

**Исследование процессов сборки радиоэлектронной аппаратуры и разработка карты технологического процесса**  
**Калиева Айгерим Аскеровна**  
*[Kalievaaiigera@gmail.com](mailto:Kalievaaiigera@gmail.com)*

Магистрант кафедры Радиотехники электроники и телекоммуникации  
ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

**Аннотация.** В данной статье проводится сравнительный анализ принципов сборки и монтажа радиоэлектронной аппаратуры. В ходе исследования предложен поэтапный последовательный подход к сборке РЭА. Для наглядного представления карты технологического процесса (ТП) в качестве примера был взят печатный узел двухканальной системы сбора и обработки данных на базе персонального компьютера. В целях составления карты ТП были проведены расчеты по производительности данного изделия.

**Ключевые слова:** технологический процесс, карта технологического процесса, радиоэлектронная аппаратура, сборка, технологии сборки.

**Введение.** Сборка РЭА – это совокупность технологических процессов соединения частей и радио/электроэлементов устройства, которое производится последовательно. Под термином «сборка» подразумевается комплекс действий направленные на разработку механических и электрических соединений [1]. Так как сборка РЭА проводится в определенном порядке, при нарушениях последовательности действий, рекомендованных в проектной документации, риск разрушения контактов между деталями велика. В целях предотвращения такого рода рисков необходимо в первую очередь подробно ознакомиться и изучить конструкцию РЭА.

**Принципы сборки РЭА.**

Монтаж – это технологический процесс (ТП) электрического соединения РЭА в соответствии со схемой электромонтажа. Для осуществления монтажа потребуются платы (печатные, проводные), одиночные проводники, жгуты, кабели [2]. В связи с осуществлением ТП в последовательном порядке сборка РЭА включает в себя работы по монтажу радиоэлементов (плат, блоков, панелей, рам, стоек) и самого прибора. Сборка РЭА может проводиться как стационарно, так и подвижно при обеспечении нужной концентрацией или дифференцией выполняемых действий. При стационарной манипуляции сборке РЭА нужно обеспечить неподвижность РЭА. А при подвижной манипуляции сборка проводится следующим образом: устройство помещается в конвейер, с помощью которого оно передвигается по рабочему столу, где осуществляются необходимые действия.

Сборка РЭА по принципу сосредоточении операций предполагает выполнение всех важных манипуляций над всем изделием или же любым его составляющей на одном рабочем пространстве. Это увеличивает качество сборки и упрощает процесс нормирования. Но держаться предоставленного принципа возможно только в случаях одиночной и мелкосерийной сборки радиоэлектронной аппаратуры по причине расходов времени и увеличенной трудозатратности механизации операций.

Дифференцированная сборка РЭА производится по принципу деления всех важных манипуляций на некоторое количество больше несложных. Подобный расклад приводит к механизации и автоматизации производимых операций, для контроля коих не необходимы знатоки высочайшей квалификации. Дифференцированная сборка радиоэлектронной аппаратуры подходит для серийного и глобального изготовления. Принципиально не допускать дробления всех важных поступков на лишене маленькие операции, дабы не расходовать бесполезные ресурсы на транспортировку, создание свежих производственных площадей, а еще, дабы избежать увеличенной утомляемости трудающихся при выполнении

циклических поступков. Для всякого варианта нужно планировать технико-экономические характеристики, от коих станет находиться в зависимости принятие заключения о надобности дифференциации сборочных и монтажных дел.

Работы по сборке РЭА должны соответствовать стандарту, высоким требованиям производительности, точности и надежности.

Производительность труда возрастает за счет деления работы на больше маленькие операции, специализации трудящихся пространств, механизации и автоматизации выполняемого процесса, а еще спасибо следованию основам параллельности, прямоточности, непрерывности, пропорциональности и ритмичности.

Параллельность сборки РЭА предполагает одновременный установка нескольких составляющих изделия, собственно, что и приводит к уменьшению сроков сдачи готовой продукции. Наиболее эффективное применение данного метода сборки РЭА:

- посредством многопредметных конвейеров осуществлять одновременно производство и сборку нескольких устройств;
- посредством автоматизированных конвейеров объединить производство и сборку элементов для РЭА.

Прямоточность сборки РЭА осуществляет создание изделия с наименьшей тратой по времени на осуществление всех фаз и операции от начала до выхода готового продукта. При отклонениях от данного принципа сборка РЭА производится по времени дольше.

Принцип непрерывности сборки РЭА представляет собой исключение или максимальное снижение длительности всех сбоев, которые происходят между или внутри процесса. Для соблюдения данного принципа нужно правильно выбирать техпроцессы, объединять процессы изготовления радиоэлементов для РЭА, производить контроль всех этапов.

Принцип пропорциональности сборки РЭА предполагает соблюдение равномерности производительности труда за единицу времени на любом из трудящихся пространств, рядов, участков, цехов. В случае если держаться предоставленного принципа, то это дозволит очень максимально много применить производственные мощности и площади, воплотить в жизнь мерный выпуск продукции. Для упрощения соблюдения предоставленного принципа есть значение дробить изделия на составляющие и унифицировать их.

Принцип ритмичности сборки РЭА подразумевает производство одинакового или возрастающего количества устройств за определенное время. Ритмичность увеличивается при применении типовых и групповых действий, их унификации и синхронизации операций [3].

Проектирование ТП сборки и монтажа РЭА следует начинать с ознакомления положения функциональности устройства, технического требования, комплекта конструкторской документации, нормативных, технических и справочных документов.

Кроме того, необходимо учитывать особенности производства: оно возобновленное или давно функционирующее, какие имеются производственные мощности, есть ли возможность приобретения дополнительного оборудования, взаимосвязь с иными предприятиями, налаживание поставок всех нужных материалов и составляющих. После получения ответов на все поставленные вопросы можно писать план подготовительных действий, а затем налаживать сборку РЭА.

### **Этапы разработки карты технологического процесса сборки и монтажа РЭА.**

К разработке карты технологического процесса сборки и монтажа РЭА необходимо подходить поэтапно следующим образом:

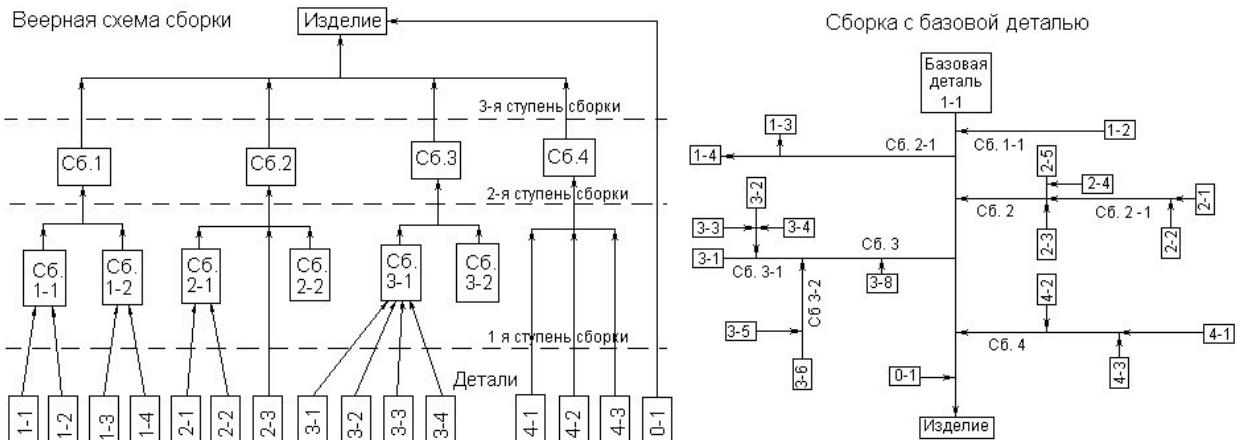
- определение типового или группового ТП и устранение неровностей;
- составление маршрута ТП общей сборки и обозначение технологических требований ко всем деталям РЭА;
- разработка маршрутов ТП сборки блоков РЭА и подборка технологических требований к составным элементам;

- выбор производственных мощностей, оснастки, средств механизации и автоматизации;
- делегирование ТП на простейшие операции;
- обозначение нужных тех.режимов, технического нормирования работ и квалификации сотрудников;
- создание ТП и определение метода контроля, настройки и регулирования;
- выдача тех.задания на разработку специальной технологической оснастки;
- проектирование поточной линии, участка поточной сборки или гибкой производственной системы, решение вопросов о перемещении готовых устройств и образовавшихся отходов;
- проверка и утверждение документации, связанной со сборкой РЭА;
- сборка опытной партии РЭА;
- внесение исправлений/дополнений в ТП после проведения испытаний пробных образцов РЭА.

Для определения ТП маршрута сборки РЭА необходимо построить схемы разбора устройств на сборочные детали. Без схем сложно определить последовательность сборки РЭА и взаимосвязь входящих элементов, а также с представлением проекта ТП.

Для начала надо составить совместную схему изделия, а уже затем – схемы всех входящих составляющих. Выделение составляющих в изделии исполняется при каждом производственных программах и тТП сборки. Схема сборочного состава потребуется для разработки технологической схемы сборки, структурирующей операции сборки и определяющей более подходящий порядок их выполнения, все примечания показывают в ней.

Для сборки РЭА используются схемы «веерного» на подобии или же с базисной составной частью (рис. 1). Составляющие для сборки изделия рисуют прямоугольниками, изнутри коих сообщают наименования, номера по классификатору, позиционные обозначения и численность. Схема с базисной составной частью больше трудозатратна, но отлично отражает очередность процесса сборки РЭА.



– доступность по цене и функциональность в отличии от аналогичных изделий. Для достижения поставленной цели необходимо разработать наиболее эффективный ТП.

В таблице 1 представлены показатели технологичности радиотехнических устройств.

Таблица 1 – Показатели технологичности радиотехнических устройств

$q_i$	$\phi_i$	Коэффициенты	Обозначение	Значение
1	1	автоматизации и механизации монтажа	$K_{ам}$	0,98
2	0,8	автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	$K_{мпнэт}$	0,75
3	0,8	освоенности деталей и сборочных единиц	$K_{осв}$	0
4	0,5	применения микросхем и микросборок	$K_{мс}$	0
5	0,3	Повторяемости печатных плат	$K_{повПП}$	0
6	0,2	Применения типовых ТП	$K_{тп}$	1
7	0,5	автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{арк}$	0,33
Комплексный показатель технологичности			$K$	0,71

Так как комплексный показатель технологичности удовлетворяет заданному по условию (не менее 0,7), то дополнительных мероприятий по повышению технологичности изделия проводить не следует. На таблице 2 представлены значения оперативного и вспомогательного времени на выполнение сборки РЭА.

Таблица 2 - Значения оперативного и вспомогательного времени на выполнение сборки РЭА

Последовательность операций	Оборудование оснастка	Показатели			
		$n$	$T_{оп}$	$nT_{оп}$	$T_{пзсм}$
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

**Заключение.** Из результатов проведенных расчетов, представленных на таблицах 1 и 2 технологичности конструкции, доказывают целесообразность изготовления данного устройства. Вариант карты ТП является производительным.

### Список литературы

1. Сборочно – монтажные процессы : учеб. – метод. пособие / В. Л. Ланин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2008. – 67 с.
2. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Ануфриев Л.П., Бондарик В.М. Ланин В.Л., Хмыль А.А. - Мин.: Бестпринт, 2001. – 144 с.
3. Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства: Учебник / Достанко А.П., Ланин В.Л., Хмыль А.А., Ануфриев Л.П.; Под общей редакцией Достанко А.П.- Мин.: Вышэйшая школа, 2002. – 415 с.