

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

Кафедра электронной техники и технологии

А. А. Костюкевич

***ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТЫ, УЗЛЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ***

Методическое пособие

для студентов специальности I-38 02 03
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 621.396.69(075.8)

ББК 32.844 – 04 я 73

К 72

Костюкевич, А. А.

К 72 Электрорадиоэлементы, узлы функциональной микроэлектроники и технология радиоэлектронных средств : метод. пособие для студ. спец. I-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» заоч. формы обуч. / А. А. Костюкевич. – Минск : БГУИР, 2007. – 44 с.

ISBN 978-985-488-035-8

В пособии приведено содержание дисциплины «Электрорадиоэлементы, узлы функциональной микроэлектроники и технология РЭС», даны методические указания к ее изучению, представлен перечень лабораторных работ и заданий контрольной работы. Каждое задание контрольной работы сопровождается учебно-методическим материалом.

УДК 621.396.69(075.8)

ББК 32.844 – 04 я 73

ISBN 978-985-488-035-8

© Костюкевич А. А., 2007

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ	4
2 ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4 НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ	5
5 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	10
6 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	11
7 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА.....	11
ЛИТЕРАТУРА	34
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	38
ПРИЛОЖЕНИЕ В	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	41

Библиотека БГУИР

1 ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ

Предмет дисциплины – элементная база и технологические процессы производства радиоэлектронных средств. Цель дисциплины – изучение принципов работы и конструктивно-технологических особенностей электрорадиоэлементов и узлов функциональной микроэлектроники, технологических систем производства РЭС, методов проектирования и управления технологическими процессами, обеспечивающими интенсификацию и эффективность производства, качество изготавливаемой продукции.

2 ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студенты должны:

знать:

- принципы действия и физические эффекты, используемые в ЭРЭ и УФМЭ;
- конструкторско-технологические особенности ЭРЭ и УФМЭ;
- основные свойства и характеристики ЭРЭ и УФМЭ;
- основы технологии сборки и монтажа РЭС;
- принципы и методики проектирования технологических процессов изготовления РЭС;

уметь:

- анализировать работу различных типов ЭРЭ и УФМЭ и возможности их функционального применения в РЭС;
- обоснованно выбирать элементную базу для РЭС заданного класса;
- проектировать технологические процессы сборки и монтажа РЭС;
- разрабатывать технологическую документацию на ТП сборки и монтажа РЭС в соответствии с ЕСТД;

иметь представление:

- об основных направлениях и перспективах развития ЭРЭ и УФМЭ;
- о технологической системе производства РЭС;
- о формах и типах организации производства РЭС
- о технологических процессах производства РЭС.

Программа дисциплины рассчитана на 20 ч аудиторных занятий: лекций – 8 ч, практических занятий – 4 ч, лабораторных занятий – 8 ч. При изучении дисциплины выполняется одна контрольная работа. Форма отчетности – экзамен.

3 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим дисциплинам: «Физика», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Материаловедение», «Конструирование РЭА».

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов со справочной и специальной научно-технической литературой, а также использование технических средств обучения, компьютеров и рекламно-информационных источников и сети Internet при выполнении лабораторных работ и заданий контрольной работы.

Рабочим планом дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы. Задания по контрольной работе выдаются индивидуально каждому студенту во время установочной сессии. На практическом занятии в установочную сессию объясняется порядок выполнения заданий, излагаются основные правила оформления и защиты контрольной работы. Во время семестра проводятся индивидуальные консультации в соответствии с графиком, утвержденным деканом факультета. Сдача контрольной работы осуществляется в ходе экзаменационной сессии. Содержание контрольной работы приведено в разделе 7 настоящего методического пособия.

При выполнении задания 1 контрольной работы необходимо использовать методики оценки технологичности блоков электронной аппаратуры, изложенные в [9, 19 – 21].

При выполнении задания 2 контрольной работы необходимо использовать методики и рекомендации по разработке и оформлению технологических схем сборки, изложенные в [9, 19 – 21].

При выполнении задания 3 контрольной работы необходимо использовать методики и рекомендации по проектированию маршрутных технологических процессов и расчету трудоемкости операций сборки и монтажа блоков электронной аппаратуры, изложенные в [9, 19 – 21].

При выполнении задания 4 контрольной работы необходимо использовать рекомендации по разработке и оформлению технологических документов, изложенные в [9, 20 – 22].

При выполнении задания 5 контрольной работы можно использовать рекомендации по проектированию резисторов, изложенные в [18].

4 НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

4.1 Введение. Классификация элементной базы РЭС

Электронная аппаратура и ее основные функции. Понятие и классификация элементной базы РЭС. Поколения РЭС, эволюция элементной базы РЭС различных поколений. Комплексное использование в РЭС ИМС, УФЭ и дискретных ЭРЭ. Основные тенденции развития микроэлектроники и ФЭ на современном этапе. Направления функциональной электроники (ФЭ). Классификация функциональных преобразований, выполняемых ЭА. Виды преобразований: аналоговые, импульсные, логические и их основные характеристики* [1, с. 8–15].

* Темы, выделенные жирным шрифтом, читаются на установочных и обзорных лекциях.

4.2 Резисторы, конденсаторы

Резисторы, их классификация. Схема замещения резисторов. Основные параметры резисторов. Маркировка. Резисторы со специальными свойствами: терморезисторы, варисторы, фоторезисторы и др. Переменные резисторы. Особенности конструкции резисторов. Старение резисторов.

Классификация конденсаторов. Основные электрические параметры и характеристики конденсаторов, их маркировка. Основные факторы, определяющие изменение параметров конденсаторов и их отказы. Конденсаторы постоянной емкости. Электролитические конденсаторы. Конденсаторы переменной емкости [1, с. 26–35, 53 – 68].

4.3 Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, пассивные LC- и активные RC-фильтры

Классификация катушек индуктивности. Схема замещения, основные и паразитные параметры. Катушки индуктивности с сердечниками. Катушки индуктивности без сердечников. Свойства катушек индуктивности при длительном функционировании. Конструкции катушек индуктивности. Перспективы применения катушек индуктивности в ЭА.

Трансформаторы. Дроссели: особенности конструкции и применение. Классификация трансформаторов. Принцип действия, схема замещения трансформатора. Основные расчетные соотношения и параметры трансформаторов питания. Трансформаторы питания для статических преобразователей. Особенности конструкции трансформаторов питания. Импульсные трансформаторы.

Устройство, принцип действия и основные параметры LC-фильтров. Многоконтурные LC-фильтры. Сглаживающие фильтры. Особенности конструирования LC-фильтров. Активные RC-фильтры: классификация, схемы построения и основы проектирования [1, с. 36 – 51, 53 – 75; 14, с. 3 – 56].

4.4 Принципы построения и работы устройств акустоэлектроники

Основные принципы действия акустоэлектрических приборов. Акустоэлектрический эффект. Классификация акустоэлектрических приборов по физическим параметрам действия: пассивные и активные линейные устройства. Активные нелинейные устройства и выполняемые ими функции. Основные виды взаимодействия акустических волн в твердых телах: акустоэлектронное взаимодействие, потенциал, деформационное взаимодействие, пьезоэлектрическое взаимодействие. Поверхностные акустические волны и их типы.

Акустическая линия задержки (АЛЗ). Полоса пропускания АЛЗ. Типы АЛЗ на объемных волнах и их характеристики. АЛЗ на поверхностных акустических волнах: структура продольной и сдвиговой волны в твердом

теле. Акустический фильтр, принципы действия акустического фильтра. Резонаторы на ПАВ: устройство, характеристики.

Пьезоэлектрические трансформаторы. Акустоэлектронный генератор и осциллятор. Акустоэлектрический усилитель, разновидности усилителей на ПАВ. Акустоэлектронный фазовращатель, разновидности фазовращателей на ПАВ. Наиболее распространенные материалы для устройств на объемных акустических волнах и на ПАВ [1, с. 76 – 98; 10, с. 3 – 167].

4.5 Коммутационные устройства и соединители

Функции соединителей и коммутационных устройств. Основы теории электрических контактов. Особенности эксплуатации контактов. Базовые конструкции контактно-коммутационных устройств, включающие неразъемные, разъемные, скользящие и разрывные контакты. Реле, герконы и другие электромеханические коммутационные элементы. Параметры и особенности использования электромеханических коммутационных элементов.

Оптоэлектронные бесконтактные коммутационные устройства. Полупроводниковые коммутаторы. Особенности конструирования и перспективы развития коммутационных устройств и соединителей [1, с. 101 – 125].

4.6 Принципы построения и действия приборов с зарядовой связью (ПЗС)

Принципы функционирования, основные характеристики и параметры ПЗС. Классификация ПЗС. Построение ПЗС. Методы ввода и детектирования заряда. Конструктивные варианты линеек ПЗС. Технология изготовления ПЗС.

Линии задержки и дискретные фильтры на ПЗС: структура, типы, параметры. Сравнение основных параметров устройств обработки сигналов на ПЗС и ПАВ. Принципы работы и основные параметры линейных и матричных формирователей видеосигнала на ПЗС [3, с. 28 – 57].

4.7 Элементы полупроводниковых запоминающих и логических устройств

Интегральные микросхемы запоминающих устройств. Основные виды полупроводниковых ЗУ: схема элемента ЗУ на МДП-транзисторах. Основные виды полупроводниковых ЗУ: схема элемента ЗУ на биполярных транзисторах. Особенности организации БИС памяти. Статические и динамические ОЗУ. Постоянные ЗУ – ПЗУ, ППЗУ, РПЗУ. Микропроцессоры и микроЭВМ. Обобщенная структурная схема микропроцессора [2, с. 34 – 53].

4.8 Основы оптоэлектроники. Волоконно-оптическая связь

Основные элементы оптоэлектроники. Физические основы оптоэлектроники. Основные материалы оптоэлектроники. Оптоэлектронные устройства: источники когерентного и некогерентного излучения, оптические среды (активные и пассивные), приемники оптического излучения (фотодиоды, фототранзисторы, фоторезисторы), оптические элементы (линзы, призмы, зеркала, поляризаторы), волоконно-оптические элементы, интегрально-оптические элементы (зеркала, фильтры). Классификация оптоэлектронных устройств по функциональному назначению: дефлекторы, модуляторы, индикаторы (полупроводниковые, газоразрядные, на жидких кристаллах, вакуумные, люминесцентные), дисплеи, оптрона, волоконно-оптические линии связи, волоконно-оптические датчики, оптические процессоры и выполняемые ими функции.

Оптические ЗУ. Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС). Основные волоконно-оптические элементы: кабели, ответвители, соединители, датчики.

Интегрально-оптические элементы и их разновидности. Оптоэлектронная пара. Оptron. Излучающие полупроводниковые приборы. Модуляция света. Оптическая запись и обработка информации, оптическая связь. Оптические запоминающие среды. Оптический диск. Оптически перестраиваемый фильтр. Оптический процессор. Оптический резонатор [4, с. 42 – 82].

4.9 Основные разновидности и характеристики элементов устройств отображения информации

Классификация элементов индикации: характеристики, параметры. Конструктивно-технологические разновидности и основные характеристики индикаторов: на лампах накаливания, полупроводниковых, газоразрядных, катодолюминесцентных, электролюминесцентных.

Физические основы функционирования жидкокристаллических индикаторов, используемые физические эффекты. Жидкие кристаллы. Жидкокристаллическая ориентированная структура. Приборы на жидких кристаллах. Технические и эксплуатационные характеристики. Основные типы жидкокристаллических индикаторов: буквенно-цифровые, аналоговые, мозаичные. Конструкция, технология, технические и эксплуатационные характеристики жидкокристаллических индикаторов с динамическим рассеянием и на твист-эффекте [5, с. 38 – 51].

4.10 Проектирование технологических процессов производства

Состав, структура и характеристика ЭА как объекта производства. Системный подход к анализу производства. Иерархические уровни производства. Производственные и технологические процессы, их структура

и элементы в соответствии с ЕС ТПП. Виды и типы технологических процессов (ТП).

Исходные данные и этапы разработки ТП. Схемы сборочного состава, технологические схемы сборки. Особенности проектирования ТП сборки в зависимости от объёма выпуска.

Технологичность конструкций ЭА. Структура и показатели технологичности конструкций по ЕС ТПП. Отработка конструкций сборочных единиц и блоков на технологичность.

Экономичность и производительность ТП. Технологическая себестоимость, её структура и пути снижения. Структура технической нормы времени. Основные пути повышения производительности труда. Выбор оптимального варианта ТП [6, с. 5 – 23; 9, с. 7 – 43].

4.11 Сборка и монтаж блоков на печатных платах

Входной контроль ЭРЭ. Подготовка выводов ЭРЭ к монтажу. Методы установки ЭРЭ и ИС на платы. Фиксация элементов на плате. Технологические процессы групповых методов монтажа. Технологическое оборудование, оснастка, инструмент. Контроль качества сборочно-монтажных работ.

Поверхностный монтаж. Методы монтажа чиповых элементов. Технологическое оборудование. Автоматизация и механизация процессов [6, с. 310 – 331; 8, с. 5 – 205; 9, с. 233 – 257].

4.12 Технология межблочного монтажа

Технология межблочного монтажа: жгутами, ленточными проводами и кабелями. Подготовительные и сборочно-монтажные операции. Оборудование и средства автоматизации. Контроль качества монтажа [9, с. 283 – 295].

4.13 Технология печатных плат

Классификация методов изготовления ПП. Механическая обработка ПП. Нанесение защитного рисунка. Травление металлической фольги. Химическая и электрохимическая металлизация. Типовые структуры процессов изготовления односторонних и двусторонних ПП.

Многослойные печатные платы (МПП). Сравнительная характеристика методов получения. Технология прессования пакета МПП. МПП на полиамидной пленке и керамическом основании.

Многопроводный и стежковый монтаж. Тканые коммутационные устройства.

Инструмент, оснастка и оборудование для производства коммутационных плат [6, с. 224 – 286; 9, с. 224 – 286].

4.14 Технология электрических соединений

Классификация методов формирования электрических соединений и их характеристика. Физико-технологические основы пайки: смачивание, растекание, капиллярные явления, диффузия, кристаллизация. Припой, флюсы, пасты. Методы пайки: классификация и техническая характеристика. Технологические основы индивидуальной пайки. Оборудование, инструмент, оснастка. Контроль паяных соединений.

Физико-технологические основы сварки. Классификация методов сварки. Сварочное оборудование, оснастка и инструмент. Контроль качества сварных соединений.

Физико-технологические основы соединения проводящими клеями. Конструкции соединений, классификация методов, их технические характеристики. Проводящие клеи.

Соединение накруткой. Соединение обжимкой. Оборудование, оснастка и инструмент. Контроль качества соединений [6, с. 172 – 206; 8, с. 172 – 205].

4.15 Технология механических соединений

Классификация методов создания разъёмных и неразъёмных соединений, их технические показатели. Резьбовые соединения. Расчёт усилия затяжки. Методы стопорения резьбовых соединений. Конструкционная пайка и сварка. Оборудование, оснастка, инструмент. Контроль качества и надёжность соединений [6, с. 206 – 224; 9, с. 215 – 233].

4.16 Технология намоточных работ

Классификация обмоток по конструктивно-технологическим признакам. Типовые технологические процессы намотки. Намоточные станки. Автоматизация намотки и контроль параметров намоточных изделий. Производственные погрешности обмоток, выбор оптимального режима натяжения провода [9, с. 153 – 165].

5 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Название темы	Содержание	Объем в часах
1. Исследование процесса пайки электронной аппаратуры.	Исследование влияния режимов выполнения индивидуальной пайки на качество паяного соединения.	4
2. Исследование фильтров	Исследование характеристик фильтров	4

и линий задержки на ПАВ.	и линий задержки на ПАВ и влияния на них температурных условий работы.	
--------------------------	--	--

6 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практическом занятии в установочную сессию выдаются индивидуальные задания по контрольной работе, объясняется порядок выполнения заданий, излагаются основные правила оформления и защиты контрольной работы. На практическом занятии в экзаменационную сессию осуществляется сдача контрольной работы.

7 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задание 1. Оценка технологичности конструкции блока ЭА

Теоретические сведения

Технологичность – это совокупность свойств конструкции, которые проявляются в оптимальных затратах труда, средств, материалов и времени при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия.

Базовые показатели технологичности блоков электронной аппаратуры (ЭА) установлены стандартом ОСТПП ОСТ 4ГО.091.219–81 «Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА», который определяет состав основных частных показателей технологичности, содержит методику расчета базовых показателей и нормативы для оценки технологичности различных классов блоков ЭА.

Согласно ОСТ 4ГО.091.219–81, все блоки по технологичности делятся на четыре основные группы: *электронные, радиотехнические, электромеханические, коммутационные*. Для каждого типа блоков из общего состава определяется семь показателей технологичности, оказывающих наибольшее влияние, каждый из которых имеет свою весовую характеристику j_i , определяемую в зависимости от порядкового номера частного показателя (таблица 7.1)

Таблица 7.1 – Весовые характеристики коэффициентов технологичности

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

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

$$K = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i j_i}{\sum_{i=1}^7 j_i}. \quad (7.1)$$

К электронным устройствам и блокам относятся логические и аналоговые блоки оперативной памяти, блоки автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числу ЭРЭ. Состав показателей технологичности для них в ранжированной последовательности приведен в таблице 7.2.

Коэффициент применения микросхем и микросборок равен

$$K_{\text{мс}} = N_{\text{э.мс}} / (N_{\text{э.мс}} + N_{\text{ИЭТ}}), \quad (7.2)$$

где $N_{\text{э.мс}}$ – общее число дискретных элементов, замененных микросхемами и микросборками; $N_{\text{ИЭТ}}$ – общее число ИЭТ, не вошедших в микросхемы. К ИЭТ относят резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, разъемы, реле и другие элементы.

Таблица 7.2 – Показатели технологичности электронных устройств

i	Коэффициенты технологичности	Обозначение	ϕ_i
1.	Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{\text{мс}}$	1,0
2.	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{\text{а.м}}$	1,0
3.	Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	$K_{\text{м.п. ИЭТ}}$	0,8
4.	Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{\text{а.р.к}}$	0,5
5.	Коэффициент повторяемости ИЭТ	$K_{\text{пов. ИЭТ}}$	0,3
6.	Коэффициент применения типовых ТП	$K_{\text{ТП}}$	0,2
7.	Коэффициент прогрессивности формообразования деталей	$K_{\text{ф}}$	0,1

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа равен

$$K_{\text{а.м}} = N_{\text{а.м}} / N_{\text{м}}, \quad (7.3)$$

где $N_{\text{а.м}}$ – количество монтажных соединений ИЭТ, которые предусматривается осуществить автоматизированным или механизированным способом. Для блоков на ПП механизация относится к пайке ИЭТ групповыми методами; $N_{\text{м}}$ – общее количество монтажных соединений, определяемое по количеству выводов ИЭТ.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу равен

$$K_{\text{м.п. ИЭТ}} = N_{\text{м.п. ИЭТ}} / N_{\text{п. ИЭТ}}, \quad (7.4)$$

где $N_{\text{м.п. ИЭТ}}$ – количество ИЭТ, шт., подготовка выводов которых осуществляется с помощью полуавтоматов и автоматов; в их число включаются ИЭТ, не

требующие специальной подготовки (патроны, реле, разъемы и т.д.); $H_{п. ИЭТ}$ – общее число ИЭТ, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями КД.

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля равен

$$K_{а.р.к} = H_{а.р.к} / H_{р.к} , \quad (7.5)$$

где $H_{а.р.к}$ – число операций контроля и настройки, выполняемых на полуавтоматических и автоматических стендах; $H_{р.к}$ – общее количество операций регулировки и контроля. Две операции – визуальный контроль и электрический – являются обязательными. Если в конструкции имеются регулировочные элементы (подстроечные резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности с подстроечными сердечниками), то количество операций регулировки увеличивается пропорционально числу этих элементов.

Коэффициент повторяемости ИЭТ равен

$$K_{пов. ИЭТ} = 1 - (H_{т.ор. ИЭТ} / H_{т. ИЭТ}) , \quad (7.6)$$

где $H_{т.ор. ИЭТ}$ – количество типоразмеров оригинальных ИЭТ в РЭС. К оригинальным относятся ИЭТ, разработанные и изготовленные впервые по ТУ; типоразмер определяется компоновочным размером и стандартом на элемент; $H_{т. ИЭТ}$ – общее количество типоразмеров.

Коэффициент применения типовых ТП равен

$$K_{ТП} = (D_{ТП} + E_{ТП}) / (D + E) , \quad (7.7)$$

где $D_{ТП}$, $E_{ТП}$ – число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП; D , E – общее число деталей и сборочных единиц, кроме крепежа.

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей равен

$$K_{ф} = D_{пр} / D , \quad (7.8)$$

где $D_{пр}$ – число деталей, изготовленных по прогрессивным ТП (штамповка, прессование из пластмасс, литье, порошковая металлургия и т. д.); D – общее число деталей (без учета нормализованного крепежа).

К *радиотехническим устройствам* относятся приемно-усилительные приборы и блоки, источники питания, генераторы сигналов, телевизионные блоки и т. д. Состав показателей технологичности приведен в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Показатели технологичности радиотехнических устройств

i	Коэффициенты технологичности	Обозначение	ϕ_i
1.	Коэффициент автоматизации и механизации монтажа	$K_{а.м}$	1,0
2.	Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ИЭТ к монтажу	$K_{м.п. ИЭТ}$	1,0

3. Коэффициент освоенности ДСЕ	$K_{\text{осв}}$	0,8
4. Коэффициент применения микросхем и микросборок	$K_{\text{мс}}$	0,5
5. Коэффициент повторяемости ПП	$K_{\text{пов. ПП}}$	0,3
6. Коэффициент применения типовых ТП	$K_{\text{ТП}}$	0,2
7. Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля	$K_{\text{а.р.к}}$	0,1

Коэффициент освоенности деталей и сборочных единиц (ДСЕ) равен

$$K_{\text{осв}} = D_{\text{т.з}} / D_{\text{т}}, \quad (7.9)$$

где $D_{\text{т.з}}$ – количество типоразмеров заимствованных ДСЕ, ранее освоенных на предприятии; $D_{\text{т}}$ – общее количество типоразмеров ДСЕ.

Коэффициент повторяемости печатных плат равен

$$K_{\text{пов. ПП}} = 1 - (D_{\text{т. ПП}} / D_{\text{ПП}}), \quad (7.10)$$

где $D_{\text{т. ПП}}$ – число типоразмеров печатных плат в изделии; $D_{\text{ПП}}$ – общее число ПП.

Нормативные значения комплексного показателя технологичности конструкции ЭА зависит от стадии разработки рабочей документации (таблица 7.4).

Таблица 7.4 – Нормативные значения комплексного показателя технологичности

Класс устройств	Разработка рабочей документации	Доработка рабочей документации	
		установочной серии	установившегося серийного производства
Радиотехнические	0,60 – 0,75	0,70 – 0,80	0,75 – 0,85
Электронные	0,40 – 0,70	0,45 – 0,75	0,50 – 0,80
Коммутационные	0,35 – 0,55	0,50 – 0,70	0,55 – 0,75
Электромеханические	0,30 – 0,55	0,40 – 0,60	0,45 – 0,65

Для повышения технологичности конструкций устройств необходимо выполнение следующих мероприятий:

- расширение использования ИМС, микросборок, функциональных элементов;
- увеличение количества деталей, изготовленных прогрессивными способами формообразования;
- рациональная компоновка элементов на плате, что обеспечивает автоматизированную установку и монтаж;
- минимизация числа подстроечных и регулировочных элементов;
- автоматизация подготовки элементов к монтажу;
- механизация и автоматизация операций контроля и настройки.

Порядок выполнения задания

1 Получить задание у преподавателя (номер варианта индивидуального задания в соответствии с таблицей 7.5, сборочный чертеж и спецификацию на блок ЭА, собранный на печатной плате).

2 Определить тип блока.

3 Подготовить исходные данные для расчета частных базовых показателей технологичности.

4 Рассчитать частные базовые показатели технологичности.

5 Рассчитать комплексный показатель технологичности.

6 Сравнить рассчитанный комплексный показатель технологичности $K_{расч}$ с заданным $K_{зад}$. Если $K_{расч} < K_{зад}$, то внести изменения в конструкцию и технологию сборки и повторить расчет.

Таблица 7.5 – Варианты исходных данных для заданий 1 – 4 контрольной работы

Тип производства	Годовая программа выпуска, N , тыс. шт.	Заданный комплексный показатель технологичности, $K_{зад}$	Количество рабочих дней в плановом периоде	Длительность планового периода
1. Крупносерийное	100	0,7	256	Один календарный год
2. -"-	150	0,75	-"-	-"-
3. -"-	200	0,8	-"-	-"-
4. -"-	250	0,65	-"-	-"-
5. -"-	300	0,7	-"-	-"-
6. -"-	350	0,75	-"-	-"-
7. -"-	400	0,8	-"-	-"-
8. -"-	450	0,7	-"-	-"-
9. -"-	500	0,65	-"-	-"-
10. -"-	550	0,7	-"-	-"-
11. -"-	600	0,75	-"-	-"-
12. -"-	650	0,8	-"-	-"-
13. -"-	700	0,65	-"-	-"-
14. -"-	750	0,7	-"-	-"-
15. -"-	800	0,75	-"-	-"-
16. -"-	850	0,7	-"-	-"-
17. -"-	900	0,7	-"-	-"-
18. -"-	950	0,65	-"-	-"-
19. -"-	1000	0,65	-"-	-"-
20. -"-	350	0,75	-"-	-"-
21. -"-	400	0,8	-"-	-"-
22. -"-	450	0,65	-"-	-"-
23. -"-	500	0,8	-"-	-"-
24. -"-	550	0,7	-"-	-"-
25. -"-	600	0,65	-"-	-"-

26.	-“-	650	0,7	-“-	-“-
27.	-“-	700	0,75	-“-	-“-
28.	-“-	750	0,8	-“-	-“-
29.	-“-	800	0,65	-“-	-“-
30.	-“-	850	0,75	-“-	-“-

Задание 2. Разработка технологической схемы сборки блока ЭА

Теоретические сведения

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

Технологический процесс сборки – это совокупность операций, в результате которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, стойки, системы и изделия.

Простейшим сборочно-монтажным элементом является *деталь*, которая, согласно ГОСТ 2101-68, характеризуется отсутствием разъемных и неразъемных соединений.

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

Технологическая схема сборки изделия является одним из основных документов, составляемых при разработке ТП сборки. Она разрабатывается на основе схемы сборочного состава, при разработке которой руководствуются следующими принципами:

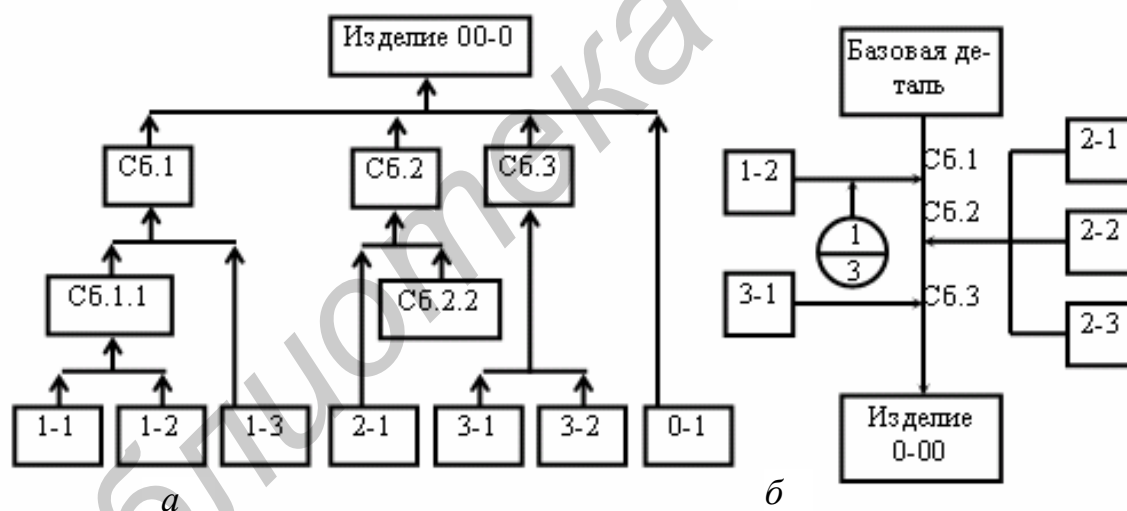
- схема составляется независимо от программы выпуска изделия на основе сборочных чертежей, электрической и кинематической схем изделия;
- сборочные единицы образуются при условии независимости их сборки, транспортирования и контроля;
- минимальное число деталей, необходимое для образования сборочной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

Включение в схему сборочного состава технологических указаний превращает ее в технологическую схему сборки. Различают технологические

схемы сборки «веерного» типа и технологические схемы сборки с базовой деталью.

Технологическая схема сборки «веерного» типа представлена на рисунке 7.1, а. На ней стрелками показано направление сборки деталей и сборочных единиц. Достоинством схемы является ее простота и наглядность, но она не отражает последовательности сборки во времени.

Схема сборки с базовой деталью (рисунок 7.1, б) устанавливает временную последовательность сборочного процесса. При такой сборке необходимо выделить базовый элемент, т.е. базовую деталь или сборочную единицу, в качестве которой обычно выбирают ту деталь, поверхности которой будут впоследствии использованы при установке в готовое изделие. В большинстве случаев базовой деталью служит плата, панель, шасси и другие элементы несущих конструкций изделия. Направление движения деталей и сборочных единиц на схеме показывается стрелками, а прямая линия, соединяющая базовую деталь и изделие, называется *главной осью сборки*. Точки пересечения осей сборки, в которые подаются детали или сборочные единицы, обозначаются как элементы сборочных операций, например: Сб.1-1, Сб.1-2 и т.д., а точки пересечения вспомогательной оси с главной – как операции: Сб.1, Сб.2 и т. д.

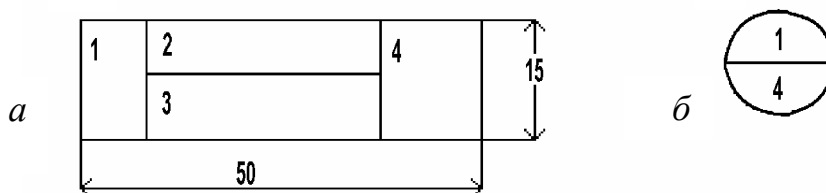


а – «веерного» типа; б – с базовой деталью

Рисунок 7.1 – Технологические схемы сборки

При построении технологической схемы сборки каждую деталь или сборочную единицу изображают в виде прямоугольника (рисунок 7.2, а), в котором указывают позицию детали по спецификации к сборочному чертежу (1), ее наименование (2) и обозначение (3) согласно КД, а также количество деталей (4), подаваемых на одну операцию сборки. Размеры прямоугольника рекомендуются 50×15 мм. Допускается изображение нормализованных или

стандартных крепежных деталей в виде круга диаметром 15 мм, в котором указывают позицию по спецификации и количество деталей (рисунок 7.2, б).



a – детали и сборочные единицы; *б* – крепеж
Рисунок 7.2 – Условные обозначения на технологической схеме сборки

Технологические указания по выполнению сборочных операций или электрического монтажа помещают в прямоугольник, ограниченный штриховой линией, а место их выполнения указывают наклонной стрелкой, направленной в точку пересечения осей сборки. Так, на технологических схемах сборки оговаривают характер выполнения неразъемных соединений (сварка, пайка, склеивание, запрессовка и т. д.); материал, применяемый при сборке; характер операций монтажа элементов (волной припоя, электропаяльником и т. д.); характер операций влагозащиты изделия, контроля и маркировки (рисунок 7.3).

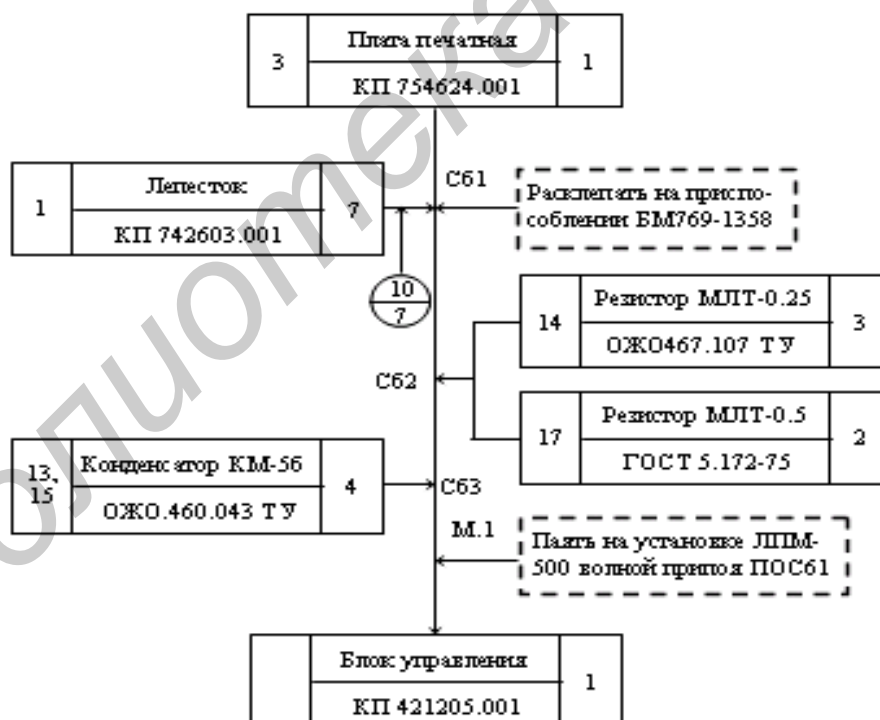


Рисунок 7.3 – Технологическая схема сборки с базовой деталью

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

$$T_s = \frac{\Phi_0}{N} \text{ (мин/шт.)}, \quad (7.11)$$

где Φ_d – действительный фонд времени за плановый период; N – программа выпуска.

Действительный фонд времени за плановый период определяется по формуле

$$\Phi_d = c \cdot D \cdot \kappa_n \cdot 41 \cdot 60 / 5 \text{ (мин)}, \quad (7.12)$$

где c – количество рабочих смен; D – количество рабочих дней за плановый период; κ_n – коэффициент регламентированных перерывов ($\kappa_n = 0,95$).

Трудоемкость i -й операции сборки определяется исходя из производительности оборудования, применяемого для выполнения операции, и количества устанавливаемых на данной операции ЭРЭ

$$T_i = n \cdot 60 / P \text{ (мин)}, \quad (7.13)$$

где P – производительность единицы оборудования, шт/час; n – количество устанавливаемых на данной операции ЭРЭ.

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

$$0,9 < T_i / T_e < 1,2 \quad (7.14)$$

Порядок выполнения задания

- 1 Определить действительный фонд времени за плановый период.
- 2 Определить ритм сборки.
- 3 Определить последовательность операций сборки.
- 4 Определить трудоемкость операций сборки.
- 5 Определить для каждой операции сборки отношение T_i / T_e .
- 6 Разработать технологическую схему сборки.
- 7 Вычертить технологическую схему сборки на листах формата А4.

Задание 3. Разработка маршрутной технологии сборки блока ЭА и выбор оптимального варианта

Теоретические сведения

Сборку блоков ЭА проводят в три этапа. На первом этапе (механическая сборка):

- выполняют неразъемные соединения деталей и сборочных единиц с платой (развальцовкой, склеиванием и т. д.);
- устанавливают крепежные детали (угольники, кронштейны, лепестки и т. д.);
- закрепляют крупногабаритные (трансформаторы питания и т. д.) элементы собственным крепежом.

На втором этапе (электрический монтаж):

- выполняют заготовительные операции (подготовку проводов, жгутов, кабелей, выводов ЭРЭ);
- устанавливают навесные ЭРЭ и микросхемы на платы;

- выполняют электрические соединения (монтаж) в соответствии с электрической принципиальной или электромонтажной схемой;

- контролируют качество монтажа.

На третьем этапе:

- контролируют качество сборки и маркируют изделия;

- выполняют регулировочно-настроечные работы.

При наличии в конструкции ЭА поверхностно-монтируемых компонентов (ПМК) выделяют три основных варианта конструктивного исполнения блоков: чисто поверхностный монтаж (тип 1), при котором на одной или двух сторонах печатной платы расположены только ПМК; смешанный монтаж (тип 2), когда на одной или двух сторонах печатной платы размещаются сложные ПМ-компоненты и компоненты со штыревыми выводами и смешанно-разнесенный монтаж (тип 3), при котором компоненты со штыревыми выводами размещаются на лицевой стороне печатной платы, а простые ПМ-компоненты – на обратной стороне.

Технологический процесс сборки конструктива типа 1 начинается с нанесения (чаще всего методом трафаретной печати) припойной пасты на контактные площадки (рисунок 7.4). Компоненты устанавливаются на печатную плату и осуществляется их пайка. Некоторые припойные пасты подсушивают перед пайкой для удаления летучих соединений и стабилизации свойств. Для плат с двухсторонней установкой компонентов приведенные выше операции повторяются. Компоненты, находящиеся на лицевой поверхности печатной платы, повторно подвергаются нагреву. Однако вследствие действия сил поверхностного натяжения в припойной пасте они остаются на своих местах.

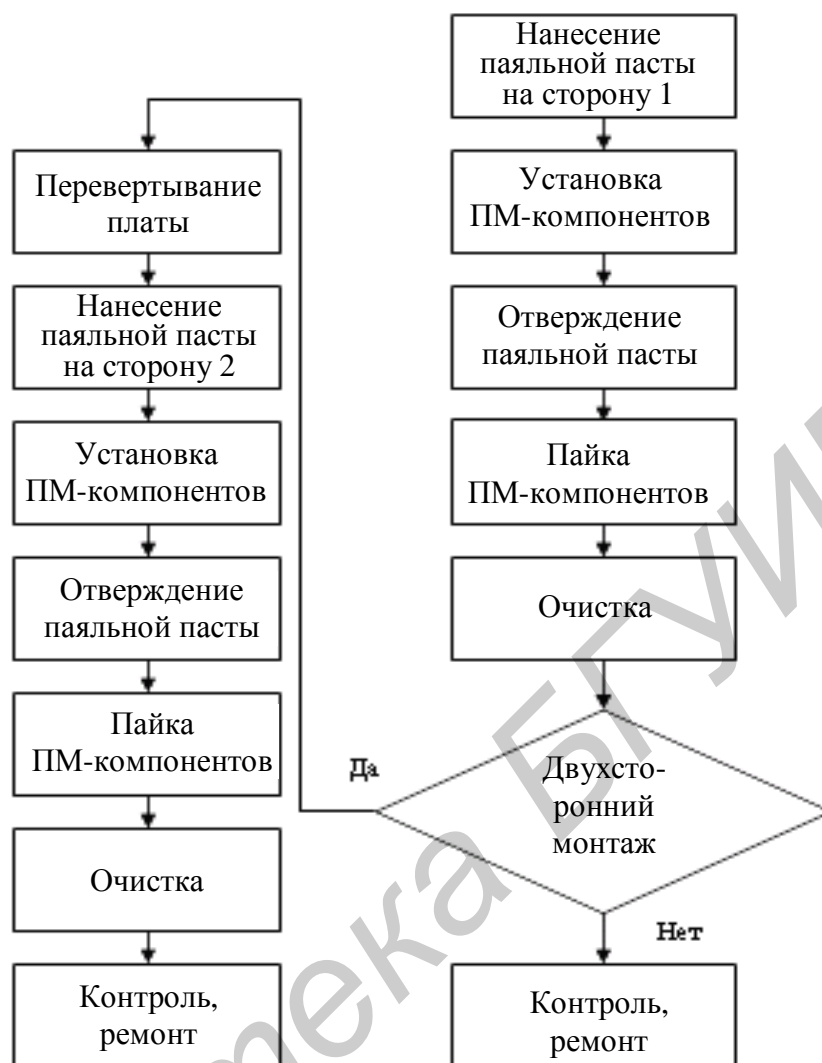


Рисунок 7.4 – Схема технологического процесса сборки конструктива типа 1

Технологический процесс сборки конструктива типа 2 является комбинацией технологических процессов сборки конструктивов типов 1 и 3 и использует все операции, характерные для этих типов (рисунок 7.5). Это наиболее сложный вариант для практической реализации, потому что он содержит максимальное число операций.

Первой операцией технологического процесса сборки конструктива типа 3 будет автоматизированная установка компонентов со штыревыми выводами с их подгибкой (рисунок 7.6). Она выполняется на серийном оборудовании. Далее плата переворачивается и на места установки ПМ-компонентов наносится адгезив. С помощью автоматических укладчиков устанавливаются ПМ-компоненты и осуществляется подсушивание адгезива в конвекционных или инфракрасных печах. После отверждения адгезива плата переворачивается обратно и производится пайка выводов традиционных и ПМ-компонентов волновой пайкой. Дискретные ПМ-компоненты за счет приклеивания во время пайки остаются на своих местах. Последние операции всех технологических

процессов – очистка и контроль. Некоторые фирмы осуществляют пайку волной припоя и ПМ-корпуса ИМС (SO). Однако это не рекомендуется ввиду высоких тепловых нагрузок на корпуса, снижения коррозионной стойкости и надежности ИМС.

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

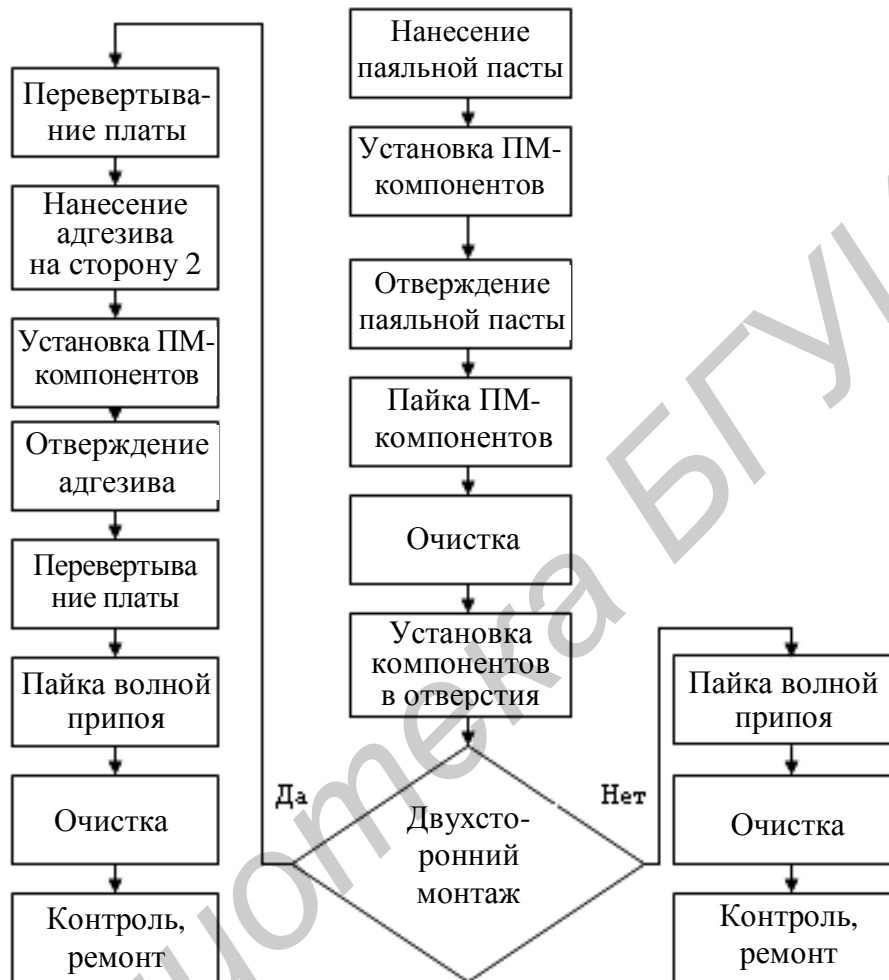


Рисунок 7.5 – Схема технологического процесса сборки конструктива типа 2

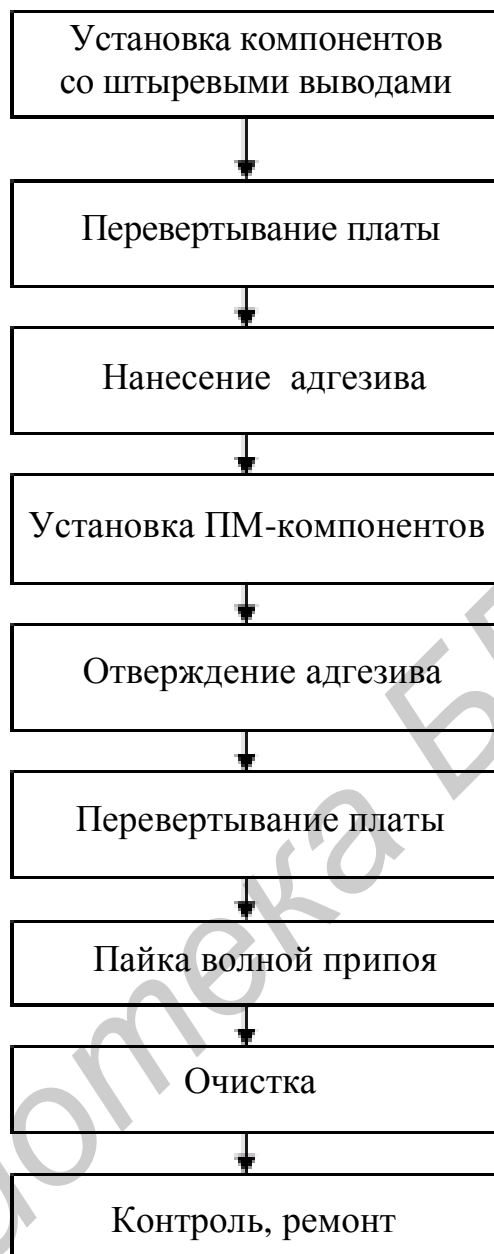


Рисунок 7.6 – Схема технологического процесса сборки конструктива типа 3

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

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

$$Q = \frac{\Phi_d}{\sum_{i=1}^n T_{шт i}}, \quad (7.15)$$

где Φ_d – действительный фонд времени за плановый период; n – количество операций ТП; $T_{шт i}$ – трудоемкость i -й операции.

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

Штучно-калькуляционное время равно

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п-з} / N, \quad (7.16)$$

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

Штучное время затрачивается на каждое изделие и определяется по формуле

$$T_{шт} = T_{осн} + T_{всп} + T_{обсл} + T_{пер}, \quad (7.17)$$

где $T_{осн}$ – основное время работы оборудования; $T_{всп}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали; $T_{обсл}$ – время обслуживания и замены инструмента; $T_{пер}$ – время регламентированных перерывов в работе.

Для сборочно-монтажного производства $T_{осн}$ и $T_{всп}$ объединяют в оперативное время $T_{оп}$, а $T_{обсл} + T_{пер}$ составляют дополнительное время, его задают в процентах от оперативного в виде коэффициентов. Согласно ОСТ 4ГО.050.012 «Нормирование сборочно-монтажных работ в производстве РЭА» штучное время определяется по формуле

$$T_{шт} = T_{оп} K_1 \left(\frac{K_2 + K_3}{100} + 1 \right), \quad (7.18)$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от сложности аппаратуры и типа производства; K_2 – коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время обслуживания в процентах от оперативного; K_3 – коэффициент, учитывающий долю времени на перерывы в работе в процентах к оперативному времени и зависящий от сложности выполняемой работы и условий труда.

Оперативное время $T_{оп}$ определяют по техническим характеристикам оборудования в соответствии с формулой (7.13).

Значения коэффициентов K_1 и K_2 выбирают по таблице 7.6, K_3 – по таблице 7.7.

Таблица 7.6 – Значения коэффициентов K_1 и K_2

Тип производства	K_1 для аппаратуры			K_2 , %
	2-го поколения	3-го поколения	4-го поколения	
Индивидуальное	1,3	1,8	2,0	10

Мелкосерийное	1,2	1,5	1,8	9,6
Серийное	1,0	1,2	1,5	7,6
Крупносерийное	0,75	0,9	1,12	5,4
Массовое	0,70	0,85	1,05	3,7

Ориентировочно подготовительно-заключительное время на всю годовую программу равно

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{п-з. см}} C D_p, \quad (7.19)$$

где $T_{\text{п-з. см}}$ – сменная норма подготовительно-заключительного времени; C – количество смен; D_p – количество рабочих дней в плановый период.

Таблица 7.7 - Значения коэффициента K_3 в зависимости от условий работы

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

Сменная норма $T_{\text{п-з}}$ определяется инструкцией по эксплуатации оборудования и выражает готовность оборудования на начало ТП (таблица 7.8).

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

$$\sum_{i=1}^m T_{\text{шт.к}i} = \sum_{i=1}^m T_{\text{шт}i} + \sum_{i=1}^m T_{\text{п-з}i} / N, \quad \sum_{i=1}^n T_{\text{шт.к}i} = \sum_{i=1}^n T_{\text{шт}i} + \sum_{i=1}^n T_{\text{п-з}i} / N, \quad (7.20)$$

где m, n – число операций по вариантам.

Тогда критический размер партии изделий равен

$$N_{\text{кр}} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{\text{п-з}i} - \sum_{i=1}^n T_{\text{п-з}i}}{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт}i} - \sum_{i=1}^m T_{\text{шт}i}}. \quad (7.21)$$

Таблица 7.8 – Укрупненные нормы подготовительно-заключительного времени

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

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

Порядок выполнения задания

1 В соответствии с «Общими правилами разработки ТП и выбора средств технологического оснащения» ГОСТ 14.301-73 разработать 2 варианта маршрутного ТП сборки блока ЭА.

2 Для каждого из вариантов выбрать технологическое оборудование по их техническим характеристикам.

3 Рассчитать трудоемкость операций для каждого из вариантов маршрутного ТП сборки блока ЭА, представляя результаты расчетов в виде таблицы 7.9.

4 Определить трудоемкость ТП сборки по сравниваемым вариантам.

5 Рассчитать $N_{кр}$ и определить оптимальный вариант маршрутного ТП сборки и монтажа блока ЭА.

Таблица 7.9 – Маршрутный ТП сборки и монтажа (вариант 1)

№ операции	Наименование операции	Оборудование, оснастка	$T_{опер, м.}$	$T_{шт, м.}$	$T_{п-з, м.}$	$T_{шт.-к, м.}$
Итого:						

Технические характеристики оборудования для сборки и монтажа блоков электронной аппаратуры на печатных платах представлены в приложениях А –В.

Задание 4. Разработка операционной технологии и оформление комплекта технологических документов на процесс сборки блока ЭА

Теоретические сведения

Единые правила выполнения, оформления, комплектации и обращения технологической документации установлены комплексом стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД).

К ТД относятся графические и текстовые документы, назначение и содержание которых приведены в таблице 7.10. Технологическая документация разрабатывается в виде комплекта документов. Виды ТД устанавливает ГОСТ 3.1102-81, состав, формы и правила оформления информационных блоков основной надписи – ГОСТ 3.1103-82, общие требования к документам, формам и бланкам – ГОСТ 3.1104-81, термины и определения основных понятий – ГОСТ 3.1109-82.

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

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

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

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

Документы заполняются следующими способами:

- 1) машинописным с шагом письма 2,54 или 2,6 мм;
- 2) рукописным, черной тушью, с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм (ГОСТ 2.304-81);
- 3) с применением печатного устройства (ГОСТ 2.004-88) шрифтом 11 pt.

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

Таблица 7.10 – Виды и назначение основных технологических документов

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

документов (ВТД) Операционная карта (ОК)	Описание технологической операции с указанием переходов, данных о технологическом оборудовании, оснастке, инструментах и режимах обработки.
Ведомость операции (ВОП)	Описание и перечень всех операций технологического контроля, выполненных в одном цехе в технологической последовательности, с указанием данных о контрольной оснастке, инструментах и требований к контролируемым параметрам.

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

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

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

Далее прописными буквами записывают: «КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ», ниже строчными – название ТП. В нижней части ТЛ указывают номер акта и дату внедрения ТП в производство, например: АКТ N 14-87 от 15.05.2001.

Маршрутная карта (МК) является одним из важнейших технологических документов комплекта и имеет ряд форм. Выбор и установление области применения соответствующих форм МК зависит от видов разрабатываемых технологических процессов, назначения и формы в составе комплекта ТД и

применяемых методов проектирования. Формы и правила оформления МК устанавливает ГОСТ 3.1118-82. При маршрутном и маршрутно-операционном описании ТП МК является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций. При операционном описании ТП МК выполняет роль сводного документа, в котором указывается адресная информация (номер участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

Для изложения ТП в МК используют способ заполнения, при котором информацию вносят построчно несколькими типами строк. Каждому типу строки соответствует свой символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа, и предназначены для обработки содержащейся информации средствами механизации и автоматизации. В качестве обозначения служебных символов приняты буквы русского алфавита, которые отражают определенные виды информации и проставляются перед номером строки (таблица 7.11).

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

Запись в строках, имеющих символ О, следует выполнять в технологической последовательности по всей длине строки с возможностью переноса при необходимости информации на следующие строки. При операционном описании ТП номер проставляют в начале строки. Информацию в строках с символом Т записывают в такой последовательности: приспособления, вспомогательный, режущий, слесарно-монтажный, специальный инструмент, средства измерения. Запись выполняют по всей длине строки, разделяя каждый вид инструмента знаком «;». Количество одновременно применяемых единиц технологической оснастки указывают после кода (обозначения), заключая в скобки, например БГУИ.ХХХХХХ.ХХХ (5), приспособление для гибки.

Таблица 7.11 – Содержание символов, используемых для описания МК

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

О	Содержание операции (перехода)
Т	Применяемая технологическая оснастка

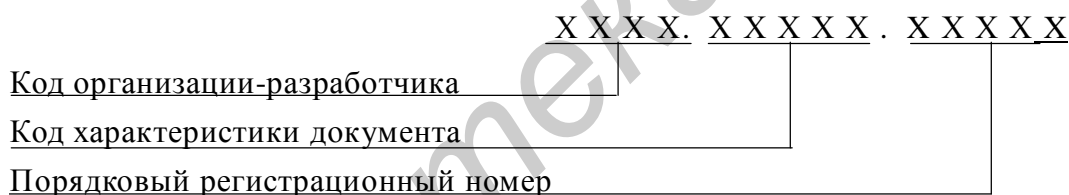
При заполнении МК и ОК руководствуются следующими правилами и требованиями:

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

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

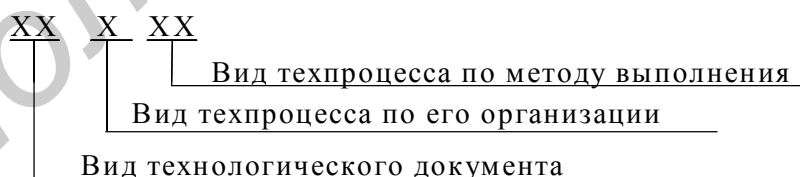
- все операции, включая регулировочные и контрольные, вносить в ТД в порядке их выполнения.

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



Четырехзначный буквенный код организации-разработчика присваивается по классификатору предприятий и организаций. В учебных целях для курсовых проектов рекомендуется назначать код КПКП, для дипломного проекта – ДПКП.

Код характеристики документа расшифровывается следующим образом:



Код характеристики документа назначается в соответствии с таблицами 7.12 – 7.14.

Таблица 7.12 – Вид технологического документа

Код	Вид технологического документа
01	Комплект технологической документации
10	Маршрутная карта
20	Карта эскизов
25	Технологическая карта
30	Комплектовочная карта

40	Ведомость документов
42	Ведомость оснастки
43	Ведомость материалов
44	Ведомость деталей (сборочных единиц)
50	Карта технологического процесса
60	Операционная карта

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

Таблица 7.13 – Вид техпроцесса по организации

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

Таблица 7.14 – Вид техпроцесса по методу выполнения

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

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

Согласно ГОСТ 3.1102-81 установлены следующие стадии разработки ТД: на этапе разработки конструкторской документации «Эскизный проект» и «Технический проект» технологическая документация соответствует стадии «Предварительный проект» с присвоением литеры **П**; рабочей документации стадии «Опытный образец» присваивается литера **О**, стадии «Установочная

серия» – литера **А**, массового или серийного производства – литера **Б**. Разработка технологической документации в курсовом и дипломном проекте соответствует стадии технического проекта или рабочей документации на стадии опытного образца.

Порядок выполнения задания

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

Задание 5. Конструирование проволочного резистора переменного сопротивления

Исходные данные

Исходные данные по вариантам задания приведены в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Варианты исходных данных задания

Параметры	№ варианта задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Закон изменения сопротивления	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Значение параметра B	5	1,5	10	3	0,5	4	6	2	8	7
Диаметр каркаса (D), мм	30	40	35	25	30	40	25	45	30	40
Максимальное сопротивление, Ом	200	800	400	1000	100	500	700	250	450	300
Параметры	№ варианта задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Закон изменения сопротивления	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Значение параметра B	5	1,5	10	3	0,5	4	6	2	8	7
Диаметр каркаса (D), мм	35	45	25	40	30	40	30	25	35	45
Максимальное сопротивление, Ом	500	700	250	450	300	200	800	400	1000	100
Параметры	№ варианта задания									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Закон изменения сопротивления	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
Значение параметра B	5	1,5	10	3	0,5	4	6	2	8	7
Диаметр каркаса (D), мм	40	25	45	30	40	40	45	25	40	30
Максимальное сопротивление, Ом	700	400	450	250	300	200	800	400	1000	100

Примечание.

Закон изменения сопротивления резисторов соответствует одной из двух следующих формул:

$$R = A \ln[(Ba/a_{\max}) + 1]; \quad (a)$$

$$R = A \ln[((a/a_{\max}) + B)^2 - B^2 + 1]. \quad (б)$$

Порядок выполнения задания

1 Вычислить коэффициент A при условии $R = R_{\max}$ и $\frac{a}{a_{\max}} = 1$.

2 Построить графическую зависимость сопротивления от нормированного значения угла поворота планки на оси ротора $\left(\frac{a}{a_{\max}}\right)$, разбить ее на n равных участков (секций), число которых рекомендуется брать в пределах 10–20. Значение максимального угла поворота α_{\max} составляет обычно 320–330°.

3 Рассчитать ширину секции W по формуле

$$W = p \cdot D \cdot [(a_{\max}/360)/n].$$

4 Спроектировать прямоугольный каркас для первой секции, для которого сопротивление при повороте ротора изменяется по линейному закону.

Высота этой секции вычисляется по удельному сопротивлению выбранного провода и его диаметру (см. табл. 7.16) таким образом, чтобы при плотной намотке провода на рассчитанной ширине W получить заданное приращение сопротивления ΔR_i .

Таблица 7.16 – Характеристики проводов, применяемых для изготовления проволочных резисторов

Диаметр провода, мм	Сопротивление 1 м проволоки, (среднее значение), Ом/м						Количество витков на 1 см плотной намотки
	Нихром (X12 Н80)	Фехраль (X13Ю4)	Костантан ГОСТ 5307-77		Манганин ГОСТ 10155-75		
			мягк.	тврд.	мягк.	тврд.	
0,08	215			104,6	100,8	102,8	110
0,09				90,4	78,9	80,6	99
0,10	138	153	76,4	81,1	70,6	72,0	90
0,12			50,5	53,5	47,5	48,6	75
0,15	62,2	67,2	30,8	32,6	29,6	30,2	60
0,18			20,7	22,9	21,2	21,7	51
0,20	34,4	38,2	16,6	17,5	17,0	17,3	46
0,25	22,0	24,4	10,4	10,9	10,3	10,8	37
0,30	15,3	17,8	7,1	7,5	7,2	7,4	30

5 Рассчитать высоту последующих секций шириной W_i на основании величин приращений ΔR_i .

6 Построить развертку каркаса резистора в виде набора прямоугольных секций разной высоты.

7 Определить окончательную форму каркаса путем проведения интерполяционной кривой через средние точки секций.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1 Рычина, Т. А. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы / Т. А. Рычина, А. В. Зеленский. – М. : Радио и связь, 1989.

2 Свитенко, В. И. Электрорадиоэлементы / В. И. Свитенко. – М. : Высш. шк., 1987.

3 Приборы с зарядовой связью / под ред. М. Хоуза, Д. Морган. – М. : Энергоиздат, 1987.

4 Верещагин, И. К. Введение в оптоэлектронику / И. К. Верещагин, Л. К. Косяченко, С. М. Кокин. – М. : Высш. шк., 1991.

5 Быстров, Ю. А. Электронные приборы для отображения информации / Ю. А. Быстров, И. И. Литвак, Г. М. Персианов. – М. : Радио и связь, 1985.

6 Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И. П. Бушминский [и др.] ; под ред. А. П. Достанко, Ш. М. Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989.

7 Достанко, А. П. Технология производства ЭВМ / А. П. Достанко, М. И. Пикуль, А. А. Хмыль. – Минск : Высш. шк., 1994.

8 Технология поверхностного монтажа : учеб. пособие / С. П. Кундас [и др.]. – Минск : «Армита – Маркетинг, Менеджмент», 2000.

9 Технология радиоэлектронных устройств и автоматизация производства : учебник / А. П. Достанко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Достанко. – Минск : Высш. шк., 2002.

Дополнительная

10 Зеленка, И. В. Резонаторы на объемных и поверхностных акустических волнах / И. В. Зеленка. – М. : Радио и связь, 1986.

11 Яблонский, Ф. М. Средства отображения информации / Ф. М. Яблонский, Ю. В. Троицкий. – М. : Высш. шк., 1985.

12 Орлов, В. С. Фильтры на ПАВ / В. С. Орлов, В. С. Бондаренко. – М. : Радио и связь, 1986.

13 Вуколов, Н. И. Знакосинтезирующие индикаторы / Н. И. Вуколов, А. Н. Михайлов. – М. : Радио и связь, 1987.

14 Грязнов, Н. М. Трансформаторы и дроссели в импульсных устройствах / Н. М. Грязнов. – М. : Радио и связь, 1986.

Учебно-методические пособия

15 Собчук, Н. С. Лабораторный практикум по дисциплине ЭРЭ и УФЭ. В 4 ч. Ч. 2 / Н. С. Собчук, В. В. Баранов. – Минск : БГУИР, 1991.

16 Баранов, В. В. Лабораторный практикум по дисциплине ЭРЭ и УФЭ. В 4 ч. Ч. 3 / В. В. Баранов, А. А. Костюкевич. – Минск : БГУИР, 1993.

17 Костюкевич, А. А. Лабораторный практикум по дисциплине ЭРЭ и УФЭ. В 4 ч. Ч. 4 / А. А. Костюкевич, В. М. Марченко. – Минск: БГУИР, 1994.

18 Методические указания и контрольные задания по дисциплинам «Элементная база средств медицинской электроники» и «Электрорадиоэлементы и устройства функциональной электроники» для студ. спец. «Медицинская электроника» и «Проектирование и производство РЭС» заоч. формы обуч. / Л. И. Гурский [и др.]. – Минск : БГУИР, 2005.

19 Ануфриев, Л. П. Лабораторные работы по дисциплинам «Технология РЭУ и автоматизация производства» и «Технология ЭВС» / Л. П. Ануфриев, В. Л. Ланин, А. А. Хмыль. – Минск : БГУИР, 1999.

20 Ланин, В. Л. Практические занятия по дисциплине «Технология РЭС и автоматизация производства», «Конструирование и технология электронных средств», «Технология средств медицинской электроники» / В. Л. Ланин – Минск : БГУИР, 2001.

21 Технология РЭУ и автоматизация производства. Курсовое проектирование : учеб. пособие / Л. П. Ануфриев [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2001.

22 Дик, С. К. Электрорадиоэлементы, узлы функциональной микрорэлектроники и технология РЭС : электронный учеб.-метод. комплекс для студ. спец. «Техническое обеспечение безопасности» / С. К. Дик, А. А. Костюкевич. – <http://www.bsuir.by>.

23 Проектирование и производство РЭС. Дипломное проектирование: учеб. пособие / А. П. Достанко [и др.]. – Минск : БГУИР, 2006.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И МОНТАЖА ЭЛЕМЕНТОВ

Наименование	Тип, условный шифр	Тип ЭРЭ, ИМС	Производительность шт./ч	Габаритные размеры, мм
1	2	3	4	5
ЭРЭ С ОСЕВЫМИ ВЫВОДАМИ				
Полуавтомат подготовки резисторов и диодов	ГГ-2420	Резисторы С2 (0,125-1,0). Диоды 2Д 503,504	3000	600x500x800
Автомат П-образной формовки	ГГ-1611	Резисторы С2 (0,125-0,5)	3600	330x380x405
Аппарат подготовки выводов	АВП-1	ЭРЭ в цилиндрич. корпусе диаметром 2-4 мм, длина 6-15 мм, уст. размеры 10-35 мм	9700	700x400x610
Полуавтомат формовки UNITRA	РК-R-707	ЭРЭ с осевыми выводами и установочными размерами 5-40 мм	5000	480x230x220
Полуавтомат формовки H.Streckfuck	С-043	ЭРЭ с осевыми выводами диаметром 2-15мм, длина 6-15 мм, устан. размер 7,5-50 мм	7000	
Устройство установки радиоэлементов УР-5	ГГ1936	Автоматическая установка ЭРЭ с осевыми выводами на плату и подгибка выводов: резисторы типа С2-23 0,125-0,5; диоды Д9, конденсаторы КМ-3а	2500	
Полуавтомат укладки элементов УР-10	ГГ2487	Установка ЭРЭ и ИМС на плату: резисторы типа С2-23 0,125-1,0; диоды Д9, ИМС201.14-1. Макс. размер печатной платы 250x160x3	4800(ИМС) 3600(ЭРЭ)	
ЭРЭ С ОДНОНАПРАВЛЕННЫМИ ВЫВОДАМИ				
Полуавтомат подготовки диодов	ДМВМ 2.241.00 6	Диоды Д223, П-образная формовка в установочный размер 20 мм	4500	900x850x900
Полуавтомат рихтовки и обрезки выводов транзисторов	ГГ-2293	МП42, МП416, ГТ309	300	295x215x275
Автомат подготовки транзисторов	2.241.009	Транзисторы КТ 315, установочный размер 2,5 мм	1500	1700x450x1200
Автомат формовки выводов микросхем	ГГ-2629	Корпуса 101 МС 14-1,401,403	1200	900x400x1500
Автомат формовки (СССР)	А Ф3-1	Транзисторы КТ1-КТ26. Конденсаторы К-10-7В с устан. размером 5-30 мм	6000	800x500x600
Полуавтомат формовки UNITRA (Польша)	РК-R-042	Конденсаторы КТ1-КТ12, КМ5 с установочным размером 5-30 мм	2000	360x470x400

1	2	3	4	5
Полуавтомат подготовки ИМС	ГГ-2125	Корпуса типа 301.12-1;301.8-1	300	335x300x305
Автомат комплексной подготовки микросхем	АКПМ-020	ИМС типа 401.14. Формовка, лужение, напрессовка припоя	900	1650x640x1450
УСТАНОВКИ ЛУЖЕНИЯ				
Установка лужения ИМС	ГГ-2630	ИМС типа 401.14	1200	1200x400x1400
Автомат лужения микросхем	АЛМ-1	ИМС типов 429.42, 402.16, 405.24, 244.46	600	920x700x1500
Автомат лужения ЭРЭ с осевыми выводами	ДМВМ 2,241,003	Резисторы типа С2, конденсаторы МБМ и др.	3500	800x550x1300
СВЕТОМОНТАЖНЫЕ СТОЛЫ				
Светомонтажный стол		ЭРЭ из 60 ячеек на плату 300x200 мм, слайдопроектор	500...600	1260x760
Стол программной сборки	ТРЕК	ЭРЭ из 80 ячеек на плату 410x410 мм	500...600	2800x2100
Полуавтомат Logpoint	6235	ЭРЭ из 120...280 ячеек на плату 280x200 мм	1000	1400x850
Светомонтажный стол	ТС-1400	ИМС из 30 ячеек на плату 410x250 мм	500	1760x600
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭРЭ И ИМС				
Полуавтомат	УР-5	Транзисторы, ЭРЭ с осевыми выводами	2500	500x700x500
Полуавтомат	УР-6	ЭРЭ с осевыми выводами	4800	110x730x1370
Полуавтомат	УР-7	Транзисторы типа КТ306	2400	500x500x500
Полуавтомат	УР-10	Микросхемы в корпусе 2 и ЭРЭ с осевыми выводами	3600	1100x730x1370
Автомат	«Трофей»	ЭРЭ с осевыми выводами	9000	1650x1500x1500
Автомат	ГГМ 1.149007	ЭРЭ с однонаправленными выводами	2000	1600x1200x1630

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПАЙКИ И ОЧИСТКИ			
Наименование	Тип ЭРЭ, ИМС	Скорость движения ленты конвейера, м/мин	Габаритные размеры, мм
Автомат пайки микросхем АРГИМ	Микросхемы в корпусе 401.14, 50 шт. в кассете, 30 кассет. Производительность – 400 шт./ч	-	1400x850x1020
Автомат сборки плат АСП 901	Установка и пайка ИМС в корпусе 401.14-3,4 на платы групповым паяльником. Производительность – до 800 шт./ч	-	1380x830x1300
Линия пайки механизированная ЛПМ-300	Пайка плат волной припоя с шириной до 300 мм. Механический нагнетатель припоя, пенное флюсование	0,3-3,0	3200x1100x670
Установка пайки Astra-300 Hollis Engineering (США)	Пайка плат широкой волной припоя (до 400 мм). Воздушный нож для удаления излишков припоя. Масса припоя – 188 кг	0,5-5,0	3600x1067x1620
Установка пайки 6TF /160 Kirsten (Швейцария)	Пайка плат шириной до 160 мм. Электромагнитный нагнетатель припоя. Настольное исполнение	0,3-3,0	2300x680x560
Установка пайки Esonopak-229 Electrovert (Канада)	Пайка обычных и чиповых элементов двойной волной припоя шириной до 380 мм. Микропроцессорное управление	0,3-3,0	4267x1700x1910
Линия промывки плат ЛПП-90 1	Групповая 4-стадийная отмывка плат в растворителях. Мощность – 30 кВт	0,15-1,2	3200x900x1400
Линия промывки плат Aquarak	Многостадийная отмывка плат после пайки. Число ванн – 2-5	2-6	5000x600x1100

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА		
Наименование	Назначение	Технические характеристики
Установка трафаретной печати 903.001/903.002	Ручное нанесение паяльной пасты через металлические шаблоны ракелем	Рабочее поле от 160x100 мм до 360x235 мм. Скорость движения ракеля – 38-152 мм/с
Полуавтомат трафаретной печати SP-20	Нанесение паяльной пасты в полуавтоматическом режиме. Ручная загрузка-выгрузка плат	Рабочее поле до 521x470 мм. Скорость движения ракеля – 9,5-127 мм/с
Полуавтомат трафаретной печати SPM	Нанесение паяльной пасты в полуавтоматическом режиме. Встроенная система управления, система технического зрения	Рабочее поле – до 508x406 мм. Скорость движения ракеля – 6,35-127 мм/с
Автомат трафаретной печати Umpaprint 2000	Нанесение паяльной пасты в автоматическом режиме: загрузка и выгрузка плат, совмещение, контроль качества	Производительность – до 300 шт./ч. Компоненты – от чип до микросхемы PLCC
Полуавтомат трафаретной печати ERSA 248	Обеспечивает высокую точность нанесения паяльной пасты и гибкость в управлении	Рабочее поле – до 500x400 мм. Скорость движения ракеля – 10-70мм/с
Автомат трафаретной печати INFINITI	Высокая скорость и точность	Рабочее поле – до 510x508 мм. Скорость движения ракеля – 2-150мм/с
Манипулятор LM900 (Philips, Holland)	Ручная установка компонентов на платы вакуумным пинцетом, перемещаемым по осям x/y/z	Габариты платы – до 440x245 мм. Производительность – до 600 шт./ч
Манипулятор LM901 (Philips, Holland)	Ручная установка компонентов на платы, автоматическое включение вакуума при захвате	Производительность – до 900 шт./ч. Количество типоминалов – до 1500
Полуавтомат SM902 (Philips, Holland)	Установка компонентов по программе с 2- координатным механизмом наведения головки	Производительность – 1,5-2,4 тыс. шт./ч. Количество типоминалов – до 32
Полуавтомат MA(NM-2521B) (Panasonic, Japan)	Полуавтоматическая установка компонентов на платы	Габариты платы – до 330x250 мм. Компоненты – SOT-23, SOT-89
Полуавтомат ECM96 (Philips, Holland)	Полуавтоматическая установка компонентов на платы. Техническое зрение с 2 камерами	Производительность – до 3500 шт./ч. Питатели – ленты, кассеты, матричные поддоны
Автомат MT-D(NM-2501) (Panasonic, Japan)	Автоматическая установка компонентов с шагом до 0,5 мм и возможностью гибкой наладки	Компоненты – от чипа до ИМС PLCC 40x40 мм. Габариты платы – до 450x400 мм
Автомат MCMIII (Philips, Holland)	Автоматическая установка компонентов с возможностью гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ	Производительность – до 12000 шт./ч. Компоненты – чип, ИМС. Габариты платы – до 450x450 мм
Автомат HSI80 (Siemens, Germany)	Автоматическая установка компонентов с возможностью	Производительность – до 10000 шт./ч. Компоненты –

	гибкой переналадки и управлением от ПЭВМ	чип, SOT -23, SOT –89. Габариты платы – до 380x210 мм
--	--	--

Библиотека БГУИР

Пример заполнения второго листа маршрутной карты

		ДПКП.406124.001				---		ДПКП.10188.00001				7						
		В	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции											
		Г											Обозначение документа					
		Д					Код оборудования							Наименование, модель оборудования				
		Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Тп-з	Тшт.					
		Л/М											Наименование детали, сборочной единицы или материала					
		Н/М					Обозначение, код		ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх					
		01																
		В02	26					125		0310 Визуальный контроль								
		Г03	ДПКП.25103.00034, ИОТ для контролеров															
		Д04	Стол рабочий ОМ-1971															
		Е05	03	13460	5	1	1	1	1,0	3	24,0							
		Т06	Пинцет ГОСТ 21241-89															
		Т07	Приспособление для визуального контроля															
		Т08	ГГ 63669/0.12															
		О09	Осуществить визуальный контроль качества сборки															
		10																
		11																
		12																
		13																
		14																
		15																
		16																
		17																
		18																
		19																
		20																
		21																
		22																
		23																
		24																
		25																
		26																
		27																
		28																
		29																
		30																
		31																
		32																
Дубл.	Взам.	Подл.																
			МК															

Пример заполнения ведомости технологических документов

						ДПКП.01188.00001	1	1	
		БГУИР	ДПКП.301304.001			ДПКП.40198.00001			
			Усилитель фототока					О	
		С	НПП	Обозначение ДСЕ	Наименование ДСЕ		КП		
		Ф	ЦЦН	Обозначение комплекта ТД	Наименование комплектов ТД		Листов		
		Г	Обозначение ТД	Услов.обоз.	Лист	Листов	Примечание		
		01							
		02	ДПКП.01188.00010		<u>Комплект технологической документации</u>				
		03							
		Ф04	1	ДПКП.01188.00001	Титульный лист		1		
		05							
		Ф06	2	ДПКП.10188.00001 МК	Маршрутная карта		4		
		07							
		Ф08	3	ДПКП.20188.00001 КЭ	Карта эскизов		1		
		09							
		Ф10	4	ДПКП.30196.00001 КК	Комплектовочная карта		3		
		11							
		Ф12	5	ДПКП.40198.00001 ВТД	Ведомость технолог. докум.		1		
		13							
		Ф14	6	ДПКП.42188.00001 ВО	Ведомость оснастки		1		
		15							
		16							
		17							
		18							
		19							
		20							
		21							
		22							
		23							
		24							
		25							
		26							
		27							
		28							
		29							
		30							
		31							
		32							
		33							
		34							
		35							
		36							
					Разраб.	Кашко В.В.			
					Проверил	Ланин В. Л.			
					Нач. бюро				
					Согл. БМН				
					Н. контр.	Собчук Н.С.			
			ВТД						

Пример заполнения комплекточной карты

					ДПКП.01188.00001	3	1				
					ДПКП.406124.001	---	ДПКП.30196.00001				
					Сигнализатор концентрации паров аммиака АСПА		0				
				В	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		
				Л/М	Поз.	Наименование детали, сборочной единицы или материала					
				Н/М	Обозначение		ОПП	ЕВ	ЕН	Кп	Н. расх.
				Я				Раз. п.	Общ. п.	Такт. п.	
				01							
				В02	2	010	8831 Установка модуля питания				
				Л03	1	Модуль питания					
				Н04	АРС 6.122.001			шт.	1	1	
				Л05	2	Основание					
				Н06	АРС 8.074.002			шт.	1	1	
				Л07	3	Винт самонарезной 4x8.05					
				Н08	ГОСТ 10620-80			шт.	1	4	
				Л09	4	Шайба 4.04.016					
				Н10	ГОСТ 10450-78			шт.	1	4	
				11							
				В12	3	015	8831 Установка выключателя				
				Л13	1	Втулка предохранительная резиновая 6-6					
				Н14	ГОСТ 19421-74			шт.	1	1	
				Л15	2	Выключатель сетевой					
				Н16	тип 8600 SPST			шт.	1	1	
				17							
				В18	4	020	8831 Установка шнура сетевого				
				Л19	1	Шнур сетевой с евровилкой					
				Н20	AC-162			шт.	1	1	
				Л21	2	Стяжка для кабеля CCCV-CV-075					
				Н22	UL94V-2			шт.	1	1	
				Л23	3	Скоба для кабеля (Рвн 6 мм)					
				Н24	NF 1, 2			шт.	1	1	
				Л25	4	Лепесток 1-2-3,2x12-05					
				Н26	ГОСТ 22376-77			шт.	1	1	
				27							
				28							
				29							
				30							
				31							
Дубл.	Взам.	Подл.						Разраб.	Егоров И.В.		
							Проверил	Бондарик В.М.			
								Т. Контр.	Ланин В.Л.		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н. контр.	Сидоров А.Н.					
КК											

Пример заполнения операционной карты

							ДПКП.01188.00001		1		1			
							ДПКП.406124.001	---		ДПКП.60188.00001				
							Контроллер				O			
			В	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции						
			Г	Обозначение документа										
			Д	Код оборудования				Наименование, модель оборудования						
			Е	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп-з	Тшт.
			Л/М	Наименование детали, сборочной единицы или материала										
			Н/М	Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх		
			01											
			В02			5		020	8870 Установка и пайка резисторов					
			Г03	ДПКП.25188.00001, ИОТ для слесаря-сборщика РЭА										
			Д04	Стол рабочий ОМ-1971										
			Е05	03	14544	4		1	1	1	1,0	5	7,56	
			Т06	Пинцет ГОСТ 21241-89										
			Т07	Кусачки монтажные ГОСТ 24244-87.										
			Т08	Паяльник ПВНРС 65-42										
			О09	1 Извлечь плату ДПКП. 758142.002 и установить в приспособление.										
			10	2 Установить резисторы R50...R65, R72...R76 на плату согласно чертежу.										
			11	3 Паять установленные резисторы припоем ПОС-61 ГОСТ 21931-76.										
			12	4 Проверить внешним осмотром качество пайки.										
			13	5 Заполнить сопроводительную документацию и отправить изделие дальше по маршруту.										
			14											
			15											
			16											
			17											
			18											
			19											
			20											
			21											
			22											
			23											
			24											
			25											
			26											
			27											
			28											
			29											
Дубл.	Взам.	Подп.						Разраб.	Егоров И.В.					
								Проверил	Бондарик В.М.					
									Нач. бюро	Ланин В.Л.				
									Согл. БМН					
			Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н. контр.	Сидоров А.Н.					
			OK											

Учебное издание

Костюкевич Анатолий Александрович

**ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТЫ, УЗЛЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ**

Методическое пособие

для студентов специальности I-38 02 03
«Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Редактор Т. П. Андрейченко
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать 22.11.2007.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 2,2.

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,79.
Заказ 329.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0056964 от 01.10.2004. ЛП № 02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6.