др.), очистка, промывка, входной контроль, сортирование (селективный отбор), подбор и комплектование, укладка в тару, в кассеты, установка базовой детали в приспособление, установка накопителей (магазинов) на позиции и т. п.

Непосредственно сборочные.

Соединение и закрепление собираемых компонентов с целью получения сборочных единиц и изделий путем свинчивания, приклеивания, запрессовки, клепки, вальцевания и т.п.

Вспомогательные.

Загрузка собираемых компонентов в оборудование, их относительная ориентация, контроль, межоперационное транспортирование, переустановка приспособлений, трафаретов., нагрев и охлаждение, корректировка режима, съем и т.п.

Послесборочные (заключительные).

Балансировка, контроль, измерения, регулирование, настройка, испытание, маркировка, окраска, заполнение смазочными материалами, консервация, упаковка, счет, учет и т.п.

Сгруппируйте компоненты, требующие выполнения операций, предшествующих сборке. Выберите виды соединений, выполняемых на монтажных операциях. Теперь постройте технологическую схему сборки своего изделия, используя рекомендации и пример, приведенный на рис. 1.2.

На практике используют два типа схем сборки: с базовой деталью и «веерный» (рис. 1.3). Сборочные элементы на схемах сборки представляют прямоугольниками, в которых указывают их название, номер по классификатору ЕСКД, позиционное обозначение на чертеже и количество. Более наглядной и отражающей временную последовательность процесса сборки является схема с базовой деталью. За базовую принимается шасси, панель, корпус, плата или другая деталь, с которой начинается процесс сборки.

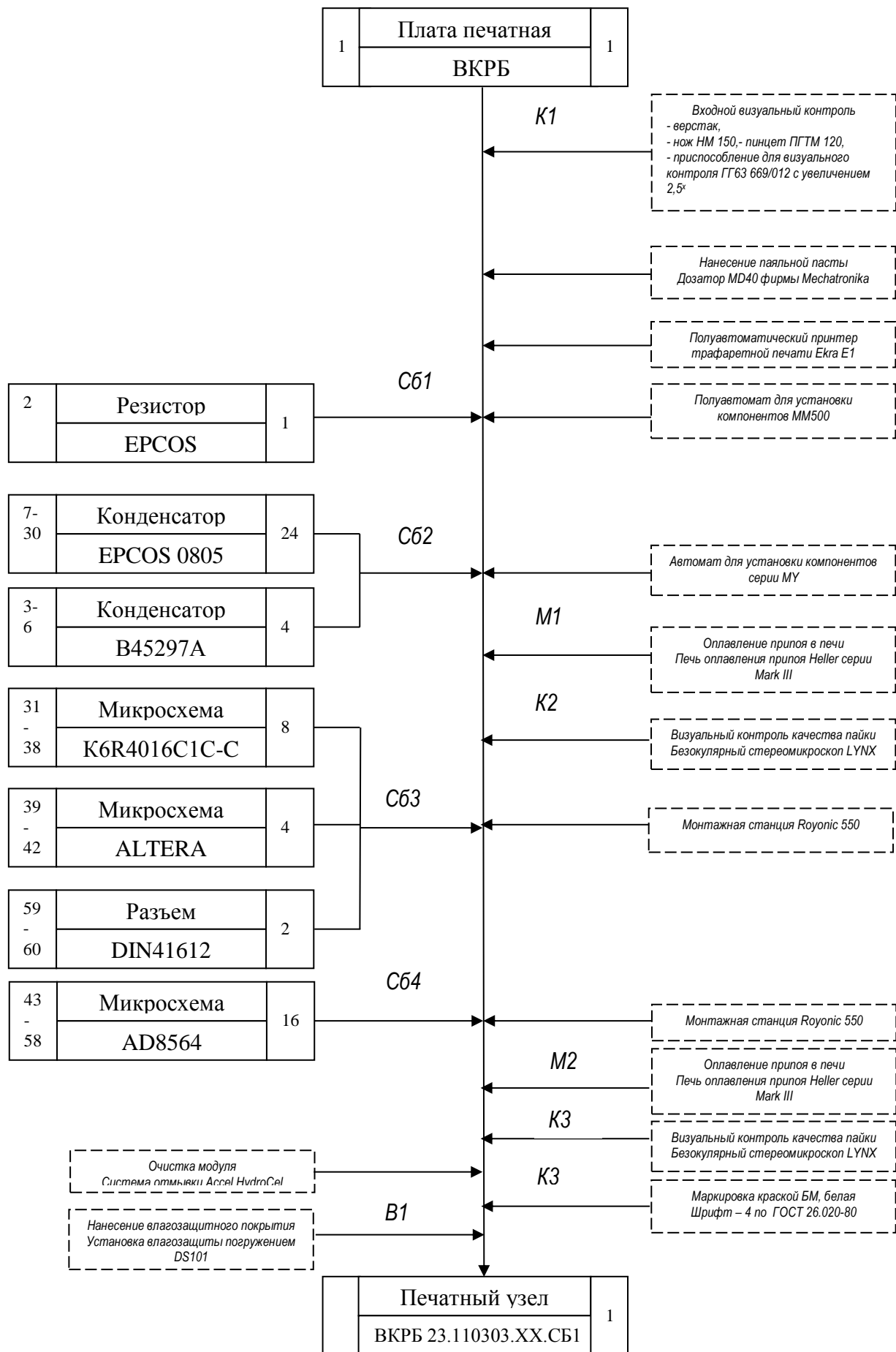


Рис. 1.2. Пример технологической схемы сборочного состава изделия

Конденсатор

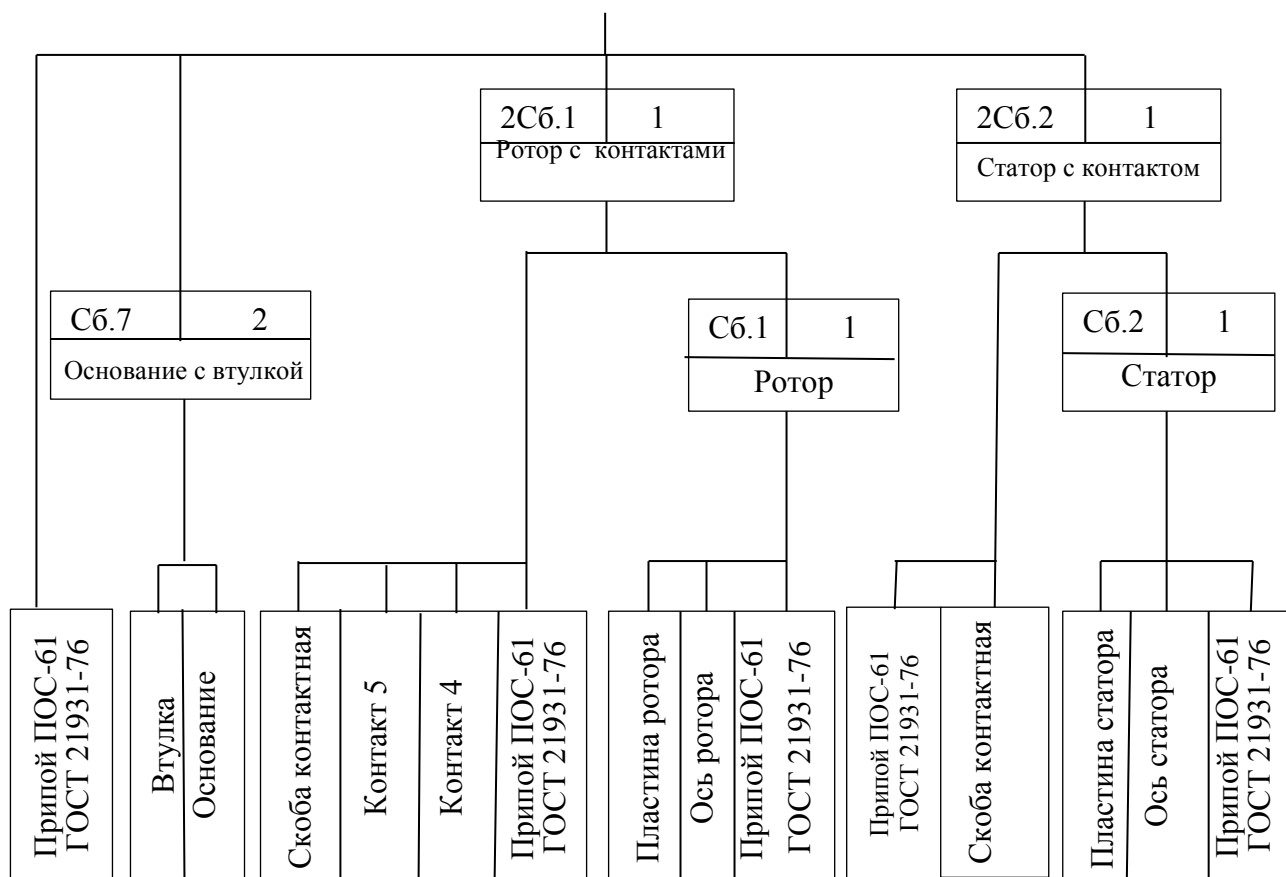


Рис. 1.3. Схема сборки вверного типа

1.4.3. Разработка маршрутного ТП

Теперь можно приступать к разработке маршрутного ТП. Маршрутный ТП отражает последовательность выполнения технологических операций сборки изделия и оформляется в виде технологического документа – маршрутной технологической карты.

При разработке маршрутного ТП в качестве исходных данных используется годовой объем выпуска изделия, технологическая схема сборки с указанием типа (с базовой деталью или вверного типа), типовой ТП, время выполнения всех этапов ТП (подготовительно-заключительное, штучное расчетное).

Осуществляя переход от схемы сборочного состава к последовательному во времени расположению операций, необходимо учитывать следующее:

- вначале выполняются те операции ТП, которые требуют больших механических усилий и неразъемных соединений;
- начните составление схемы с малоразмерных компонентов, расположенных на чертеже в центральной части монтажного поля ПП, затем последовательно переходите к периферийным компонентам, а завершите схему крупными компонентами;
- активные ЭРЭ устанавливаются после пассивных;
- при наличии малогабаритных и крупногабаритных ЭРИ, в первую очередь устанавливаются малогабаритные ЭРЭ;
- заканчивается сборочный процесс установкой деталей подвижных соединений и ЭРИ, которые используются в дальнейшем для регулировки;
- контрольные операции вводят в ТП после наиболее сложных ответственных сборочных операций и при наличии законченного сборочного элемента;
- в маршрутный технологический процесс вводят также те операции, которые непосредственно не вытекают из схемы сборочного состава, но их необходимость определяется техническими требованиями к сборочным единицам.

При проектировании маршрутного ТП естественно необходимо получить, как минимум, рациональный вариант. Сложнее дело обстоит с оптимальным вариантом. Если выполнить

оптимизацию только по производительности, то это будет псевдооптимальный вариант, так как не учитывается множество других факторов, которые могут служить критериями оптимизации. Например, если критерием оптимизации взять качество собираемых изделий, то включение необходимого количества контрольных операций сделают ТП, оптимальный по производительности, совершенно не оптимальным. И все же, необходимо сделать сравнительную оценку возможным вариантам ТП и выбрать лучший.

1.4.4. Анализ вариантов маршрутной технологии

При разработке вариантов маршрутной технологии учитывают существующие типовые процессы сборки и монтажа изделий, которые включают в себя следующие операции, рассмотренные в п. 1.4.2.

1. Подготовка поверхности ПП. Включает в себя расконсервацию ПП после хранения и визуальную проверку ее поверхности на отсутствие дефектов (обрывы проводников, отслаивание фольги, непротравы, дефекты диэлектрика и т.д.).

2. Подготовка ЭРИ к монтажу.

2.1. Распаковка из первичной тары поставщика.

2.2. Входной контроль. Контроль заключается в проверке поступающих комплектующих по параметрам, определяющим их работоспособность и надежность перед включением этих элементов в производство. Вид контроля определяет разработчик ТП.

2.3. Формовка выводов – это операция гибки выводов электрорадиоизделий для придания им конфигурации, определяющей положение корпуса элемента относительно печатной платы.

2.4. Обрезка выводов. С завода–изготовителя ЭРИ приходят с удлиненными выводами. Обрезать их в соответствии с чертежом можно на разных этапах ТП: сразу же после формовки, перед формовкой или, например, после сборки компонентов на ПП (этот вариант обеспечивает групповую обработку).

2.5. Лужение выводов. Поверхностно-монтируемые элементы, имеющие луженые выводы и поставляемые в упаковке (лента), в данной операции не нуждаются. Лужение выводов требуется для компонентов, монтируемых в отверстия.

3. Комплектование групп - заключается в доставке на рабочие места необходимого количества ЭРИ перед монтажом.

4. Нанесение паяльной пасты. Паяльную пасту можно наносить через трафарет с помощью специальных дозаторов. Выбираем нанесение пасты трафаретной печатью для обеспечения необходимой точности.

5. Установка элементов в SMD исполнении. Производится с помощью оборудования автоматической установки компонентов.

6. Пайка SMD компонентов осуществляется оплавлением пасты. Выбираем пайку в конвейерной печи конвекционного нагрева.

7. Контроль пайки. Выявление дефектов паяных соединений может производиться визуальным осмотром или с помощью таких способов, как электрический контроль, рентгенотелевизионный контроль и др. Выбираем контроль визуальным осмотром.

8. Сборка компонентов, устанавливаемых в отверстия на ПП. Операции состоят из подачи компонентов к месту установки, ориентации выводов относительно монтажных отверстий, сопряжения и фиксации в требуемом положении. Фиксация может производиться подгибкой выводов после их введения в монтажные отверстия, а также легкоплавкими жидкостями - припоем или органическим составом. В отдельных случаях применяется приклеивание компонентов, так как в условиях механических воздействий прочность паяных соединений выводов элементов может оказаться недостаточной. Все монтируемые элементы фиксируются подгибкой выводов.

9. Пайка компонентов, устанавливаемых в отверстия на ПП. Будет производиться волной припоя на установке пайки волной.

10. Контроль пайки визуальным осмотром.

11. Выходной контроль печатного узла. На данной операции выявляют различные внешние дефекты и контролируют параметры изделий с помощью установки электрического контроля.

12. Маркирование печатного узла.

13. Лакирование печатного узла. Лакирование осуществляется с целью защиты паяных соединений, печатных проводников и компонентов от воздействия окружающей среды нанесением лака.

Рассмотренные операции и значения оперативного и вспомогательного времени на их выполнение приведены в таблицах 1.1 и 1.2. Значения оперативного и вспомогательного времени установлены на основе справочных материалов.

Проведем анализ двух вариантов маршрутной технологии сборки и монтажа изделия и выберем наиболее оптимальный. Тип производства определяем исходя из объема партии. В нашем случае тип – серийное производство.

Выбор рационального варианта ТП можно обосновать по производительности труда. Производительность – количество изделий в штуках, которое изготовлено за единицу времени. Для этого проводится техническое нормирование операций ТП.

Полное время, затрачиваемое на выполнение одной операции - штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{N},$$

где $T_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, которое затрачивается на ознакомление с чертежами, получение инструмента, подготовку и наладку оборудования и выдается на всю программу выпуска (N).

Штучное время определяется из выражения $T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{пер}$, где $T_{осн}$ – основное время (время работы оборудования); $T_{всп}$ – вспомогательное время (время на установку и снятие детали); $T_{обсл}$ – время обслуживания (время обслуживания и замены инструмента); $T_{пер}$ – время перерывов (время на регламентированные перерывы в работе).

Для сборочно-монтажного производства объединяют $T_{осн}$ и $T_{всп}$ и получают оперативное время $T_{оп}$, а $T_{обсл} + T_{пер}$ составляют дополнительное время и задают его в процентах от $T_{оп}$ в качестве коэффициентов. Тогда:

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

где K_1 – коэффициент, зависящий от группы сложности аппаратуры и типа производства; K_2 – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время обслуживания; K_3 – коэффициент, учитывающий долю времени на перерывы в работе

Значение коэффициентов $K_1 = 1,12$, $K_2 = 5,4$, $K_3 = 5,0$:

$$\Sigma T_{шт1} = 9,15 \cdot 1,12 \cdot \left(\frac{5,4 + 5}{100} + 1 \right) = 11,31 \text{ мин.}$$

$$\Sigma T_{шт2} = 14,19 \cdot 1,12 \cdot \left(\frac{5,4 + 5}{100} + 1 \right) = 17,54 \text{ мин.}$$

Составляем два уравнения для вычисления суммарного штучно-калькуляционного времени:

$$\sum_{i=1}^m T_{шт-к} = \sum_{i=1}^m T_{шти} + \frac{\sum_{i=1}^m T_{нзи}}{N}, \quad \sum_{i=1}^n T_{шт-к} = \sum_{i=1}^n T_{шти} + \frac{\sum_{i=1}^n T_{нзи}}{N},$$

где m и n – число операций по первому и второму варианту соответственно.

Подготовительно – заключительное время $T_{нз}$ определим по формуле:

$T_{нз} = T_{нз-см} \cdot D \cdot s$, где $T_{нз-см}$ – сменная норма подготовительно – заключительного времени.

$$\Sigma T_{нз1} = 295 \cdot 256 \cdot 2 = 151040 \text{ мин.}$$

$$\Sigma T_{нз2} = 217,5 \cdot 256 \cdot 2 = 111360 \text{ мин.}$$

$$\sum_{i=1}^m T_{шт-к1} = 9,15 + \frac{151040}{700000} = 9,36 \text{ мин.}$$

$$\sum_{j=1}^n T_{шт-к2} = 14,19 + \frac{111360}{700000} = 14,35 \text{ мин.}$$

Рассчитываем критический размер партии:

$$N_{кр} = \frac{\left| \sum_{i=1}^m T_{nzi} - \sum_{j=1}^n T_{nzj} \right|}{\left| \sum_{j=1}^n T_{umj} - \sum_{i=1}^m T_{umi} \right|}. \quad N_{кр} = \left| \frac{151040 - 111360}{14,19 - 9,15} \right| = 7873 \text{ шт.}$$

При программе выпуска более 7873 штуки за плановый период с двухсменной работой эффективнее будет первый вариант.

Чем ближе размер критической партии к программе выпуска, тем меньше разница между сравниваемыми вариантами ТП. Наблюдается незначительная разница между временем $T_{пз-см}$ для двух вариантов, однако $T_{шт-к}$ первого варианта меньше, чем второго. Следовательно, для варианта с большим уровнем автоматизации единовременные затраты будут выше, но текущие затраты меньше, вследствие повышения производительности и снижения квалификации рабочих. Поэтому предпочтительнее будет первый вариант.

Для определения количества устанавливаемых ЭРИ на ПП в ходе выполнения i -й операции необходим расчет ритма, который производится по формуле

$r = \Phi_D / N_{расч}, \text{ мин/шт}$, где: $N_{расч}$ – расчетная программа выпуска, определяется по формуле

$N_{расч} = N_{пл} \cdot (1 + \frac{\alpha}{100})$ шт, где $N_{пл}$ – плановая программа выпуска, $N_{пл} = 700000$ шт.;

α – возможные технологические потери, %; ($\alpha = 2$).

Φ_D – действительный фонд времени за плановый период, определяется по формуле

$\Phi_D = D \cdot s \cdot t \cdot 60 \cdot K_{рег.пер}, \text{ мин.}$, где D – число дней за плановый период, $D = 256$ дней;

s – число смен, $s = 2$; t – продолжительность смены в часах, $t = 8$ час;

$K_{рег.пер}$ – коэффициент, учитывающий время регламентированных перерывов в работе линии ($K_{рег.пер} = 0,94 - 0,95$).

Определим $N_{расч}$, Φ_D и r :

$$N_{расч} = 700000 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 714000 \text{ шт.}$$

$$\Phi_D = 256 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 0,95 = 233472 \text{ мин.}$$

$$r = 233472 / 714000 = 0,33 \text{ мин/шт.}$$

Результаты расчетов и данные для выбора варианта маршрутной технологии рекомендуется свести в таблицы, как это показано на примере таблиц 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Первый вариант маршрутной технологии

Последовательность операций	Оборудование оснастка	1 ВАРИАНТ			
		n	$T_{оп}$	$nT_{оп}$	$T_{пзсм}$
Расконсервация и контроль ПП	Монтажный стол СМ-3	1	0,637	0,637	-
Распаковка и проверка ЭРЭ (на 100 шт.) на ленте россыпью	Монтажный стол СМ-3	24	0,06	0,144	-
		20	0,027	0,054	
Подготовка выводов компонентов	Автоматическая система обрезки и формовки выводов CompactLine	3	0,04	0,12	30
		1	0,02	0,02	30
Комплектование элементов по операциям	Монтажный стол СМ-3	1	0,5	0,5	-
Нанесение паяльной пасты на автомате	Автоматический трафаретный принтер ExetraEP20	1	0,6	0,6	30
Установка SMD компонентов автоматом	Автомат установки SMD компонентов MYDATA серии MY	29	0,025	0,725	30
Пайка оплавлением припоя	Конвекционная печь Heller серии Mark III	1	0,7	0,7	30
Контроль пайки	Визуальный контроль	1	0,207	0,207	-
Установка выводных компонентов	Монтажная станция Royonic 550	13	0,05	0,65	30
		1	0,064	0,064	30
Пайка волной припоя	Система пайки волной припоя ELECTROVERT VectraElite	1	0,78	0,78	50
Контроль пайки	Визуальный контроль	1	0,207	0,207	-
Отмывка плат после пайки	Ультразвуковая установка отмывки BIO-Chem G13935	1	0,41	0,41	20
Маркирование	Трафарет, кисть	1	0,4	0,4	-
Выходной контроль	Стенд автоматизированного контроля	1	0,5	0,5	15
Герметизация	Установка влагозащиты погружением DS101	1	0,5	0,5	20
ИТОГО				9,15	295

Второй вариант маршрутной технологии

Последовательность операций	Оборудование оснастка	2 ВАРИАНТ			
		n	$T_{оп}$	$nT_{оп}$	$T_{пзсм}$
Расконсервация и контроль ПП	Монтажный стол СМ-3	1	0,637	0,637	-
Распаковка и проверка ЭРЭ (на 100 шт.) на ленте россыпью	Монтажный стол СМ-3	24	0,06	1,44	-
		20	0,027	0,54	
Подготовка выводов компонентов: аксиальных радиальных	Формовка выводов пинцетом	2	0,036	0,072	5
		1	0,036	0,036	5
Комплектование элементов по операциям	Монтажный стол СМ-3	1	0,5	0,5	-
Нанесение паяльной пасты на автомате	Трафаретный принтер UNIPRINT	1	0,2	0,2	20
Установка SMD компонентов	Полуавтомат MM500	29	0,14	4,06	20
Пайка оплавлением припоя	Печь оплавления SEF Roboter настольного типа 548.04 G	1	0,9	0,9	20
Контроль пайки	Визуальный контроль	1	0,207	0,207	-
Установка выводных компонентов	Монтажная станция Royonic 550	13	0,05	0,65	30
		1	0,064	0,064	30
Пайка волной припоя	Система пайки волной припоя ELECTROVERT VectraElite	1	0,78	0,78	50
Контроль пайки	Визуальный контроль	1	0,207	0,207	-
Маркирование	Трафарет, кисть	1	0,4	0,4	-
Выходной контроль	Стенд автоматизированного контроля	1	0,5	0,5	15
Герметизация	Кисть	1	1	1	20
Сушка	Сушильный шкаф	1	1	1	2,5
ИТОГО				14,193	217,5

Итак, на основе сделанных расчетов выбирается первый вариант.

Окончательный вариант ТП монтажа.

Технологический процесс монтажа компонентов на ПП разработан на основе типового ТП с учетом анализа и расчетов, выполненных в предыдущих подразделах. При составлении ТП учитывалась номенклатура оборудования и технологической оснастки, имеющейся на предприятии, а также наличие инструмента и средств измерений.

Содержание операций.

1. Комплектовочная

1.1 скомплектовать сборочные единицы, детали, стандартные и прочие изделия, материалы согласно спецификации.

1.2 разложить комплектацию в цеховую тару.

2. Подготовительная

2.1 проверить комплектацию согласно спецификации.

2.2 подготовить к монтажу ЭРЭ

3. Сборочная

3.1 установить КМО на ПП согласно сборочному чертежу и карт монтажных, флюсовать, паять

4. Монтажная

4.1 установить ИМ с планарными выводами на ПП сориентировав ее по ключу и совместив выводы ИМ с контактными площадками печатной платы, флюсовать и паять выводы

5. Промывочная

Промыть плату от флюса.

6. Маркировочная

Маркировать плату.

7. Контрольная

Проверить внешним осмотром плату правильность сборки, наличие маркировки, качество монтажа

8. Настроечная

Произвести проверку электрических параметров платы согласно требованиям ТУ

9. Лакировочная

Покрывать плату лаком, предохранив места, не подлежащие лакировке.

10. Испытательная

Провести испытания согласно ТУ.

11. Контрольная.

Проверить визуально качество монтажа после проведения испытаний

Эти операции и их содержание вносим в бланк маршрутной технологической карты. Порядок оформления маршрутных карт изложен в ГОСТ 3.1129-93. Пример заполнения бланка маршрутной карты приведен в приложении **Ж**.