

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники

В.И. Туев
О.Е. Троян
К.Н. Афонин

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Методические указания по курсовому проекту
для студентов технических направлений и специальностей

Томск
2022

УДК 621.38 (075.8)
ББК 32.859я73
Т 816

Туев, Василий Иванович

Т 816 Технология электронных средств: методические указания по курсовому проекту для студентов технических направлений и специальностей / В.И. Туев, О.Е. Троян, К.Н. Афонин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 27 с.

Учебно-методическое пособие содержит: основные этапы проектирования технологического процесса сборки и монтажа электронных средств; составление структурной схемы сборочного состава и технологической схемы сборки; схемы технологического процесса сборки и монтажа; нормирование времени сборочных операций; оформление технологических документов на сборку. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов технических направлений подготовки и специальностей.

Одобрено на заседании кафедры РЭТЭМ протокол № 78 от 16.02.2022.

УДК 621.38 (075.8)
ББК 2.859я73

© Туев В.И, Троян О.Е., Афонин К.Н.
© Томск. гос. ун- т систем упр. и
радиоэлектроники, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Общие вопросы выполнения курсового проекта.....	4
1.1 Цели и задачи курсового проекта	4
1.2 Содержание и объем курсового проекта	4
2 Технология сборки узлов и блоков электронных средств	5
2.1 Основные этапы проектирования технологического процесса сборки и монтажа.....	5
2.2 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса	5
2.3 Составление структурной схемы сборочного состава и технологической схемы сборки	6
2.4 Определение типа производства	11
2.5 Выбор типового, группового технологических процессов	12
2.6 Составление схемы технологического процесса сборки и монтажа	13
2.7 Определение номенклатуры и количества средств технологического оснащения и числа рабочих мест	15
2.8 Нормирование времени сборочных операций.....	16
2.9 Анализ технологичности	18
2.10 Технико-экономический анализ различных вариантов технологических процессов сборки.....	19
2.11 Оформление технологических документов на сборку	21
Приложение А Задание на проектирование.....	23
Приложение Б Действительный годовой фонд времени оборудования и рабочих мест на конвейере.....	25
Приложение В Действительный годовой фонд времени рабочих.....	26
Приложение Г Пример расчета штучного времени на сборку шасси в условиях мелкосерийного производства.....	27

1 Общие вопросы выполнения курсового проекта

1.1 Цели и задачи курсового проекта

Проект по технологии сборочно-монтажных работ выполняется студентами направления подготовки ... одновременно с изучением соответствующей дисциплины – «Технология производства электронных средств».

Курсовое проектирование должно способствовать практическому освоению знаний, полученных в процессе изучения современных методов исследования и разработки технологических процессов (ТП) производства электронных средств (ЭС); углублению и обобщению этих знаний; развитию навыков самостоятельной творческой работы; воспитанию студентов в духе ответственности за выполнение полученной работы; изучению правил выполнения технологической документации; подготовке к осуществлению более сложной инженерной задачи - к дипломному проектированию.

В процессе выполнения курсового проекта студент должен обучиться пользованию справочниками, ГОСТами, ОСТами, едиными нормами, типовыми методиками расчета и другой научно-технической литературой; научиться планировать свое рабочее время в условиях самостоятельной работы; постоянно учитывать требования технологии; экономики и охраны окружающей среды при разработке технических решений; ознакомиться с ТП сборки и монтажа реальных приборов, узлов, печатных плат и т.д. сходных по конструктивно-технологическим признакам с заданной сборочной единицей или изделием.

1.2 Содержание и объем курсового проекта

При выполнении задания на курсовой проект (приложение А) разрабатывается ТП сборки сборочной единицы, состоящей из 6 - 12 деталей или типового элемента замены конструкции ЭС. На основании анализа сборочного чертежа, ТУ, объема выпуска продукции, директивных и справочных материалов проектируется последовательность операций, операционные технологические карты сборки, назначаются технологическое оборудование, режимы сборочных операций, производится техническое нормирование.

Проект, представленный к защите, должен содержать:

- текстовый документ в виде пояснительной записки к курсовому проекту (20-30 листов формата А4), оформленной по ОС ТУСУР 01-2013 «Общие требования и правила оформления» / А.А. Чернышев – 2013 г. – 53 с.;

- графический материал в виде чертежей деталей и сборочных чертежей, спецификации, электрических схем и перечня элементов, оформленной согласно требованиям ЕСКД;

- чертежи схемы сборочного состава и технологической схемы сборки изделия;

- комплект технологической документации (титальный лист, маршрутная карта сборки сборочной единицы, операционная карта сборки и монтажа и др.), оформленный согласно требованиям ЕСТД [1].

2 Технология сборки узлов и блоков электронных средств

2.1 Основные этапы проектирования технологического процесса сборки и монтажа

Этапы разработки ТП выполняются согласно ГОСТ 14.301-83. Общие правила разработки технологических процессов. Основные этапы проектирования ТП сборки и монтажа следующие:

- анализ исходных данных для разработки ТП;
- составление структурной схемы сборочного состава и технологической схемы сборки изделия;
- группирование изделий по конструктивно-технологическим признакам;
- выбор действующего типового, группового ТП или поиск его аналога;
- составление схемы ТП сборки или монтажа изделия, определение последовательности переходов в операциях;
- определение номенклатуры и количества средств технологического оснащения;
- нормирование ТП;
- анализ технологичности изделия;
- расчет экономической эффективности ТП;
- оформление ТП.

2.2 Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

Исходными данными при разработке ТП сборки и монтажа являются объем выпуска изделий, сборочные чертежи, монтажные схемы и, при наличии, опытные образцы изделий и ТУ на изделия. Если тема проекта разработки ТП имеет практическое значение, то в дополнение к перечисленному необходимо располагать сведениями о наличии и занятости оборудования, приспособлений, инструмента, рабочей силе и ее квалификации.

Студент должен ознакомиться с составом, назначением и схемой взаимодействия составных частей блока, средствами их соединений.

При проведении анализа необходимо учитывать следующие особенности конструкции: характер элементной базы; применяемость электрорадиоэлементов (ЭРЭ); особенности конструкций деталей и несущих узлов; плотность монтажа; виды установки и расположения элементов; материалы, заложенные в техническую документацию; объем производства.

Студент должен ознакомиться со следующими источниками технико-экономической информации, используемой при разработке ТП:

- классификатор технологических операций;
- стандарты ЕСТД;
- типовые ТП и операции;
- стандарты и каталоги на средства технологического оснащения;
- материальные и трудовые нормативы.

2.3 Составление структурной схемы сборочного состава и технологической схемы сборки

Структурная схема сборочного состава и технологическая схема сборки строятся с целью упрощения проектирования ТП сборки. На их основе проводится анализ структуры конструкции изделия, его конструктивно-технологических особенностей вариантов организации процесса сборки для заданного объема выпуска. Построение таких схем практически представляет собой разработку проекта ТП.

При построении структурной схемы сборочного состава блоки (изделия) делятся на детали и сборочные единицы [2, 3]. Деталь характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений. Сборочная единица – разъемное или неразъемное соединение двух или более деталей. Характерным признаком сборочной единицы является возможность ее сборки отдельно от других сборочных единиц. Сборочная единица может транспортироваться, храниться, допускает изменение положения. При этом взаимное расположение входящих в нее деталей остается неизменным.

Процесс сборки осуществляется по ступеням. Детали собираются в сборочные единицы, сборочные единицы соединяются между собой, и к ним присоединяются другие детали, образуя при этом более сложные сборочные единицы.

При составлении схемы сборки "верного" типа [2, 3] руководствуются следующими рекомендациями: первая ступень сборки не является сборочной, на ней располагают детали и материалы, входящие в состав блока (изделия), – припои, лаки, компаунды и т.д.; минимальное количество деталей, необходимое для образования сборочной единицы, равно двум; схема сборки строится из условия образования наибольшего количества сборочных единиц; при присоединении к сборочной единице данной ступени сборки одной детали образуется сборочная единица высшей ступени; каждая последующая ступень не может быть образована без наличия предыдущей ступени.

Элементы схем сборочного состава выполняются в виде прямоугольников, в которые вписываются индекс, наименование и количество элементов (рисунок 2.1а). Обозначение (индекс) деталей применяется в соответствии со сборочными чертежами (в данном случае фото изделия с обозначением деталей, см. рисунок 2.2). Для обозначения сборочной единицы проставляются буквы "Сб." и номер детали (базовой), с которой начинается сборка этой единицы. Перед обозначением сборки ставят номер сборочной ступени. Например, 2 Сб.1 – сборочная единица второй ступени сборки с базовой деталью №1. При обозначении материалов поле прямоугольника на графы не делится и в него вписывается название материала и номер стандарта, которому он соответствует (рисунок 2.1б).

2 Сб.1	1	Припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76
ДПП с SMD, микросхемы		

а б
Рисунок 2.1 – Пример обозначения элементов

На рисунке 2.2 показан вид изделия – фото звуковой карты, а на рисунке 2.3 – соответствующая структурная схема сборочного состава.

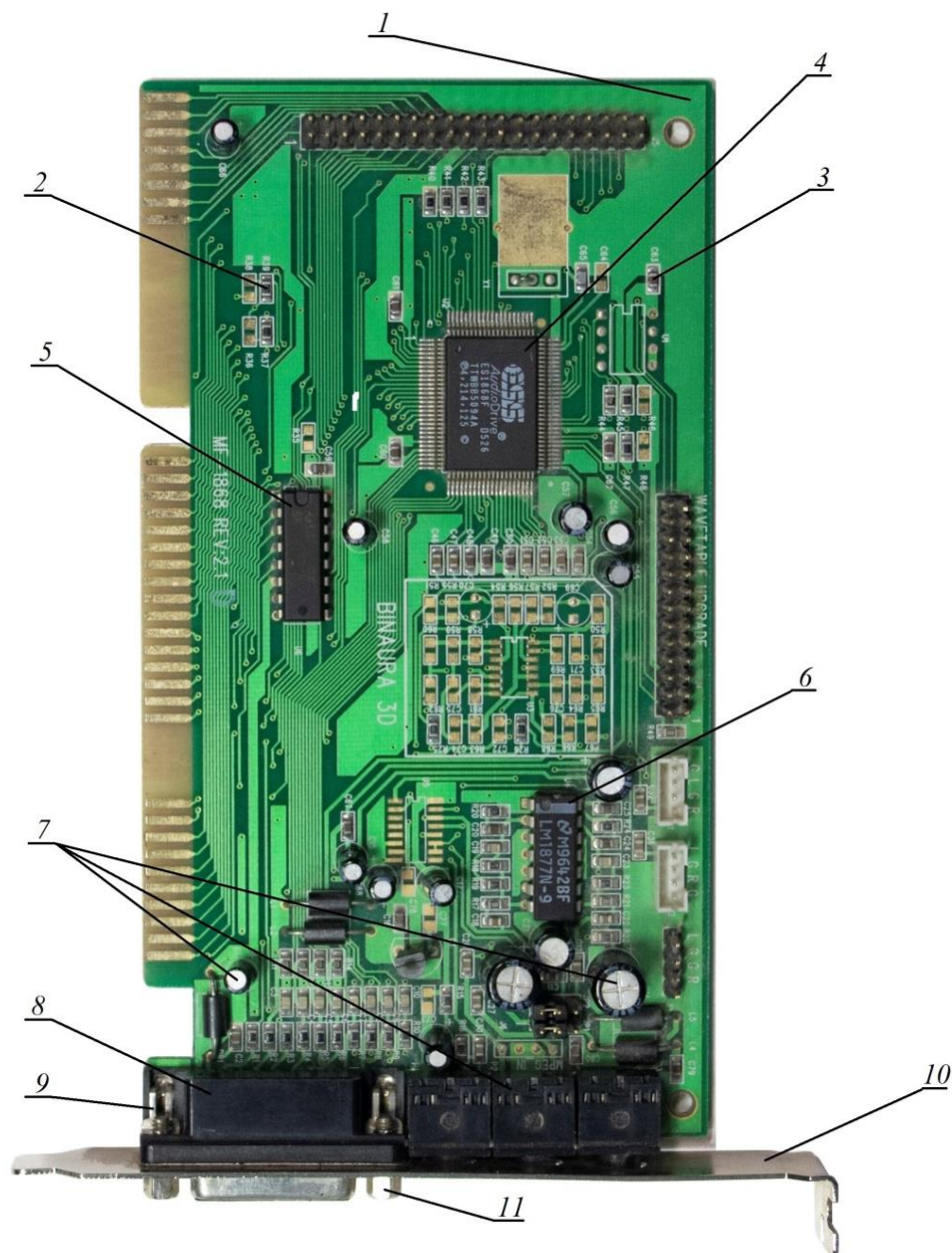


Рисунок 2.2 – Фото звуковой карты:

- 1 – ДПП; 2 – SMD резисторы; 3 – SMD-конденсаторы; 4-6 – микросхемы;
 7 – дискретные элементы в крупных корпусах; 8 – разъём; 9 – скоба соединительная;
 10 – планка крепёжная; 11 – стойка резьбовая.

На каждое изделие может быть разработано несколько вариантов структурной схемы сборочного состава. Выбор оптимального варианта осуществляется с учетом удобства работы и числа сборщиков, трудоемкости и себестоимости сборки, а также возможности использования средств механизации и автоматизации.

Конструкция радиоэлектронных и электронных средств характеризуется:

1) показателем степени сложности сборочного состава, который равен количеству ступеней сборки $n_{сб}$; средней плотностью сборочного состава (количество сборочных единиц на каждой ступени сборки):

$$P = \frac{Q}{n_{сб}} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{n_{сб}}, \quad (2.1)$$

где Q – общее количество сборочных единиц по схеме сборочного состава;

m_i – коэффициент кратности, равный количеству сборочных единиц на i -й ступени сборки по схеме;

2) степенью расчлененности сборочного процесса, которая характеризуется длительностью сборочной операции и модулем расчлененности:

$$M = \frac{k}{Q}, \quad (2.2)$$

где k – окончательно запроектированное число сборочных операций.

Технологическая схема сборки разрабатывается на базе структурной схемы сборочного состава. Ее построение начинают с выбора базового элемента – элемента, с которого начинается сборка. Базовым элементом может быть и деталь, и сборочная единица более низкой ступени при условии, что каждая из них определяет положение всех составляющих данной сборочной единицы элементов в пространстве и положение самой сборочной единицы на более высокой ступени сборки.

Выбрав базовый элемент, приступают к разработке технологической схемы сборки, придерживаясь при этом следующих правил:

- в начале технологической схемы сборки показывают базовый элемент;
- детали подсоединяются к линиям сборки слева, а сборочные единицы справа;
- расположение остальных элементов, составляющих данную сборочную единицу, должно соответствовать естественному порядку их присоединения;
- очередность присоединения отдельных деталей и сборочных единиц должна быть такой, чтобы ранее установленные элементы не мешали бы установке последующих;
- в первую очередь технологическая схема сборки должна предусматривать выполнение операций механической сборки, а затем операции электрического монтажа;
- очередность присоединения отдельных элементов должна обеспечивать создание максимальных удобств выполнения сборочных операций. Для этого иногда бывает целесообразно отступить от предыдущего правила и чередовать операции механической сборки с операциями электрического монтажа;
- очередность выполнения операций механической сборки должна быть такой, чтобы вначале устанавливались малогабаритные элементы, а затем – крупные и тяжелые детали, и в заключение детали и узлы, требующие аккуратного обращения (измерительные приборы, приборы индикации и т.д.);
- технологическая схема сборки должна обладать свойством непрерывности, которое предполагает невозможность осуществления ни одной из последующих ступеней сборки, пока не будет закончена какая-нибудь из предыдущих;
- порядок присоединения отдельных деталей и сборочных единиц должен обеспечивать возможность механизации и автоматизации сборочно-монтажных операций;
- на схеме в местах присоединения последней детали или сборочной единицы на данной операции проставляют номер операции, который заносится в соответствующий прямоугольник, например "Оп.5";
- технологическая схема сборки содержит элементы, поясняющие специфические особенности сборочных операций и переходов: соединение элементов с помощью приспособлений и оборудования (запрессовкой, вальцеванием, пайкой), фиксация деталей (с помощью лаков, красок, компаундов), механическая обработка в процессе сборки и т.п. Эти пояснения заносятся в прямоугольники, контуры которых выполняются двойными линиями. Их подключение к линии сборки производится с правой стороны.

Технологическая схема сборки звуковой карты, соответствующая схеме сборочного состава, представленной на рисунке 2.3, показана на рисунке 2.4.

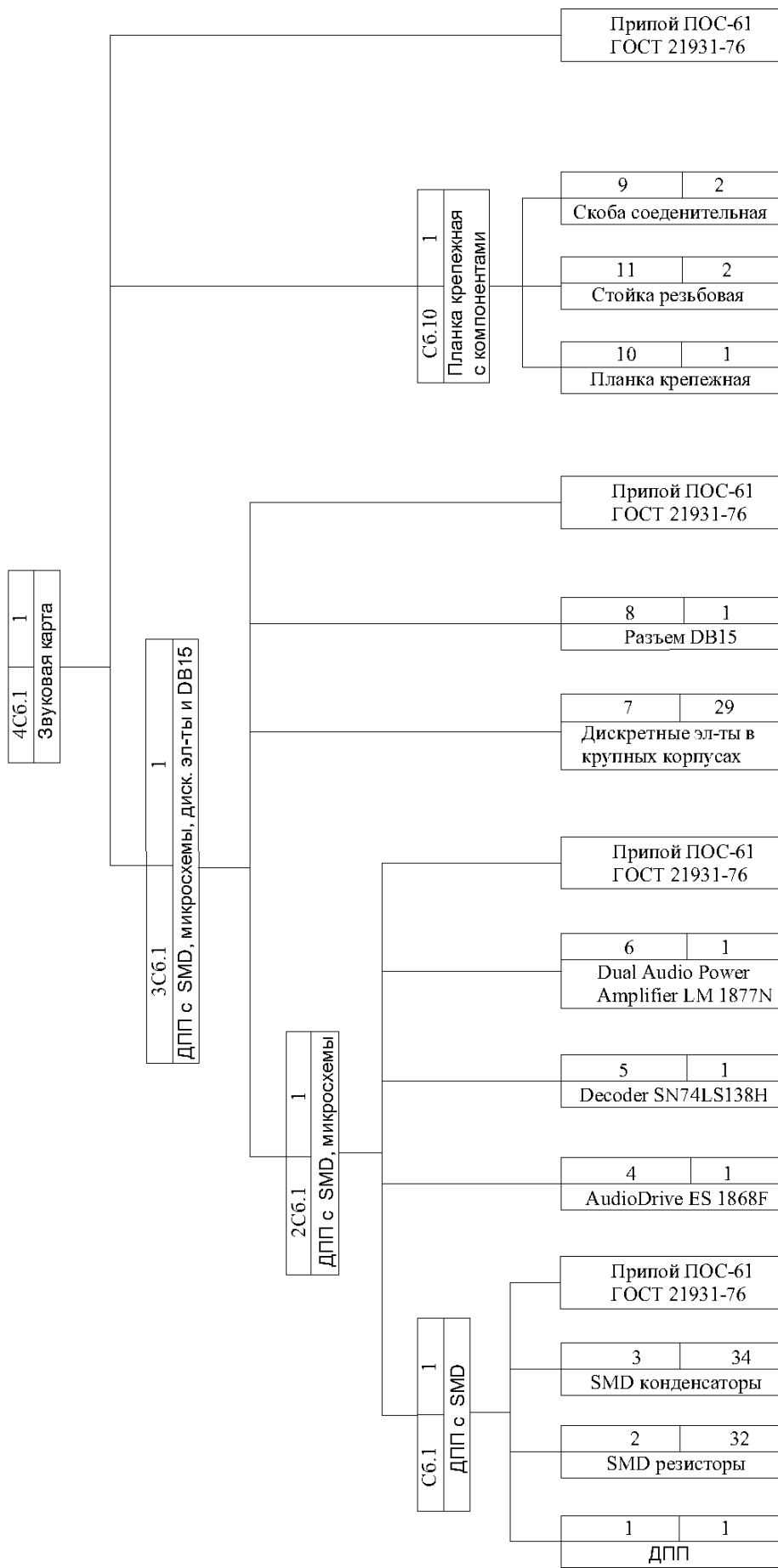


Рисунок 2.3 - Схема сборочного состава звуковой карты

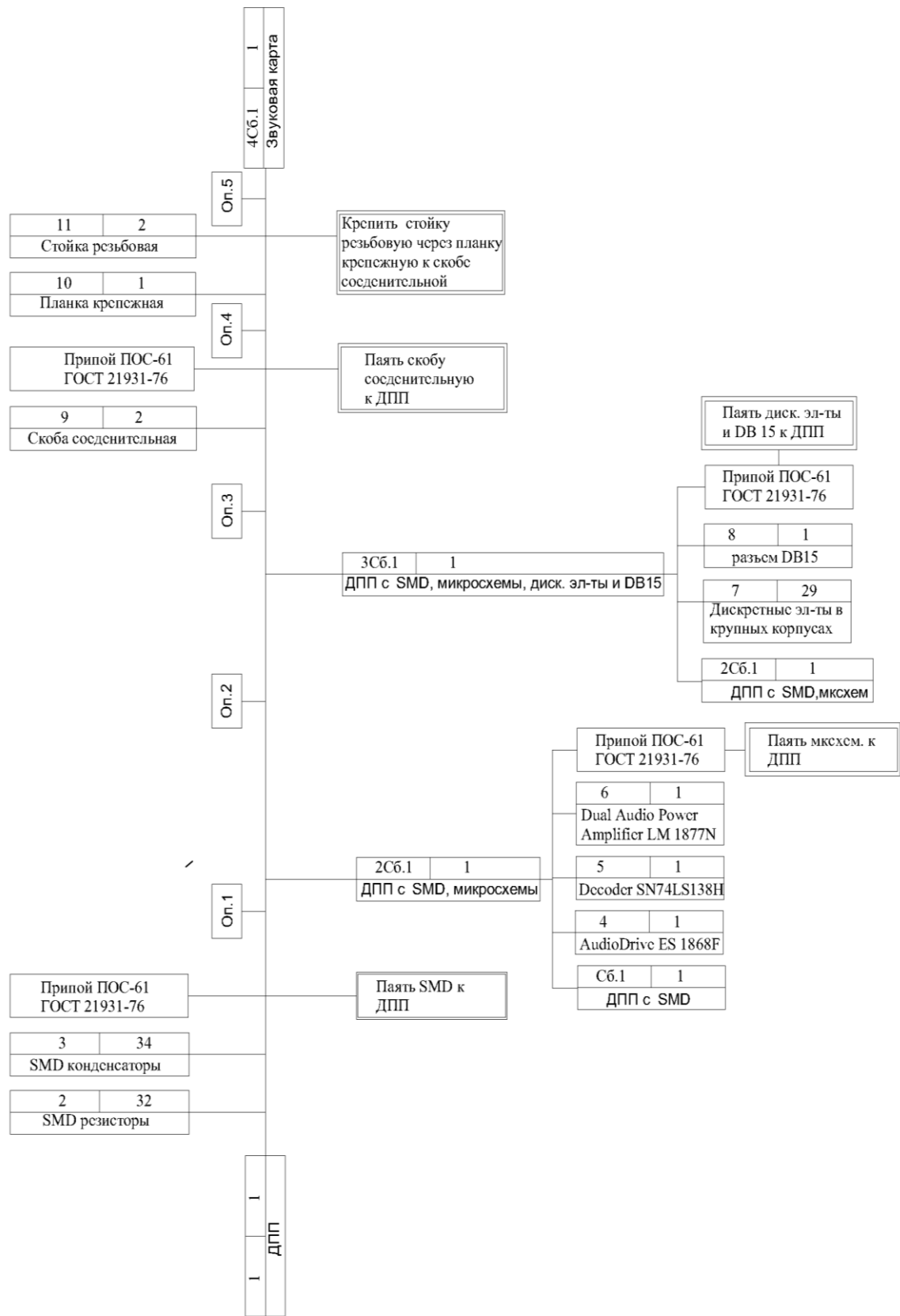


Рисунок 2.4 - Технологическая схема сборки звуковой карты

2.4 Определение типа производства

Согласно ГОСТ 3.1121-84 тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций:

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.3)$$

где - $\sum O$ - суммарное число различных операций;

$\sum P$ - суммарное число рабочих мест для выполнения различных операций.

Значение коэффициента закрепления операций определяется для планового периода, равному одному месяцу. В зависимости от его величины выбирается тип производства:

- массовое производство при $K_{zo} = 1$;

- крупносерийное при $1 < K_{zo} < 10$;

- среднесерийное при $10 < K_{zo} < 20$;

- мелкосерийное при $20 < K_{zo} < 40$;

- единичное - K_{zo} не регламентируется.

На ранних стадиях проектирования ТП рекомендуется следующая методика расчета коэффициента закрепления операций (коэффициента серийности) за рабочим местом (станком), которая приводит к тем же результатам:

$$K_{zo} = \frac{T_e}{T_{ум.ср}}, \quad (2.4)$$

где T_e - такт выпуска в минутах;

$T_{ум.ср}$ - среднее штучное время для выполнения операции сборки единицы продукции в минутах.

Такт выпуска рассчитывается по формуле:

$$T_e = 60 \cdot \frac{\Phi}{N_{вып}}, \quad (2.5)$$

где Φ - действительный годовой фонд времени работы станка или рабочего места, (расчет приведен в [3,5]);

$N_{вып}$ - годовая программа выпуска, шт.

Среднее штучное время $t_{ум.ср}$ определяется как среднее арифметическое $T_{ум}$ по всем операциям процесса:

$$t_{ум.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ум}}{n}, \quad (2.6)$$

где n - число операций.

Для нахождения $T_{ум}$ по операциям используют данные аналогичного процесса или производят укрупненное нормирование нового процесса на основе разработанной технологической схемы сборки.

Для упрощения расчета $t_{ум.ср}$ можно ограничиться только наиболее характерными операциями, определить для них приближенными методами $T_{ум}$ и затем вычислить среднеарифметическое этих норм.

2.5 Выбор типового, группового технологических процессов

Задачи улучшения экономических показателей и сокращения сроков подготовки производства выдвигают важную технологическую проблему разработки и внедрения новых принципов проектирования ТП. Одним из таких подходов является переход от разработки индивидуальных ТП к унифицированным. В настоящее время работы по унификации ведутся в двух направлениях: внедрение типовых ТП и внедрение групповых ТП.

Цель типизации - стандартизировать ТП, чтобы сборка одинаковых и сходных по конструкции изделий осуществлялась общими, наиболее совершенными и эффективными методами. Типовые ТП сборки наиболее целесообразно применять в серийном и массовом производствах с устойчивой номенклатурой изделий. Их использование упрощает, ускоряет и удешевляет технологическую подготовку производства, дает возможность применять передовой опыт, наиболее прогрессивные ТП, создавать предпосылки для механизации и автоматизации ТП, повышает качество, позволяет организовать поточную сборку и освоить прогрессивные процессы сборки, уменьшает объем технологической документации, исключает возможность грубых ошибок при нормировании.

Типовой ТП состоит из типовых операций. Под типовой операцией понимают часть ТП, в который входит законченный вид работы и который является общим для определенной группы сборочно-монтажных единиц, выполняемый на одном рабочем месте одним или группой рабочих с единым оборудованием или оснащением.

Типовые процессы сборки и монтажа являются исходным материалом для технологов при разработке новых ТП сборочно-монтажных работ [2, 6 - 10].

Групповые ТП наиболее эффективны при единичном и мелкосерийном производстве. Они приближают единичное и мелкосерийное производство к условиям крупносерийного и массового; позволяют переходить от не поточному к поточному производству и осуществлять внедрение высокопроизводительного оборудования; повышают непрерывность, прямоочность и ритмичность производства, обладают большими возможностями унификации, чем при использовании типовых ТП.

В отличие от типовых ТП при групповом методе сборочные элементы квалифицируются по видам операции сборки и общности технологического оборудования, т.е. более узко. Объединение деталей в группы по общности выполнения отдельных операций позволяют рассматривать ТП для совокупности операций. Переход от сборки одного изделия группы к другому возможен обычно без переналадки оборудования. Оборудование комплектуют по наиболее сложному и трудоемкому изделию в группе. Другие изделия группы можно собирать с пропуском отдельных переходов и операций.

На разработку группового ТП затрачивают значительно больше времени, чем на единичный. Однако в расчете на изделие затраты на технологическое проектирование снижаются в несколько раз.

Групповые ТП проектируются в определенной последовательности [4]:

- 1) подбирают группу изделий, удовлетворяющих требованиям групповой сборки; намечают маршрут сборки, содержание операций и схемы групповых наладок; ориентировочно определяют оперативное время сборки;
- 2) уточняют содержание операций и разрабатывают наладки для изделий группы; определяют штучное время сборки;
- 3) уточняют требования к сборочному оборудованию;
- 4) разрабатывают конструкции сборочных приспособлений и выявляют необходимую инструментальную оснастку; уточняют режим выполнения сборочных операций; окончательно устанавливают нормы времени; конструирование сборочных приспособлений - наиболее трудоемкий этап разработки групповой сборки;
- 5) составляют технологическую документацию каждого изделия группы;
- 6) выявляют технико-экономические показатели групповой сборки.

2.6 Составление схемы технологического процесса сборки и монтажа

Целью составления схемы ТП сборки является его расчленение на операции. Последовательность технологических и вспомогательных операций устанавливается с учетом собираемости конструкции на основании разработанных схем сборочного состава, технологической схемы сборки для рассчитанного типа производства.

Схема ТП является графом, вершины которого соответствуют операциям, а дуги - соотношению следования их друг за другом. Граф расчленяется на несколько подграфов, в которых операции следуют одна за другой. Подграфы соединяются между собой так, что последняя операция в одном подграфе, соединяется с той операцией другого подграфа, к началу которого должен закончиться первый.

При сборке узлов и блоков РЭА сначала формируются подграфы подготовки микросхем, ЭРЭ, радиоэлементов и плат, затем - подграфы сборки сборочных единиц первой ступени сборки, второй ступени и т.д., вплоть до сборки всего изделия. На рисунке 2.5 показана обобщенная схема сборки и монтажа радиоэлектронного блока.

Степень дифференциации технологического процесса на операции (содержание операций) определяется характером производства и типом сборки: чем крупнее выпускаемая серия изделий, тем на большее число простейших операций следует разделить ТП. При массовом производстве содержания операции устанавливают так, чтоб ее длительность была равна темпу (несколько меньше) или кратна ему. Выполняемая работа должна быть по своему характеру однородной и отличаться определенной законченностью. Длительность операции определяют укрупнено по нормативам с уточнением и корректировкой на последующих этапах. При этих условиях средняя загрузка всех рабочих мест должна быть достаточно высокой (0,9-0,95).

В мелкосерийном производстве экономически целесообразнее объединять ряд простых операций в одну сложную комплексную. Устанавливая последовательность операций, необходимо стремиться к тому, чтобы операции, при выполнении которых чаще встречается брак, выполнялись в начале процесса. Кроме того, предыдущая операция должна способствовать выполнению последующей.

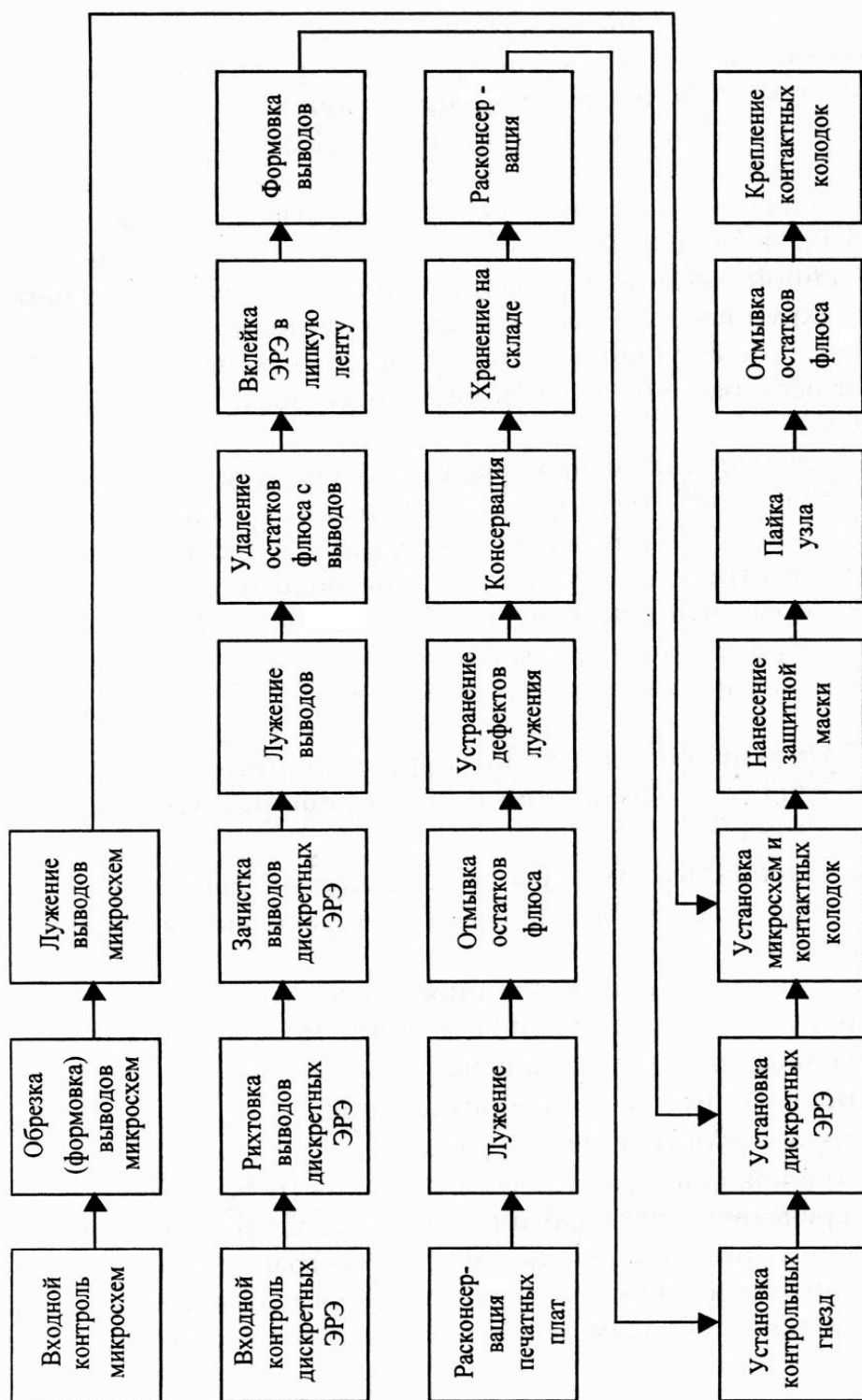


Рисунок 2.5 – Обобщенная схема технологического процесса сборки и монтажа

2.7 Определение номенклатуры и количества средств технологического оснащения и числа рабочих мест

Тип, основные размеры и технические характеристики средств технологического оснащения определяются содержанием операций.

Исходными данными для определения потребного количества оборудования, оснащения, рабочих мест являются:

- годовая программа запуска;
- производительность оборудования;
- трудоемкость по видам работ;
- годовой фонд работы оборудования (рабочего места).

К средствам технологического оснащения относится оборудование, приспособления, подъемно-транспортные средства и инструмент. Они выбираются из имеющихся средств оснащения таким образом, чтобы при заданной стоимости этих средств обеспечить наименьшую трудоемкость всего процесса. Методика решения этой задачи еще не разработана для практического применения. ГОСТ 14.304-73 ЕСТПП предлагает выбирать для каждого вида работ тип оборудования, при котором затраты, приведенные к единице времени, будут минимальны.

Выбор типа оборудования для каждого вида работ может быть произведен из условия минимума себестоимости изделия с реализацией процедуры выбора на ЭВМ.

Правила выбора технологической оснастки приведены в ГОСТ 14.305-73 ЕСТПП. Выбор номенклатуры оснастки производится с учетом технических требований к изделию, объема выпуска, производительности, технических возможностей и стоимости оснастки. В качестве критерия выбора используется минимум приведенной к единице времени выполнения операции стоимости оснастки.

Годовая программа запуска определяется по формуле:

$$N_{\text{зан}} = N_{\text{вып}} \cdot \eta, \quad (2.7)$$

где $N_{\text{зан}}$ - годовая программа запуска, шт.;

$N_{\text{вып}}$ - годовая программа выпуска, шт.;

η - коэффициент, учитывающий технологические потери. Коэффициент определяется дифференцированно по операциям или в общем - по всему комплексу операций.

Расчетное количество оборудования $K_{\text{расч}}$ определяется по формуле:

$$K_{\text{расч}} = \frac{N_{\text{зан}}}{n_o \cdot \Phi_{\text{об}}}, \quad (2.8)$$

где n_o - производительность оборудования, шт/ч;

$\Phi_{\text{об}}$ - годовой фонд работы оборудования, ч.

Если известна трудоемкость, то количество оборудования определяется исходя из объема станочных работ и фонда работы оборудования по формуле:

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{итт}} \cdot N_{\text{зан}}}{\Phi_{\text{об}} \cdot K_{\text{обсл}}}, \quad (2.9)$$

где $T_{\text{итт}}$ - трудоемкость операций, ч.;

$K_{\text{обсл}}$ - коэффициент обслуживания оборудования.

Годовые фонды времени работы оборудования и рабочих мест приведены в приложении Б.

Для операций, выполняемых с помощью оборудования, число рабочих мест равно числу используемого оборудования.

Число рабочих мест для операций, выполняемых вручную, определяется по формуле:

$$L_p = \frac{T_{ум} \cdot N_{зан}}{\Phi_{рм}}, \quad (2.10)$$

где $\Phi_{рм}$ - годовой фонд рабочего места без оборудования, ч.

Коэффициент загрузки оборудования (рабочих мест) определяется по формуле:

$$K_{загр} = \frac{K_{расч}}{K}, \quad (2.11)$$

где K - принятое количество оборудования (рабочих мест).

Коэффициент загрузки оборудования по цеху согласно нормам технологического проектирования следует принимать:

- для единичного и мелкосерийного производства - 0,8 - 0,9;
- для серийного производства - 0,85 - 0,95;
- для крупносерийного и массового производства - 0,8 - 0,95.

При определении значения K рекомендуется предусматривать резервные мощности порядка 5 - 10 % для особо ответственных структурных подразделений, а именно: участка сборки узлов, участка пайки и лужения.

Число производственных рабочих на операциях:

$$K_{раб} = N_{зан} \cdot \frac{T_{ум}}{\Phi_{раб}}, \quad (2.12)$$

где $\Phi_{раб}$ - годовой фонд времени рабочего, ч.

Годовой фонд времени рабочих приведен в приложении В.

Персональный состав рабочих, занятых в сборочно-монтажном производстве, с указанием диапазонов разрядов по профессиям, принимается по действующим в отрасли тарифно-квалифицированным справочникам.

Численность категорий, работающих (вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников, счетно-конторского персонала) определяется согласно ОСТ 4 ГО.091.202.

Результаты расчетов оформляются в таблицу количества средств оснащения и рабочих мест. Она содержит перечень оборудования, приспособлений и инструментов для каждой операции ТП. В таблице указывается номер и наименование процесса и операции, наименование и тип оборудования, оснастки и инструмента, трудоемкость операции в минутах, производительность оборудования шт/ч, годовая программа в тысячах штук, годовой объем работ $\Phi_{Г}$ в часах, расчетное и принятое количество оборудования и рабочих мест.

Годовой объем работ подсчитывается по формуле:

$$\Phi_{Г} = N_{зан} \cdot T_{ум} \quad (2.13)$$

При необходимости следует произвести выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса, выполнить назначение и расчет режимов обработки.

2.8 Нормирование времени сборочных операций

Нормирование сборочных работ производится на основании технологических документов и нормативов времени [2,5,11-15]. Нормирование ТП состоит в определении величины технической нормы времени (штучно-калькуляционное время) для каждой операции:

$$T_{шк} = T_{ум} + T_{нз}/n_n, \quad (2.14)$$

где $T_{нз}$ - подготовительно-заключительное время, мин - время, необходимое на ознакомление с чертежом, технологическим процессом, консультация с мастером, технологом, а также для наладки станка и т.д.;

n_n - размер партии, шт.

В таблице 2.1 представлен расчет номенклатуры и количества средств технологического оснащения, рабочих мест и рабочих.

Штучное время в минутах определяется по формуле:

$$T_{шг} = T_{об} + T_{об} + T_{нр}, \quad (2.15)$$

где $T_{об}$ - время обслуживания рабочего места, мин;

Таблица 2.1 –Расчет номенклатуры и количества средств технологического оснащения, рабочих мест и рабочих

№ Про-цес-са	№ опера-ции	Наимено-вание процесса, операций, переходов	Годовая программа, тыс. шт	Трудо-емк., мин	Произво-дит. обо-руд., шт	Годовая программа, тыс. шт	Годовой объем работ, ч	Оборудование			Рабочие места		Рабочие		
								Рас-чет-ное	При-нятое	Коэф. за-грузки	Рас-чет-ное	При-нятое	Рас-чет-ное	При-нятое	
1		Подготовка микросхем													
	1	Обрезка выводов микросхем в корпусах 401.14-1	Полуавтомат ГГ-2126, кассета для микросхем	0,6	1100	5400	6000	1,4	2,0	0,7	-	-	3,2	3	
	2	Формовка и обрезка выводов микросхем в корпусах 301.12-1	Приспо-собление ГГ63669/012 установка ГГ2122, пинцет ГГ64459/007	0,3	200	5400	27000	6,9	7,0	0,95	-	-	14,5	14	

T_{np} - время регламентированных перерывов, мин;

$T_{on}=T_0+T_e$ - оперативное время, мин;

T_0 - основное технологическое время, мин - затрачивается непосредственно на изменение состояния изделия;

T_e - вспомогательное время, мин - расходуется на установку и снятие изделия, измерение, приемы управления оборудованием. Учитывается только та часть, которая не перекрывается машинным временем.

При нормировании сборочных операций работа разбивается на элементарные движения, на которые установлены нормы времени. Часто основное движение не разделяются с вспомогательными и в нормативах приводят оперативное время.

Штучная норма времени на сборочных операциях определяется из выражения:

$$T_{шт} = T_{on} \cdot (1 + \alpha / 100), \quad (2.16)$$

где $\alpha = (3,7-6,4)\%$ от T_{on} - коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места $T_{об}$ и время регламентированных перерывов T_{np} . Меньшее значение, α соответствует массовому производству, большее - единичному.

Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ выбирается равным (1,4 - 3,2) % от оперативного времени T_{on} в зависимости от объема выпуска изделий. Меньшее значение $T_{пз}$ соответствует большим объемам выпуска. В массовом производстве подготовительно-заключительное время не учитывается.

При нормировании сборочных работ в условиях индивидуального, мелкосерийного и серийного производства получаемое значение штучного времени $T_{шт}$ необходимо применять с учетом поправочного коэффициента представленных в таблице 2.2, учитывающего условия выполнения работы.

Таблица 2.2 - Значения поправочных коэффициентов

Условия выполнения работы	Коэффициент
"Удобно" или "Свободно"	1,0
"Стесненно" или "Неудобно"	1,3
"Очень стесненно" или "Очень неудобно"	1,5

При определении общего времени на сборку к результатам полученного подсчета по всем позициям элементарных работ сборки следует прибавить время на следующие работы:

а) получение и проверка комплектации на каждую деталь - 0,032 мин;

б) сдача работ ОТК - 2,5 - 3,5% (в зависимости от группы сложности изделия).

Пример расчета штучного времени на сборочные работы приведен в приложении Г.

2.9 Анализ технологичности

Отработка конструкции изделия на технологичность с расчетом показателей технологичности радиоэлектронной аппаратуры представлена наиболее подробно в [2].

Ниже приведены некоторые конструкторские и технологические показатели технологичности, которые определяются по следующим формулам.

1 Коэффициент сборности изделия:

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D}, \quad (2.17)$$

где E - общее количество узлов в изделии;

D - общее количество деталей.

2 Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу:

$$K_{м.п.эрэ} = \frac{H_{м.п.эрэ}}{H_{эрэ}}, \quad (2.18)$$

где $H_{м.п.эрэ}$ - количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным или автоматизированным способом;

$H_{эрэ}$ - общее количество ЭРЭ.

3 Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия:

$$K_{ам} = \frac{H_{ам}}{H_m}, \quad (2.19)$$

где $H_{ам}$ - количество монтажных соединений, которые могут осуществляться (или осуществляются) механизированным или автоматизированным способом;

H_m - общее количество монтажных соединений.

4 Коэффициент повторяемости:

$$K_{пов} = 1 - Q/(E + D), \quad (2.20)$$

где Q - число наименований составных частей изделия.

5 Трудоемкость изготовления узла (блока).

6 Уровень автоматизации:

$$\alpha_a = \frac{T_{авт}}{T_{сб}}, \quad (2.21)$$

где $T_{авт}$ - длительность сборки изделия на автоматизированных операциях;

$T_{сб}$ - длительность сборки на всех операциях.

2.10 Техничко-экономический анализ различных вариантов технологических процессов сборки

Критерии оценки спроектированного ТП сборки разделяются на абсолютные и относительные [4].

Абсолютные критерии:

1 Трудоемкость ТП сборки, равная сумме штучного времени по всем операциям. Этот показатель дается отдельно по узловой $T_{сбу}$ и общей $T_{сб}$ сборке изделия.

2 Технологическая себестоимость выполнения сборки изделия:

$$C = \sum_1^n T_{ум} \cdot l + \sum_1^{n'} T_{ум} \cdot S_m + \sum_1^{n''} T_{нз} \cdot l_n + \frac{100 \cdot (K_a + K_э) \cdot S_o}{N_{выт}}, \quad (2.22)$$

где n - число операций;

l - минутная заработная плата при выполнении сборки, руб.;

S_m - стоимость одной минуты работы сборочного оборудования, руб.;

$T_{нз}$ - подготовительно-заключительное время, отнесенное к одному изделию на одну операцию;

l_n - минутная заработная плата одного наладчика, руб.;

K_a и $K_э$ - коэффициенты амортизации и эксплуатации сборочной оснастки ($K_a = 0,2-0,5$; $K_э = 0,2$);

S_o - стоимость оснастки, руб.;

$N_{вып}$ - годовой выпуск изделий;

n' - число единиц сборочного оборудования;

n'' - число переналаживаемых сборочных операций.

Стоимость одной минуты работы сборочного оборудования приближенно определяется по заводским данным или рассчитывается по формуле:

$$S_m = S_a + S_э + S_{аз} + S_{эм}, \quad (2.23)$$

где S_a - расходы по амортизации сборочного оборудования, руб;

$S_э$ - расходы на электроэнергию (сжатый воздух), руб;

$S_{аз}$ - расходы на амортизацию здания, отнесенные к площади, занимаемой сборочной машиной, руб.;

$S_{эм}$ - расходы на вспомогательные материалы, руб.

$$S_a = S_{маш} \cdot a / \Phi, \quad (2.24)$$

где $S_{маш}$ - балансовая стоимость машины, руб.;

a - коэффициент амортизационных отчислений ($a = 0,07- 0,10$);

Φ - годовой фонд времени работы машины, ч.

$$S_э = \sum_1^{n'} N_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot S'_э \cdot T_{ум} / 60;$$

$$S_э = \sum_1^{n'} r_э \cdot S_э \cdot \beta \cdot T_{ум} / 60, \quad (2.25)$$

где N_y - установленная мощность электродвигателей, кВт;

α и β - коэффициенты использования установленной мощности по времени и величине $\alpha\beta = 0.5 - 0.9$;

$S'_э$ - стоимость 1 кВт • ч электроэнергии, руб;

$r_э$ - среднечасовой расход воздуха, м³;

$S_э$ - стоимость 1 м воздуха ($S_э = 0,004$ руб.; $S'_э = 0,012$ руб.).

$$S_{аз} = \sum_1^{n'} \alpha_з \cdot F_m \cdot S_{эм}, \quad (2.26)$$

где F_m - площадь, занимаемая сборочной машиной, м²;

$S_{эм}$ - стоимость 1 м² площади ($S_{эм} = 140$ руб.);

$\alpha_з$ - коэффициент амортизационных отчислений ($\alpha_з = 0,01- 0,025$).

$$S_{эм} = \sum_1^{n'} \frac{D_{зод}}{60 \cdot \Phi} \cdot T_{ум} \quad (2.27)$$

где $D_{зод}$ - расходы на вспомогательные материалы на единицу оборудования в год.

3 Число единиц сборочного оборудования.

4 Число сборщиков.

5 Средний разряд сборщиков.

Относительные критерии:

1 Коэффициент расчлененности сборочного процесса:

$$K_{расчл} = \frac{T_{сб.у}}{T_{сб.}}, \quad (2.28)$$

Следует стремиться к большему значению $K_{расчл}$, что приводит к удешевлению сборки.

2 Показатель уровня автоматизации процесса сборки:

$$\alpha_a = \frac{T_{шт}}{T_{сб}}, \quad (2.29)$$

3 Коэффициент оснащенности ТП сборки:

$$K_{осн} = \frac{K_{прис}}{n}, \quad (2.30)$$

где $K_{прис}$ - число сборочных приспособлений.

С ростом $K_{осн}$ снижается трудоемкость и себестоимость сборки.

Вышеперечисленные абсолютные и относительные критерии используются для сравнения различных вариантов ТП. В курсовом проекте эти критерии используются в основном для оценки качества разработанного ТП сборки, за исключением абсолютных критериев. Последние необходимо использовать для сравнения двух и более вариантов выполнения одной из сборочных операций (по указанию преподавателя).

2.11 Оформление технологических документов на сборку

Для правильного планирования и выполнения технологические процессы должны быть зафиксированы в специальных документах, называемых технологическими. Формы технологической документации устанавливается комплексом ГОСТов ЕСТД. Объем технологической документации курсового проекта определяется руководителем.

Маршрутная карта – документ, в котором содержится укрупненное по операционно-последовательное описание ТП изготовления изделия. В этой карте приводятся сведения о путях следования материалов, деталей, сборочных единиц по производственным цехам и участкам до получения части или всего изделия. Указываются данные по оборудованию, приспособлениям и инструментам, используемым на каждой операции. Нормируются затраты материалов и труда. Правила оформления маршрутной карты оговорены ГОСТ 3.1118-82

Операционная карта – документ, содержащий подробное описание структуры операций и режимов оборудования (приспособления) на каждом элементе операции (установке, переходе, позиции, проходе). В операционной карте подробно нормируются трудовые затраты и указывается квалификация исполнителей. Правила оформления операционных карт на сборочные, слесарно-сборочные и электромонтажные операции оговорены ГОСТ 3.1407 - 86.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Единая система технологической документации: Справочное пособие/Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов, Б.С. Мендриков и др. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 325 с.
- 2 Павловский В.В., Васильев В.И., Гутман Т.Н. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА. – М.: Радио и связь, 1982. –160 с.
- 3 Сборник задач и упражнений по технологии РЭА: Учеб. пособие / Под ред. Е.М. Парфенова. – М.: Высшая школа, 1982. –255 с.
- 4 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
- 5 Справочник нормировщика /А.В. Ахумов, Б.М. Генкин, Н.Ю. Иванов и др.; Под ред. А.В. Ахумова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 458 с.
- 6 ОСТ 4 ГО.054.087. Узлы и блоки РЭА. Подготовка навесных элементов к монтажу. Типовые ТП.
- 7 ОСТ 4 ГО.054.088. Узлы и блоки РЭА. Установка навесных элементов в узлах. Типовые ТП.
- 8 ОСТ 4 ГО.054.089. Узлы и блоки РЭА. Пайка монтажных соединений. Типовые ТП.
- 9 ОСТ 4 ГО.054.091. Узлы и блоки РЭА. Сборка блоков. Типовые ТП.
- 10 ОСТ 4 ГО.070.015. Сборочные единицы РЭА. Общие ТУ.
- 11 ОСТ 4 ГО.050.011. Нормирование сборочных работ. Нормативы времени элементные.
- 12 ОСТ 4 ГО.050.018. Нормирование сборочных работ. Нормативы времени (укрупненные).
- 13 ОСТ 4 ГО.050.012. Нормирование монтажных работ. Нормы времени элементные.
- 14 ОСТ 4 ГО.050.016. Нормирование монтажных работ. Нормы штучного времени.
- 15 ОСТ 4 ГО.054.226. Сборка блоков. Типовые ТП.

Приложение А
(обязательное)

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

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического
мониторинга (РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой РЭТЭМ
В.И. Туев
«___» _____ 2022

ЗАДАНИЕ

на проектирование по дисциплине
"Технология производства электронных средств"

Студенту _____ группы _____ факультета _____

1 Наименование темы:

2 Срок сдачи проекта на проверку _____

3 Исходные данные к проекту _____

4 Содержание пояснительной записки, перечень подлежащих разработке
вопросов

4.1 Титульный лист

4.2 Реферат

4.3 Задание на проектирование

4.4 Содержание

4.5 Введение

4.6 Назначение и область применения изделия

4.7 Тактико-технические данные и условия эксплуатации изделия

4.8 Анализ, корректировка исходной конструкторской документации на
изделие и составление "Извещения об изменениях конструкторской
документации"

4.9 Технология изготовления печатной платы

4.9.1 Выбор и обоснование технологии изготовления печатной платы

- 4.9.2 Выбор материала печатной платы
- 4.9.3 Расчет элементов печатного монтажа
- 4.9.4 Механическая обработка печатных плат
- 4.10 Анализ возможности автоматизированной сборки печатного узла (ПУ)
- 4.11 Выбор технологического процесса сборки ПУ
- 4.12 Расчет технологической трудоемкости сборки и монтажа ПУ
- 4.13 Расчет годовой программы выпуска
- 4.14 Расчет производительности технологического оборудования при сборке и монтаже ПУ
- 4.15 Расчет технологичности конструкции изделия
- 4.16 Заключение
- 4.17 Список использованных источников
- Приложение А Схема сборочного состава изделия
- Приложение Б Технологическая схема сборки изделия
- Приложение В Маршрутная (операционная) карта на сборку изделия
- 5 Перечень графического материала
- 5.1 Вид общего изделия
- 5.2 Сборочный чертеж изделия
- 5.3 Сборочный чертеж печатного узла _____
- 5.4 Плата _____
- 5.5 Схема электрическая принципиальная _____
- 6 Руководитель проекта _____
- 7 Консультация проекта _____
- 8 Дата выдачи задания _____
- 9 Задание принял к исполнению _____

Приложение Б
(обязательное)

Действительный годовой фонд времени
работы оборудования и рабочих мест на конвейере

Наименование оборудования	Действительный годовой фонд времени, ч		
	При односмен ной работе	При двусменн ой работе	При трехсменно й работе
Сборочно-монтажное оборудование	2030	4015	5960
Механическое оборудование	2030	4015	5960
Автоматы и полуавтоматы	1935	3725	-
Регулировочное оборудование	2030	4015	5960
Рабочие места на конвейере	1970	3935	5900
Рабочие места без оборудования	2070	4140	6210

Приложение В
(обязательное)

Действительный годовой фонд времени рабочих

Продолжительность рабочей недели, ч	Действительный годовой фонд времени рабочего при продолжительности основного отпуска, ч		
	1 5 дней	1 8 дней	23 дня
41	1860	1840	1820
36	-	-	1610

Примечание: количество рабочих дней в году при пятидневной рабочей неделе для проектных расчетов принимается 253.

Приложение Г

Расчет штучного времени на сборку шасси в условиях мелкосерийного производства

Наименование типовой детали	Способ и место установки	Факторы, влияющие на продолжительность сборки	Количество деталей	Номер таблицы стандарта	Нормы времени, мин		Коэффициент на условия работы	Норма времени с учетом коэффициента
					на деталь	с учетом применяемости		
Втулка	В отверстие с развальцовкой	Диаметр - 10 мм, Длина продвигания - 25 мм	17	5	0,7	11,9	—	11,9
Винт	Ввертывание	Диаметр - 8 мм, Длина ввертывания - 30 мм	4	14	0,5	2,0	1,3 (неудобно)	2,6
Шайба	На вал	Внутренний диаметр - 4 мм	4	56	0,14	0,56	—	0,56
Итого								22,72

Время на получение и проверку комплекта деталей в количестве 41 шт., входящих в данную сборку, при 0,032 мин на получение каждой детали равно $0,032 \times 41 = 1,31$ мин. Время сдачи работы в ОТК (II группа сложности) равно 2,5 % от времени сборки $22,72 \times 0,025 = 0,57$ мин. Общее время $22,72 + 1,31 + 0,57 = 24,60$ мин.