

З.М. СЕЛИВАНОВА

ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА РЭС

СБОРКА И МОНТАЖ РЭС

НАСТРОЙКА, РЕГУЛИРОВКА, КОНТРОЛЬ РЭС

КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ РЭС

◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

УДК 621.396.6.075
ББК с844-06я-73
С291

Рецензенты:

Кандидат технических наук,
профессор кафедры "Материалы и технология" ТГТУ
Ю.А. Брусенцов

Доктор технических наук,
профессор кафедры "Радиосвязь (авиационная)"
Тамбовского высшего военного авиационного инженерного
училища радиоэлектроники (военного института)
И.Г. Карпов

Селиванова, З.М.

С291 Технология радиоэлектронных средств : учебное пособие /
З.М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. –
80 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0900-5.

Представлены теоретические и практические сведения по технологической подготовке производства радиоэлектронных средств, технологической документации, технологическим процессам сборки, монтажа, настройки и регулировки, контролю и испытанию, обеспечению качества изделий радиоэлектронных средств.

Предназначено для студентов 5 и 6 курсов дневного и заочного отделений, экстерната и дистанционного образования специальности 210201.

УДК 621.396.6.075
ББК с844-06я-73

ISBN 978-5-8265-0900-5

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный
технический университет" (ТГТУ), 2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

З.М. Селиванова

ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рекомендовано учебно-методическим советом
по направлениям 551100 и 210200 (Проектирование и технология
электронных средств) и учебно-методических комиссий
по специальностям 200800 (Проектирование и технология
радиоэлектронных средств) и 220500 (Проектирование и технология
электронно-вычислительных средств) в качестве учебного пособия

Тамбов
Издательство ТГТУ
2010

Учебное издание

С Зоя Михайловна

ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано в печать 18.02.2010.

Формат 60 × 84/16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 107/
здательско-полиграфический центр

Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие "Технология радиоэлектронных средств" предназначено для студентов специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств", которые изучают дисциплину "Технология радиоэлектронных средств" в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования направления подготовки дипломированных специалистов 654300 "Проектирование и технология электронных средств".

Учебное пособие посвящено теоретическим основам и практическим вопросам технологии производства радиоэлектронных средств (РЭС) с целью обеспечения выпуска изделий РЭС высокого качества и с минимальными затратами на изготовление на основе использования прогрессивных и информационных технологий при проектировании и изготовлении изделий РЭС.

В пособии приведены основные сведения по технологической подготовке производства, разработке технологической документации, расчёту, анализу и методам повышения технологичности конструкции РЭС, по разработке и внедрению в производство высокопроизводительных технологических процессов сборки, монтажа, настройки, регулировки, контроля и испытания РЭС.

Большое внимание в пособии уделено вопросам обеспечения качества изделий РЭС на основе применения информационных технологий при исследовании точности изготовления изделий РЭС, оптимизации технологических процессов производства РЭС, а также использованию аппаратных измерительных средств при диагностике, настройке, регулировке изделий РЭС и применению автоматизированного специального технологического оборудования, автоматизированных линий и комплексов для технологических процессов производства РЭС.

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Основным направлением развития производства, подготовка предприятия к выпуску и освоению новой продукции является непрерывное совершенствование технологической подготовки производства (ТПП).

ТПП представляет собой систему производственно-технологических процессов, обеспечивающую на производстве выпуск изделий РЭС в соответствии с техническим заданием на изготовление и с заданным уровнем качества.

1.1. СТАНДАРТЫ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка производства осуществляется на основе единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) [1]. ЕСТПП – это единая система государственных стандартов, регламентирующих все этапы технологической подготовки производства. Применение ЕСТПП способствует повышению качества выпускаемых изделий и эффективности производства в целом на всех этапах организации и управления технологической подготовкой производства на основе использования прогрессивных наукоёмких технологий изготовления радиоэлектронных средств и методов управления ТПП.

Основные задачи ЕСТПП:

- обеспечение подготовки производства к выпуску изделий в сокращённые сроки;
- выпуск изделий РЭС с минимальными затратами на изготовление в соответствии с техническим заданием и требованиями качества.

ЕСТПП определяет для любого типа производства единый подход к организации и технологической подготовке производства, преобразования его к выпуску новой продукции, применению новейших разработок технологического оборудования и оснастки, новых прогрессивных методов изготовления изделий РЭС, к повышению степени механизации и автоматизации производства, к разработке высокопроизводительных технологических процессов изготовления изделий, автоматизированных систем технологической подготовки и управления производством.

На основе ЕСТПП разрабатываются отраслевые системы технологической подготовки производства (ОСТПП), которые учитывают особенности рассматриваемой отрасли.

ЕСТПП создана на основе следующих общетехнических стандартов: Единой системы технологической документации (ЕСТД), Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), Единой системы программной документации (ЕСПД), Единой системы аттестации качества продукции (ЕСК), Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации (ЕСКК).

ЕСТД определяет единую комплектность и систему обеспечения технологической документации, учёт применяемости деталей, сборочных единиц и оснастки, нормативную и справочную информацию. Применение ЕСТД позволяет осуществить автоматизацию при разработке технологической документации, повысить уровень типизации технологических процессов, нормализации и унификации технологического оборудования, инструмента и оснастки.

Положения ЕСТПП, используемые в качестве руководства при проектировании и реализации всех этапов технологической подготовки производства РЭС, является информационной базой и основой информационного обеспечения для создания автоматизированных систем технологической подготовки и управления производством.

1.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

Целью функционирования предприятия является повышение качества и надёжности выпускаемых изделий, уменьшение их себестоимости. Решение этих задач должно быть отражено на всех этапах жизненного цикла предприятия и основных этапах технологической подготовки производства.

В соответствии с ГОСТ 14.004–83 [1] (Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных задач) *технологической подготовкой производства* называется совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства.

Технологическая готовность производства – это наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объёма выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями. *Единой системой технологической подготовки производства* называется система организации и управления технологической подготовкой производства, регламентированная государственными стандартами. *Отраслевая система технологической подготовки производства* – это система организации и управления технологической подготовкой производства, установленная отраслевыми стандартами, разработанными в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП. *Система технологической подготовки производства предприятия* – система организации и управления технологической подготовкой производства, установленная нормативно-технической документацией предприятия в соответствии с государственными стандартами ЕСТПП и ОСТПП.

При описании процесса ТПП оперируют следующими определениями и терминами [2, 3]:

- а) *изделие* – продукция, изготовленная на предприятии;
- б) *деталь* – изделие, при изготовлении которого отсутствуют сборочные операции (скоба, планка, направляющая);
- в) *сборочная единица* – изделие, при изготовлении которого применяются сборочные операции (блок, узел);
- г) *устройство* – совокупность функционально законченных сборочных единиц, изготовленных на несущей конструкции; выполняющая функции передачи преобразования информации и приёма (усилитель);
- д) *узел* – функционально законченная сборочная единица, которая изготовлена на несущей конструкции, реализует функции преобразования сигнала и не имеет самостоятельного применения (модулятор);
- е) *комплекс* – ряд изделий, которые не соединяются сборочными операциями и функционально взаимосвязаны (приёмо-передающий комплекс);
- ж) *комплект* – ряд изделий, не соединённых сборочными единицами, выполняющих вспомогательные функции (комплект измерительных приборов);

- з) *радиоэлектронное средство* – это изделие или его составные части, принцип действия которого основан на радиотехнике и электронике;
- и) *радиоэлектронная система* – это совокупность комплексов и устройств, которые функционально взаимодействуют при решении общей поставленной задачи;
- к) *блок* – устройство или узел, выполненные на несущей конструкции первого или второго уровня;
- л) *ячейка* – устройство или узел, выполненные на несущей конструкции первого уровня;
- м) *несущие конструкции. первого уровня* – предназначена для размещения печатных плат, изделий РЭС; *второго уровня* – предназначена для размещения изделий РЭС, выполненных на основе несущей конструкции первого уровня;
- н) *электронный модуль* – конструктивно и функционально законченное устройство или узел, выполненное в модульном исполнении с обеспечением взаимозаменяемости и совместимости (электрической, конструктивной, информационной).

К основным этапам жизненного цикла предприятия относятся: управление предприятием, производственно-техническое проектирование предприятия и технологическая подготовка производства.

Согласно ЕСТПП этапы технологической подготовки производства включают: проектирование ТПП, организацию производства, конструкторское проектирование, технологическое проектирование и этап экспериментально-контрольных работ. Применение стандартов ЕСТПП способствует сокращению времени разработки технологических процессов и

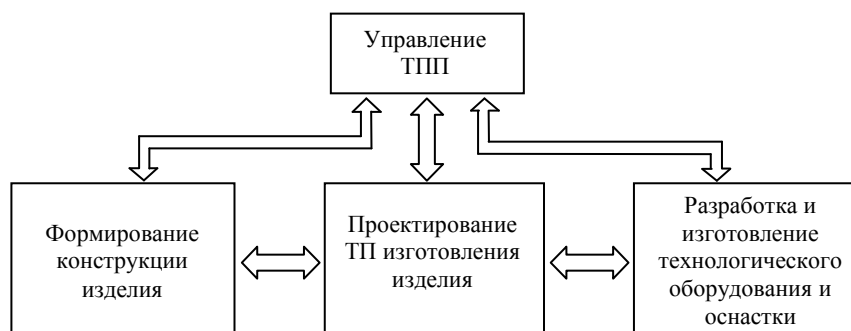


Рис. 1.1. Структурная схема ТПП

оснастки при изготовлении РЭС, значительно сократить время освоения новых изделий.

В процессе технологической подготовки производства решаются задачи анализа технологичности разработанной конструкции, разработки технологических процессов и маршрутов изготовления изделий РЭС (обработки деталей, сборки блоков, узлов и изделий, настройки, регулировки и контроля), технологического конструирования, изготовления и выбора технологического оборудования и оснастки, нормирования расхода материалов и технологических процессов.

Исходные данные для ТПП: конструкторская документация в полном объеме; объем и срок выпуска изделия, перечень поставщиков комплектующих деталей, сборочных единиц, материалов; технико-экономическое обоснование производства изделия с учетом возможных рисков; режим работы предприятия и коэффициент загрузки оборудования.

Структурно ТПП можно представить схемой, отражающей основные функционально взаимосвязанные процессы, представленной на рис. 1.1.

Разработка, изготовление изделий РЭС заданного качества, соответствующих техническим и эксплуатационным требованиям, низкой себестоимостью непосредственно связано с повышением эффективности технологической подготовки производства.

1.3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Основным направлением повышения качества выпускаемой продукции и обеспечение конкурентоспособности промышленных предприятий является повышение технической и экономической эффективности технологической подготовки производства.

В связи с частой сменой ассортимента выпускаемой продукции, сложностью по трудоёмкости и большим временным интервалом разработки технологической подготовки производства, особенно для производств единичного и мелкосерийного типов, повышение эффективности ТПП является актуальной и важной задачей на производстве.

Для повышения эффективности ТПП на современных предприятиях применяется научный подход и средства автоматизации.

Резервы повышения эффективности ТПП заключаются в следующем:

- проведение маркетинга при производстве РЭС;
- внедрение прогрессивных технологий изготовления изделий РЭС;
- модернизация конструкции изделий с учётом современных требований дизайна, эргономичности и промышленной эстетики;
- оптимизация схмотехнических решений;
- модернизация производственной инфраструктуры;
- анализ производственной мощности предприятия-изготовителя;
- повышение производственного труда;
- оценка экономической эффективности всех этапов ТПП;

– сокращение времени на подготовку предприятия к выпуску и освоению новых изделий. Комплексный подход к анализу и реализации вышеприведённых резервов является мощным фактором повышения эффективности ТПП.

Значительным средством повышения эффективности ТПП является создание интеллектуальной автоматизированной системы технологической подготовки производства на основе знаний экспертов и технологов в рассматриваемой предметной области – проектирование и технология радиоэлектронных средств.

Для повышения эффективности ТПП на современных предприятиях применяется научный подход и средства автоматизации.

1.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Развитие производства РЭС непосредственно связано с автоматизацией технологической подготовки производства. В настоящее время широко применяются системы автоматизированного проектирования (САПР), гибкие автоматизированные производственные системы (ГАПС), автоматизированные системы контроля и испытания изделий (АСКИИ). Основное значение в процессе автоматизации изготовления РЭС имеет АСТПП.

АСТПП – это аппаратно-программный комплекс, созданный на основе математического, алгоритмического, информационного, технико-экономического, программного и технического обеспечений. Структурная схема АСТПП представлена на рис. 1.2 [4].

На предварительном этапе автоматизации решаются задачи анализа изделия, подлежащего изготовлению, обоснования необходимого уровня механизации и автоматизации, технологической подготовки производства, создания информационной базы данных и знаний, разработки математического и программного обеспечений, снабжения техническими средствами.



Перспективным направлением развития производства РЭС является создание интеллектуальной АСТПП. При разработке интеллектуальной АСТПП необходимо создать информационную среду, отражающую информацию о планируемых к выпуску изделиях, типовых технологических процессах их изготовления, сборки, монтажа, контроля, настройки, регулировки, видах испытаний изготавливаемых РЭС. Кроме того, база знаний системы должна содержать информацию для проектирования технологического оборудования и оснастки, методику расчёта технико-экономического обоснования эффективности разработанного проекта технологической подготовки производства, оценки технологичности конструкции изделия РЭС, методики нормирования, унификации, стандартизации, взаимозаменяемости деталей и узлов РЭС, разработки технологической документации, а также иметь варианты эффективной системы управления ТПП.

При разработке АСТПП в программном обеспечении АСТПП рекомендуется использовать новые разработки программных продуктов для технологической подготовки производства. Например применять программу **T-FLEX Технология**, разработанную компанией "Топ Системы" [5]. Программа позволяет разработать технологические проекты, технологическую документацию. С помощью программы ГАПР – TFLEX CAD 3D возможно проектирование технологического оборудования и оснастки [5].

В подсистеме управления предприятием в АСТПП предлагается использовать программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП, предназначенный для формирования базы данных технологических процессов [6].

Автоматизация конструкторско-технологической подготовки осуществляется с помощью программы ADEM-VX: разработка конструкторской документации, проектирование техпроцессов, составление технологической документации [7]. Программа разработана группой компаний ADEM.

Компания B2B-Energo предлагает программно-технические комплексы для автоматизации функционирования систем контроля и управления технологическими процессами, для автоматизации функционирования систем технологической подготовки производства [8].

Компания "Клио-Софт" разрабатывает современное программное обеспечение для управляющих программ ЧПУ, разработки изделий, технологической подготовки производства и управления жизненным циклом изделия [9].

Компания SolidWorks Russia разработала САПР ТП SWR-Технология (система подготовки технологической документации), которая является специализированным модулем, предназначенным для информационной поддержки и автоматизации проектирования технологических процессов и разработки технологической документации [10].

1.5. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ РЭС

В соответствии с международным стандартом качества продукции ISO 9000 определены основные этапы жизненного цикла продукции предприятий, начиная с разработки технического задания на изготовление изделия, его эксплуатацию и в дальнейшем – утилизацию [11]. К основным этапам жизненного цикла изделий РЭС относятся следующие:

- маркетинг и изучение рынка;
- проектирование и разработка продукта;
- планирование и разработка процессов (технологий производства, эксплуатации и т.п.);
- закупки;
- производство или предоставление услуг;
- упаковка и хранение;
- реализация;
- установка и ввод в эксплуатацию;
- техническая помощь и обслуживание;
- послепродажная деятельность или эксплуатация;
- утилизация и переработка в конце полезного срока службы.

Для повышения эффективности управления процессами жизненного цикла изделия и повышения в итоге качества выпускаемой продукции рекомендуется применение стратегии CALS (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support) – это непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия, которая обеспечивает единую информационную среду при реализации этапов жизненного цикла изготовления РЭС на основе созданных баз данных, осуществляет обмен электронной информацией между участниками жизненного цикла изделия – поставщикам комплектующих, разработчиками, заказчиками, изготовителями и т.д. [12]. Стратегия CALS позволит в результате сократить финансовые, материальные и временные затраты при изготовлении изделий РЭС и повысить их конкурентоспособность.

Для реализации стратегии CALS применяются CALS-технологии (Computer-Aided of Logistics Support).

Структурная схема жизненного цикла РЭС приведена на рис. 1.3. На структурной схеме отражены стадии жизненного цикла в соответствии с Государственным стандартом РФ: техническое задание, эскизный проект, технический проект. *Техническое задание (ТЗ)* – составляется с указанием технических характеристик изделия при согласовании с заказчиком. *Эскизный проект* – совокупность конструкторских документов (КД), содержащих конструкторско-технологические решения, позволяющие иметь общее представление об изделии и его параметрах. Изготавливается действующий образец или серия РЭС и проводятся их испытания. *Технический проект* – совокупность конструкторско-технологической документации, отражающей окончательные технические решения, конструкторские расчёты. Изготавливается опытная серия РЭС и проводятся испытания, после чего разрабатывается рабочая конструкторская документация.

На стадии жизненного цикла – разработка технического задания, проводится научно-исследовательская работа (НИР), которая включает проведение патентного поиска в рассматриваемой предметной области, выбор оптимального технического решения, а также маркетинг и изучение рынка. Опытно-конструкторская работа (ОКР) проводится на стадиях разработки эскизного и технического проектов, включающая проектирование и разработку изделия РЭС, а также на стадиях эскизного и технического проектов проводится планирование и разработка технологических процессов изготовления РЭС, их сборки и монтажа, настройки, регулировки, контроля и ввода в эксплуатацию. На стадии эксплуатации предусмотрена техническая помощь, ремонт и обслуживание.

На стадии опытно-конструкторских работ при проектировании изделий РЭС рекомендуется применение систем автоматизации проектирования CAD (Computer Aided Design) [13, 14]. Для автоматизации конструкторских расчётов (тепловых режимов, виброустойчивости, прочности) применяются системы CAE (Computer Aided Engineering) [15]. При изготовлении действующего и опытного образцов и серий РЭС, разработке технологических и маршрутных процессов используются системы автоматизированной

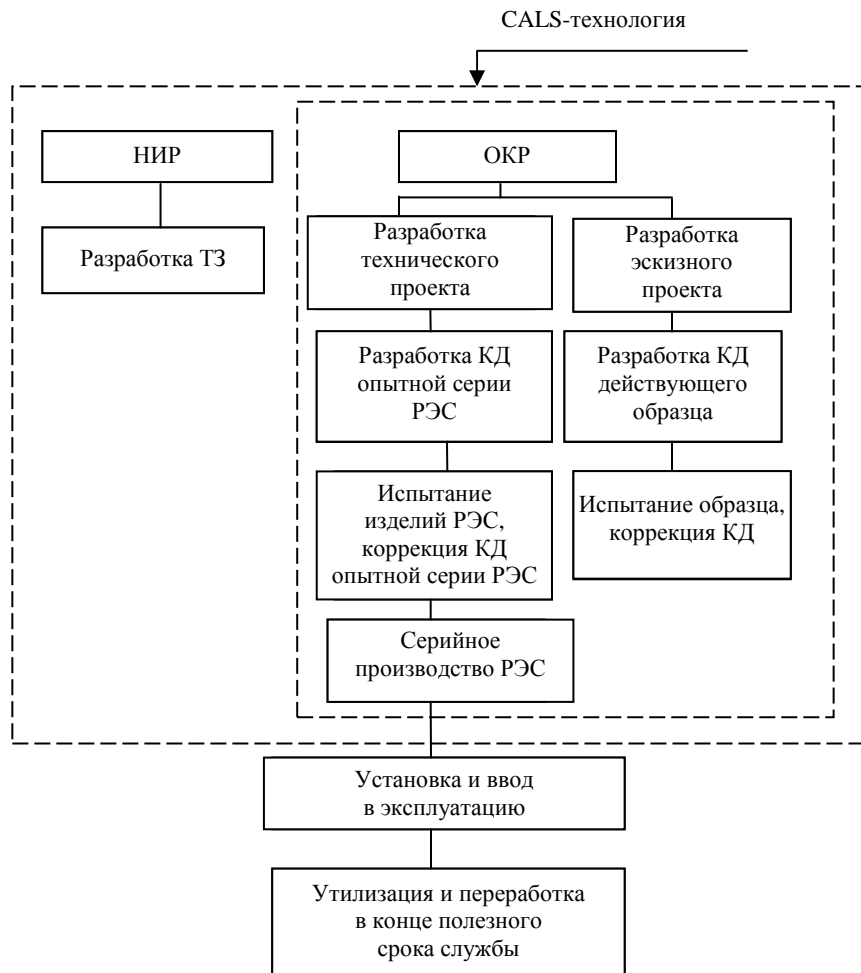


Рис. 1.3. Структурная схема жизненного цикла РЭС

подготовки производства САМ (Computer Aided Manufacturing) [16]. При производстве изделий применяются системы расчёта ресурсов производства МРП [17], расчёта ресурсов предприятий ERP [18], расчёта потребностей в материалах MRP [19].

На этапе установки и эксплуатации изделий РЭС рекомендуется использовать системы автоматизации обслуживания и ремонта изделий SCM [20], электронной коммерции CRM [21].

При проектировании и эксплуатации изделий РЭС широко применяются интерактивные технические руководства [22], которые предоставляют пользователю и разработчикам информацию об изделии в рассматриваемой предметной области, его технических характеристиках, описанию принципа действия, возможных неисправностях и способах их устранения, о системе диагностики неисправностей, а также правила эксплуатации изделия.

Важное значение в жизненном цикле изделий имеют производственные и технологические процессы.

1.6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ РЭС

При изготовлении радиоэлектронных средств основу производства составляют производственный и технологический процессы.

Производственный процесс состоит из основных и вспомогательных процессов, результатом взаимодействия которых является законченное изделие РЭС [23].

Основные процессы заключаются непосредственно в изготовлении на предприятии изделия РЭС и реализуют большинство этапов жизненного цикла изделия до этапа эксплуатации его потребителем.

Вспомогательные процессы являются комплексом взаимодействующих между собой процессов: организационного, технического, технологического и управления производством.

Структурная схема производственного процесса представлена на рис. 1.4.

Технологический процесс входит в состав производственного процесса и является совокупностью технологических операций при изготовлении изделия РЭС, выполняемых в заданной определённой (разработанной) последовательности (обработка деталей, сборка, монтаж, контроль и др.).

Технологическая операция входит в состав технологического процесса, представляет собой действие или совокупность действий рабочих на рабочем месте с деталями или сборочными единицами. К технологическим операциям относятся: пайка, расклёпка, лакирование и др.

Технологическая операция состоит из следующих основных подопераций:

а) *позиция* – подоперация закрепления изделия или инструмента в соответствии с применяемым оборудованием;

- б) *установка* – выполнение технологической подоперации при постоянной позиции изделия;
- в) *переход* – технологическая подоперация по обработке поверхности изделия соответствующими инструментами;
- г) *проход* – технологическая подоперация снятия слоя металла с изделия при механической его обработке.
- Структурная схема обеспечения технологического процесса приведена на рис. 1.5.

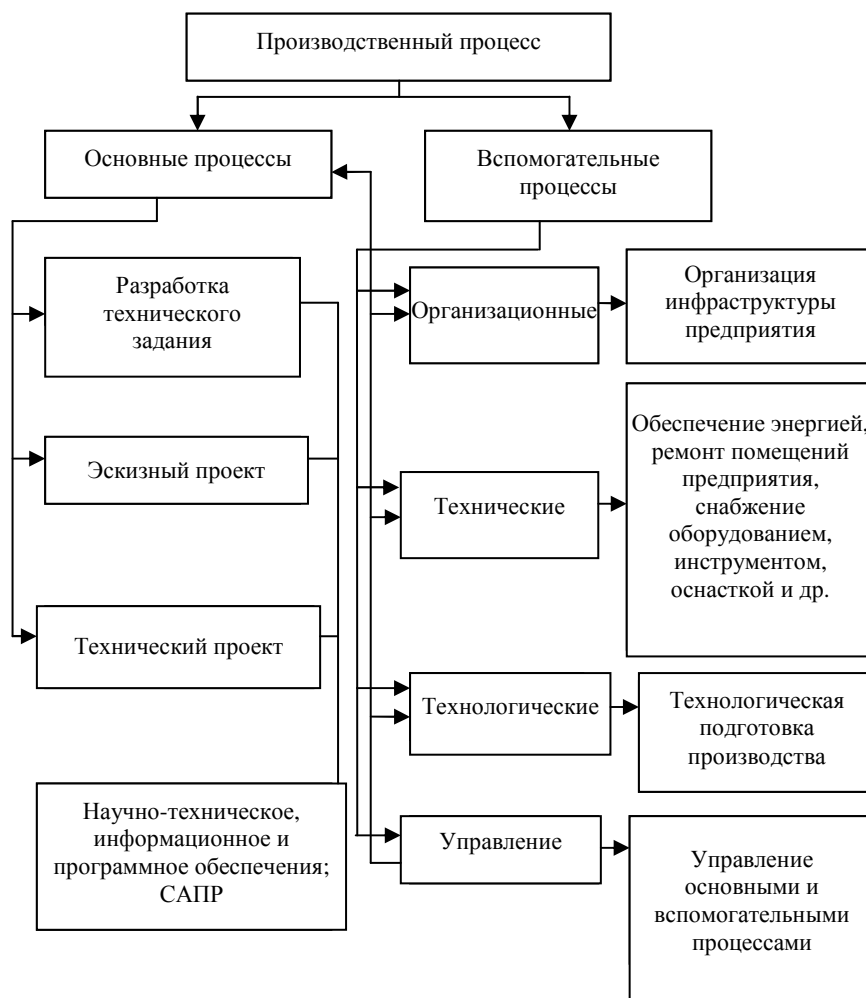


Рис. 1.4. Структурная схема производственного процесса



Рис. 1.5. Структурная схема обеспечения технологического процесса

Предварительным этапом при разработке технологических процессов является формирование исходной информации о сроках и объёме выпуска изделия РЭС, технических и эксплуатационных требованиях к изделию, разработка и наличие конструкторской документации, спецификации изделия. Технологические процессы можно классифицировать в зависимости

от типа производства изделия и функционального назначения техпроцесса. Классификация технологических процессов представлена на структурной схеме (рис. 1.6).

1.7. СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ПРОИЗВОДСТВА РЭС

В соответствии с существующей классификацией производства РЭС разделяют на три вида: единичное, серийное и массовое в зависимости от классификационных признаков: объёма выпуска изделий, периодичности функционирования, применяемого оборудования и оснастки, технико-экономических показателей и квалификации рабочих и обслуживающего персонала. Обобщённая характеристика каждого вида производства РЭС приведена в табл. 1.1.

Кроме того, для единичного серийного и массового производств разрабатываются соответствующие виду производства и выпускаемых изделий РЭС технологические процессы и технологическая документация.

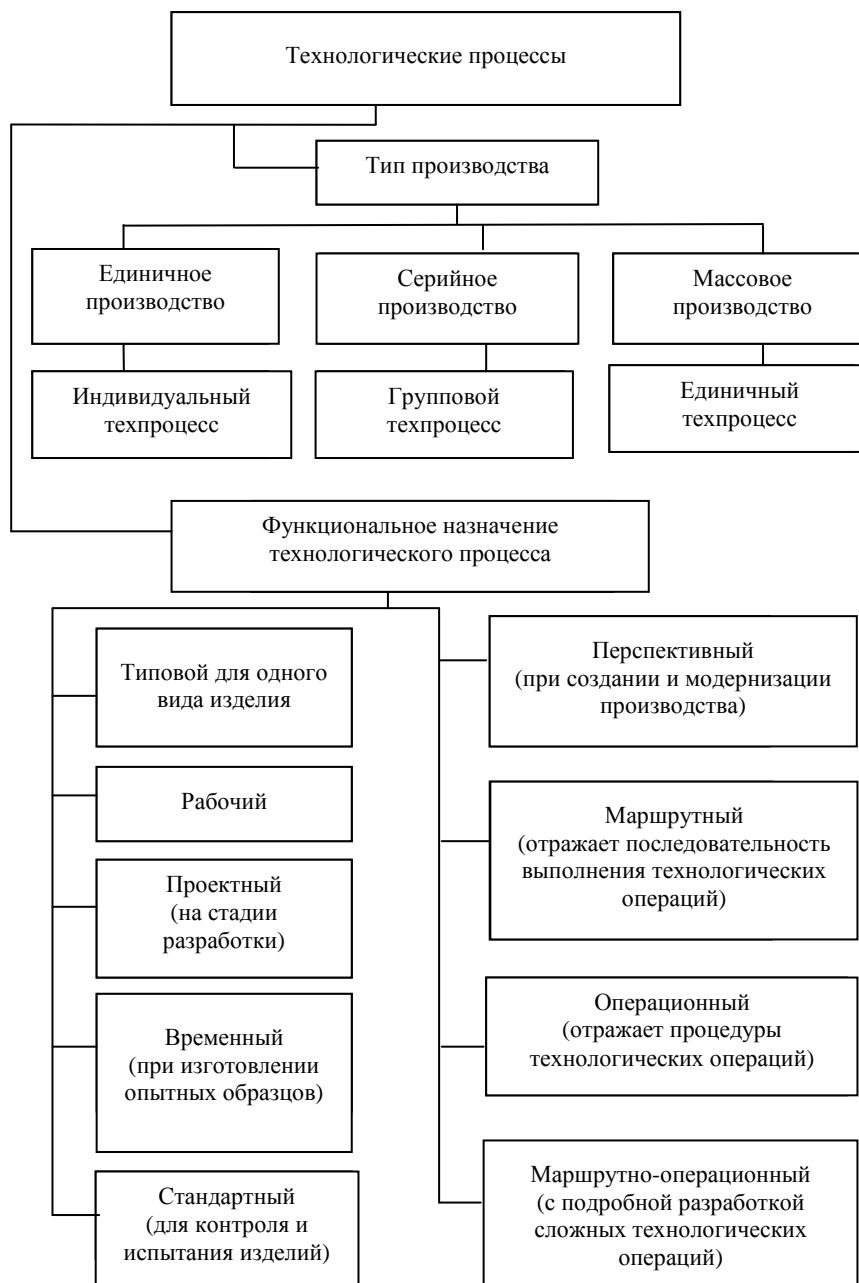


Рис. 1.6. Структурная схема классификации технологических процессов

1.1. Классификация и характеристика видов производств РЭС

Вид производства	Классификационные признаки					Классификация рабочих и обслуживающего персонала
	Объём выпуска изделий	Периодичность функционирования	Применяемое оборудование и оснастка	Технико-экономические показатели	Технико-экономические показатели	
Единичное	Единичный экземпляр	Неопределённая	Универсальное оборудование, инструменты общего назначения	Низкая производительность, высокая себестоимость	Низкая производительность, высокая себестоимость	Высокая
Серийное (мелкосерийное и крупносерийное)	Десятки и тысячи штук	Регулярная	Специальное оборудование, оснастка, инструмент; АСТПП, станки с ЧПУ, ГАПС	Средние производительность и себестоимость	Средние производительность и себестоимость	Высокая и средняя
Массовое	Десятки и сотни тысяч штук	Непрерывное производство	Специальное оборудование, автоматические линии	Производительность высокая, себестоимость низкая	Производительность высокая, себестоимость низкая	Невысокая

1.8. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ РЭС

Технологичность конструкции РЭС – это совокупность конструкторско-технологических требований, позволяющее изготовить изделие с минимальными затратами на производство при выполнении требуемых технических и эксплуатационных условий.

Обеспечение технологичности конструкции изделия РЭС осуществляется в соответствии с ГОСТ 14.201–83 (Обеспечение технологичности конструкции изделия. Общие требования) [24]. При технологической подготовке производства обеспечение технологичности конструкции достигается в результате: отработки конструкции изделия на технологичность на всех этапах разработки изделия РЭС; количественной оценки технологичности; совершенствования условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте изделия, технологическом контроле конструкторской документации и внесении в неё соответствующих изменений. При обработке изделия на технологичность учитывается вид изделия, степень его новизны и сложности, условия изготовления, технического обслуживания и ремонта, объём выпуска изделия, новые высокопроизводительные методы и прогрессивные технологии изготовления, оптимальные условия производства и рациональный выбор и загрузка технологического оборудования и оснастки, связь достигнутых показателей технологичности с другими показателями качества изделия.

Количественная оценка технологичности изделия проводится на основе базовых показателей технологичности, которые определены для каждого класса блоков РЭС в количестве, как правило, не более семи.

Нормативные показатели (K_{TK}) технологичности блоков РЭС в зависимости от класса блока, вида изделия и типа производства [4] представлены в табл. 1.2.

1.2. Нормативные показатели блоков РЭС

Класс блоков	$K_{ТК}$		
	Опытная партия	Установочная серия	Серийное производство
Радиотехнические (радиопередатчики, радиоприёмники)	0,45...0,65	0,75...0,8	0,81...0,85
Электронные (усилители, генераторы)	0,45...0,7	0,45...0,75	0,5...0,8
Механические (механизмы привода) и электромеханические (электронные переключатели)	0,3...0,5	0,4...0,55	0,45...0,65

Качественная оценка технологичности изделия осуществляется с помощью типовых качественных характеристик на этапе эскизного проекта: регулируемость, контролепригодность, взаимозаменяемость и др.

Оценка технологичности выполняется по комплексному показателю технологичности [4]

$$K_{ТК} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

где K_i – значение рассчитанного базового показателя; φ_i – весовой коэффициент показателя; n – число показателей ($n = 7$).

Конструкция изделия РЭС считается технологичной, если рассчитанное значение комплексного показателя технологичности соответствует нормативному диапазону для рассматриваемого класса блока (табл. 1.2).

В качестве примера рассмотрим определение базовых показателей технологичности электронного блока с указанием их весовых коэффициентов.

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок

$$K_{ИСИМС} = \frac{H_{ИМС}}{H_{ИМС} + H_{ЭРЭ}},$$

где $H_{ИМС}$ – число интегральных микросхем и микросборок; $H_{ЭРЭ}$ – количество электрорадиоэлементов (ЭРЭ).

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа ЭРЭ

$$K_{АиМ} = \frac{H_{АиМ}}{H_{М}},$$

где $H_{АиМ}$ – количество монтажных соединений, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом; $H_{М}$ – общее количество монтажных соединений.

3. Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{МП} = \frac{H_{МП}}{H_{ЭРЭ}},$$

где $H_{МП}$ – число ЭРЭ, подготовка которых к монтажу осуществляется механизированным способом; $H_{ЭРЭ}$ – общее количество навесных элементов ЭРЭ.

4. Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{МКН} = \frac{H_{МКН}}{H_{КН}},$$

где $H_{МКН}$ – количество операций контроля и настройки, которые можно осуществить механизированным способом; $H_{КН}$ – общее количество операций контроля и настройки.

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{пов} = 1 - \frac{H_{ТЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}},$$

где $H_{ТЭРЭ}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии; $H_{ЭРЭ}$ – общее количество ЭРЭ в изделии.

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

$$K_{ПЭРЭ} = 1 - \frac{H_{ТОРЭРЭ}}{H_{ТЭРЭ}},$$

где $H_{ТОРЭРЭ}$ – количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ; $H_{ТЭРЭ}$ – общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии.

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{пр}}{D},$$

где $D_{пр}$ – количество деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования; D – общее количество деталей в блоке.

Для повышения технологичности конструкции РЭС на производстве применяют известные методы, правила, приёмы и направления совершенствования [23]: унификация и стандартизация применяемых деталей и сборочных единиц в изделии и их взаимозаменяемость; нормализация конструктивных элементов изделий РЭС; классификация и типизация деталей, сборочных единиц и на их основе технологических процессов изготовления изделий РЭС; использование новых прогрессивных технологий изготовления РЭС и современных материалов, применение автоматизации при проектировании и производстве изделий РЭС – АСТПП, САПР, T-FLEX Технологии и др.

Контрольные вопросы

1. Какое назначение ЕСТПП?
2. На основе каких стандартов создана ЕСТПП?
3. Какие задачи решаются при технологической подготовке производства?
4. Назовите основные этапы жизненного цикла предприятия.
5. Назовите основные этапы ТПП.
6. Какие средства и резервы повышения эффективности ТПП Вы знаете?
7. В чём заключается автоматизация ТПП?
8. Какие программные продукты применяются при разработке АСТПП?
9. Какие основные этапы жизненного цикла РЭС Вы знаете?
10. Какое назначение CALS-технологии?
11. Какие автоматизированные системы и программные продукты используются при реализации основных стадий жизненного цикла РЭС?
12. Что включает производственный процесс при изготовлении РЭС?
13. Какие операции включает технологический процесс изготовления РЭС?
14. Что входит в обеспечение технологического процесса изготовления РЭС?
15. Какие технологические процессы изготовления РЭС в зависимости от типа производства Вы знаете?
16. Какие классификационные признаки характеризуют существующие виды производств?
17. Что понимают под технологичностью конструкции РЭС?
18. Как реализуется обеспечение технологичности конструкции РЭС?
19. Как выполняется качественная и количественная оценки технологичности изделия?
20. Какие базовые показатели технологичности существующих классов блоков РЭС Вы знаете?

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРКИ И МОНТАЖА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Технологическим процессом сборки называется реализация последовательности технологических операций при выполнении механических соединений деталей и электрорадиоэлементов, в результате которых создаются блоки, узлы и другие изделия РЭС [25].

Технологический процесс выполнения электрических соединений электрорадиоэлементов называется процессом монтажа при изготовлении изделий РЭС.

2.1. ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Типовым технологическим процессом называется процесс, включающий основные технологические операции и их последовательность, характерные для техпроцесса рассматриваемой классификационной группы деталей и изделий. Кроме того, за основу при разработке типового технологического процесса принимают характерные признаки классификационных групп, к которым относятся: применяемый определённый вид технологического оборудования и оснастки, инструмента, способы и технологии изготовления, трудозатраты, требующаяся квалификация рабочих.

На основе типового технологического процесса разрабатывается рабочий техпроцесс для изготовления определённого вида детали или техпроцесс сборки и монтажа определённого вида изделия. Таким образом исключается проблема разработки нового технологического процесса изготовления изделий, сборки и монтажа при освоении или модернизации изделий РЭС.

Типизация технологических процессов основана на создании классификационных групп изготавливаемых деталей, изделий РЭС, а также технологических операций [25]. Например, при классификации деталей за классификационные признаки принимают наличие поверхности одинаковой конфигурации (определённой кривизны – цилиндрическая, сферическая, различных размеров и др.).

В классификационной группе обработка поверхности деталей осуществляется с использованием однотипного технологического оборудования, оснастки, инструмента, что позволяет исключить финансовые затраты на приобретение и разработку нового оборудования.

К классификационной группе относят детали, имеющие большинство классификационных признаков. Для деталей с характерными признаками рассматриваемой классификационной группы разрабатывают типовой технологический процесс, например, обработки поверхностей деталей.

При обработке поверхностей других деталей данной классификационной группы в типовой технологический процесс вносится коррекция технологических операций при обработке с учётом конфигурации детали.

Разработка типовых технологических процессов позволит сократить время и финансово-материальные затраты при разработке новых технологических процессов. Сэкономленные ресурсы целесообразно направить на внедрение новых современных методов и технологий при изготовлении РЭС и применение автоматизации и механизации технологических процессов производства РЭС.

2.2. УНИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ И МОНТАЖА РЭС

Важное значение при повышении качества технологической подготовки производства имеет разработка технологических процессов сборки и монтажа РЭС на основе унификации технологических процессов, деталей и сборочных единиц изделия РЭС.

Известны два вида унификации технологических процессов: типизация и групповые методы сборки и монтажа [25].

Основным подходом при типизации технологических процессов является разработка техпроцесса для типичного представителя классификационной группы изделий. В этом случае для типового техпроцесса в соответствии с методами будут общими для рассматриваемого класса: типовые технологические операции и их очерёдность, применяемое технологическое оборудование, способы соединений деталей и электрорадиоэлементов (механические, электрические), виды маршрутных технологических процессов, нормализация электрорадиоэлементов и деталей.

Типизация технологических процессов предусматривает разработку типовых технологических процессов сборки РЭС в зависимости от особенностей основных классификационных групп.

Классификационные группы деталей формируются по следующим признакам:

- а) по степени механизации – сборка автоматизированная, механизированная, ручная;
- б) по условию сборки – типовые условия сборки, количество и координаты точек крепления;
- в) по виду соединений в зависимости от конструктивных элементов – стыковое, угловое, с использованием накладок;
- г) по виду сборочного соединения – сварка, пайка, свинчивание.

Классификационные группы сборочных единиц формируются в зависимости от следующих признаков [25]:

- а) применяется при сборке общий групповой технологический маршрут – применение технологических операций с использованием перенастраиваемых приспособлений, инструмента и оснастки в зависимости от вида изделий;
- б) используются начинающийся и заканчивающийся циклы сборки с применением одинакового технологического оборудования;
- в) реализуется незаконченный цикл сборки, при этом выполняются различные (не типовые) для данного класса технологические операции, сборки деталей, входящие в разные классификационные группы.

На основе классификации сборочных единиц реализуется второй вид унификации технологических процессов сборки и монтажа РЭС – групповые методы сборки и монтажа изделий. При разработке техпроцессов по второму виду унификации необходимыми условиями являются применение одинаковых устройств автоматизации механизации, соединений конструктивных элементов и условий сборки изделий РЭС. Поэтому при составлении техпроцессов для групповых методов сборки и монтажа главным является необходимость приобретения или разработка специального технологического оборудования и оснастки, инструментов при сборке и монтаже изделий целенаправленно для соответствующей классификационной группы изделий.

Типизация технологических процессов при проектировании технологических документов для технологической подготовки производства сокращает время, объём и трудоёмкость их разработки.

На основе типовых технологических процессов разрабатываются технологические операции техпроцессов сборки электронных узлов изделий РЭС.

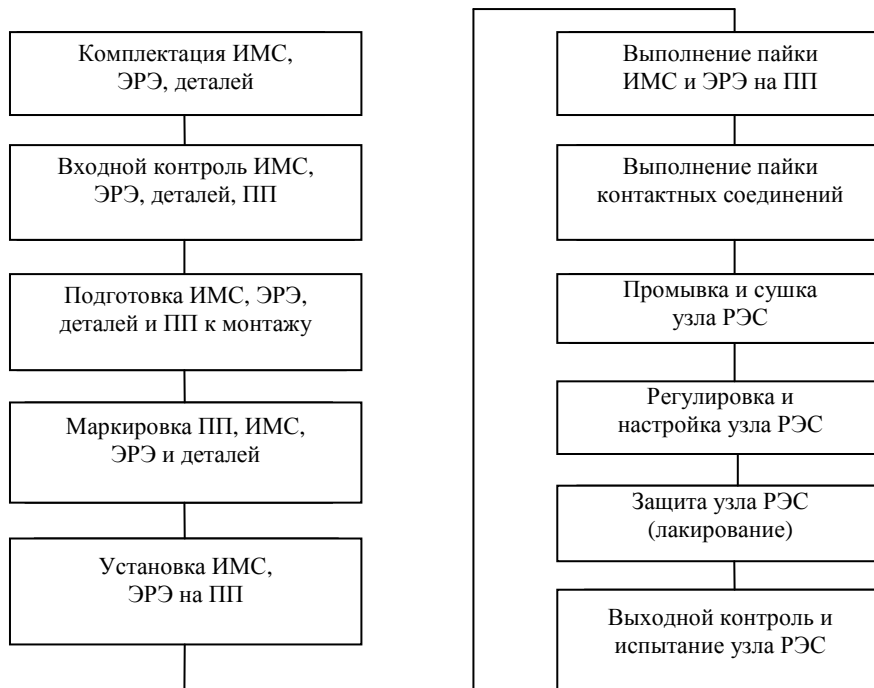


Рис. 2.1. Структурная схема типового технологического процесса сборки узла РЭС

В качестве примера рассмотрим структурную схему типового технологического процесса сборки узла РЭС на печатной плате, представленную на рис. 2.1. Узел РЭС конструктивно выполнен на печатной плате (ПП), на которой устанавливаются и закрепляются методом пайки интегральные микросхемы (ИМС), электрорадиоэлементы (ЭРЭ) и детали (разъёмы, контакты, шины).

Осуществление унификации технологических процессов позволяет на предприятии организовать специализацию производства и кооперацию с другими предприятиями при производстве РЭС, автоматизировать техпроцесс сборки и монтажа РЭС.

2.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ЭЛЕКТРОННОГО УЗЛА РЭС

Разработка технологических процессов сборки и монтажа электронного узла РЭС осуществляется в соответствии с рекомендациями Р50-54-93-88 и включает соответствующее количество этапов в зависимости от вида изделия и типа производства.

Технологический процесс сборки и монтажа элементов электронного узла РЭС на печатной плате с указанием технологических операций приведён на структурной схеме, показанной на рис. 2.2.

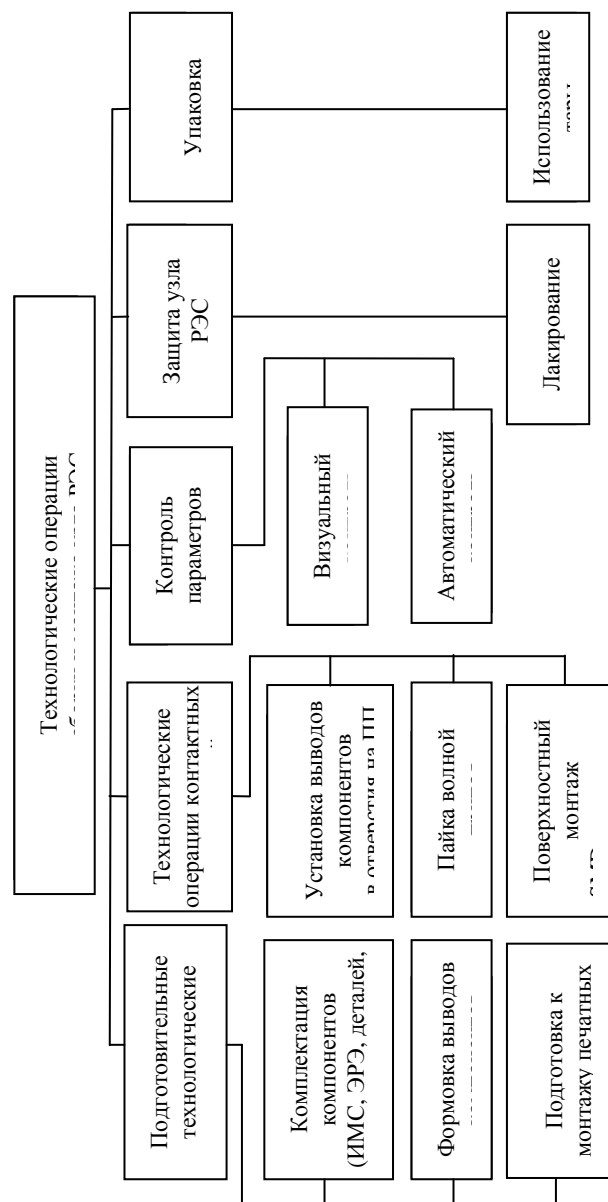


Рис. 2.2. Структурная схема технологического процесса сборки узла РЭС

При комплектации компоненты (ИМС, ЭРЭ, SMD, детали) размещаются в специализированные кассеты для реализации процесса автоматизации сборки и монтажа узла РЭС.

Входной контроль ИМС и ЭРЭ осуществляется по геометрическим размерам, форме, внешнему виду, электрическим параметрам и механической прочности.

Подготовка печатных плат к монтажу заключается в их промывке, контроле печатного монтажа, маркировке плат.

При подготовке ЭРЭ к монтажу выполняется формовка их выводов, обрезка и лужение. Технологические операции выполняются, в основном, с применением средств механизации и автоматизации.

Пайка контактных соединений ЭРЭ и ИМС на печатной плате выполняется расплавленным припоем, применяется механизированная пайка волной припоя. Поверхностный монтаж SMD-компонентов выполняется при нанесении паяльной пасты, автоматической установке компонентов и оплавлении пасты или пайке в камерной печи [26].

Технологические операции промывки и сушки узлов РЭС необходимы для удаления флюса и продуктов пайки и выполняются на механизированных конвейерных линиях.

Испытание и контроль узлов РЭС проводятся с помощью измерительной аппаратуры, установок тестового контроля и автоматизированных систем контроля.

При автоматизированной установке ИМС, ЭРЭ и деталей используется специализированное оборудование с числовым программным управлением. В этом случае подача компонентов для установки на печатную плату осуществляется транспортёром из технологических кассет.

К технологическому процессу сборки и монтажа РЭС предъявляются требования по точности выполнения технологических операций, их надёжности и высокой производительности. Поэтому необходима специализация рабочих мест, автоматизация и механизация при выполнении технологических операций сборки узла РЭС, а также общей сборки и монтажа всего изделия.

2.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СБОРКИ И МОНТАЖА РЭС

Для выполнения сборки и монтажа изделия РЭС необходимо разработать техпроцесс сборки изделия в соответствии с ЕСТД, технологическими и техническими требованиями к конструкции изделия, оформить технологическую документацию, выбрать технологическое оборудование и оснастку или разработать техническое задание на его проектирование. В процессе сборки и монтажа следует использовать механизации и автоматизации. Составляется схема сборочного состава изделия РЭС с указанием деталей, сборочных единиц, их уровня сложности.

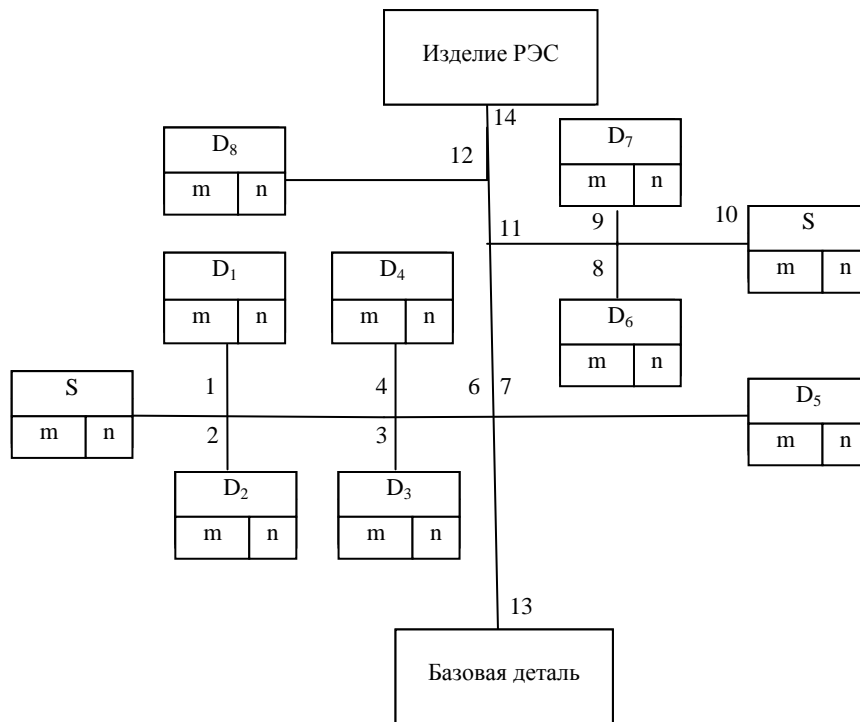


Рис. 2.3. Схема сборки с базовой деталью

Наибольшее часто применяют при сборке РЭС схемы сборки с базовой деталью (рис. 2.3) и веерного типа (рис. 2.4) [27]. Схема веерного типа изображает состав конструкции, этапы сборки, количество и наименование сборочных единиц и деталей. Однако, в схеме веерного типа не указана последовательность выполнения технологических операций при сборке и монтаже изделия и их наименование. В схеме с базовой деталью при сборке выбирается базовая деталь, например, печатная плата, которая будет использоваться при сборке изделия. В схеме с базовой деталью отражены названия технологических операций сборки и монтажа и последовательность выполнения техпроцесса сборки изделия РЭС.

На рисунках 2.3, 2.4 в схемах сборки обозначены: S – наименование сборочной единицы, m – номер ведомости спецификации, n – количество деталей и сборочных единиц, D – название и обозначение детали в соответствии с ГОСТ.

Для примера рассмотрим технологический процесс сборки функционального узла РЭС на печатной плате – стабилизатора напряжения, приведенный на рис. 2.5.

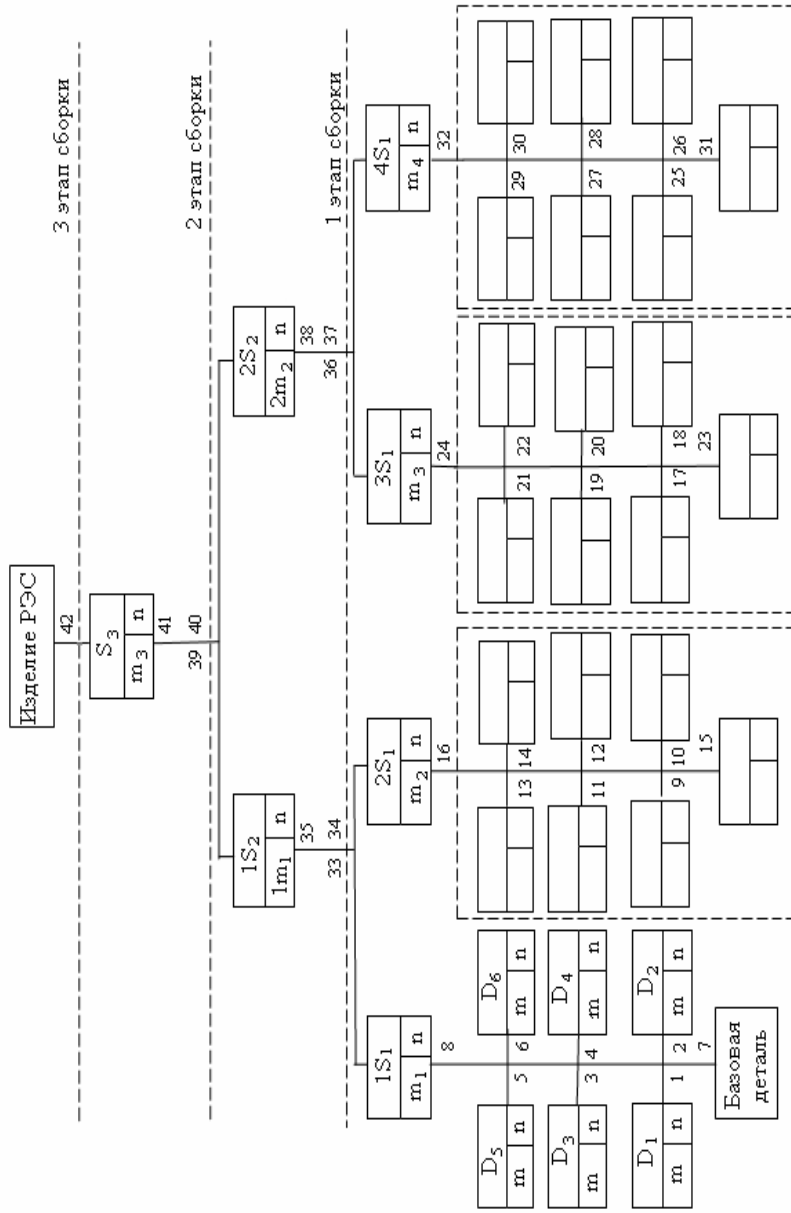


Рис. 2.4. Схема сборки верхнего типа

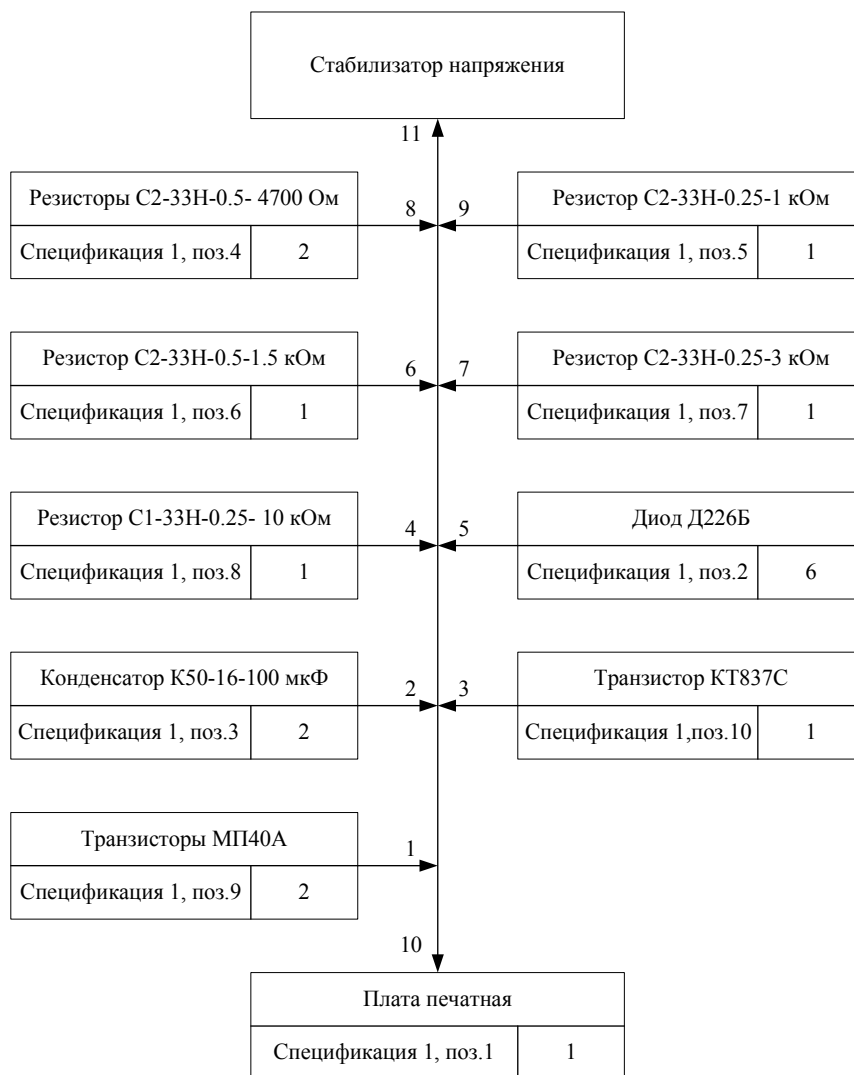


Рис. 2.5. Технологический процесс сборки узла на печатной плате

Разработка техпроцесса сборки стабилизатора напряжения проводится с использованием ранее разработанной документации: схемы электрической принципиальной (прил. А) и сборочного чертежа функционального узла (прил. Б). Применяется тип сборки с базовой деталью – печатной платой.

Технологический процесс сборки узла на ПП состоит из следующих операций:

- а) комплектация электрорадиоэлементов;
- б) входной контроль ЭРЭ;
- в) подготовка ЭРЭ к монтажу, рихтовка выводов производится согласно требованиям к сборочному чертежу;
- г) подготовка поверхностей ЭРЭ и печатной платы к пайке и фиксация ЭРЭ на плате;
- д) нанесение дозированного количества припоя и флюса;
- е) при пайке осуществляется нагрев ЭРЭ до заданной температуры и выдержка в течение 2...3 с;
- ж) очистка соединений от флюса;
- з) контроль качества пайки и монтажа.

Технологический процесс сборки изделия РЭС проводят в следующей последовательности:

1. Механические соединения:

- а) осуществляют неразъёмные соединения деталей и сборочных единиц с рамой, шасси и платами изделия;
- б) устанавливаются крепёжные детали;
- в) устанавливаются перемещающиеся сборочные единицы блока;
- г) проводится технологическая операция контроля.

2. Электрические соединения:

- а) осуществляется подготовка электрорадиоэлементов ИМС, жгутов, кабелей и проводов к монтажу;
- б) проводится установка ЭРЭ и ИМС на печатную плату;
- в) выполняется сборка узла на печатной плате, электрическое соединение отдельных узлов и подсоединение

жгутов к разъёмам блока;

- г) проведение технологической операции регулировки и настройки;
- д) выполнение операции контроля.

3. Заключительный этап общей сборки:

- а) устанавливаются регулировочные детали;

б) устанавливаются корпуса, кожухи.

В качестве примера рассмотрим технологический процесс сборки блока – усилителя, приведённый на рис. 2.6. Сборка осуществляется на основе сборочного чертежа блока (усилителя). Применяется при сборке – с базовой деталью. За базовую деталь применяется воздуховод (поз. 3).

На воздуховод устанавливаются два вентилятора охлаждения (поз. 147), а затем две втулки (поз. 73), рама (поз. 5) и стойка (поз. 57). Производится установка устройства управления (поз. 11) и блока фильтров (поз. 19).

Далее выполняется сборка отдельных частей блока. К задней панели (поз. 41) крепятся: планка (поз. 79), две розетки (поз. 164, 168). К стойке (поз. 60) крепятся два упора (поз. 49) и розетка (поз. 166). На стенку боковую

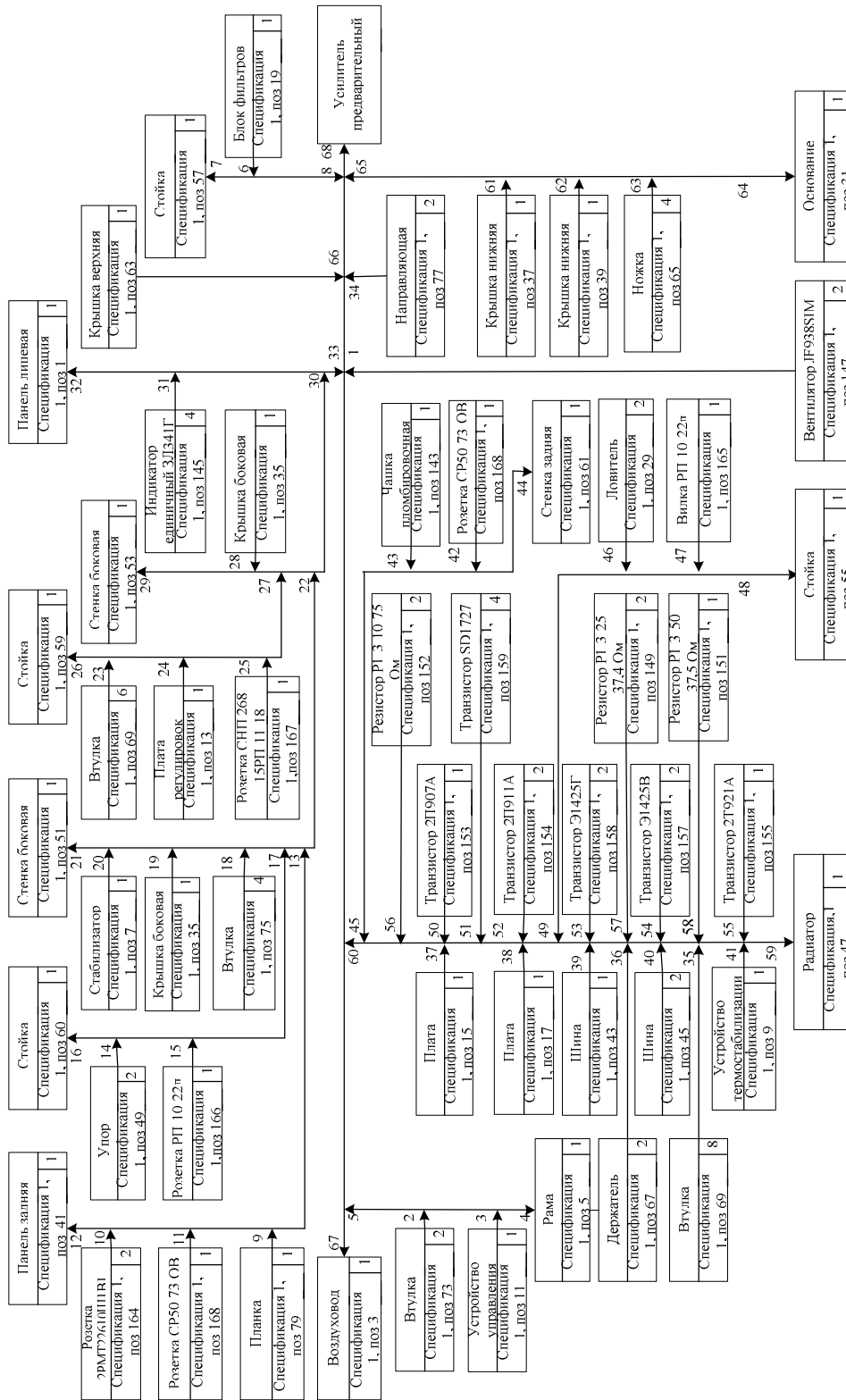


Рис.12. Технологический процесс сборки блока усилителя

Рис. 2.6. Технологический процесс сборки блока усилителя

(поз. 51) устанавливаются четыре втулки (поз. 75), к ним крепится стабилизатор (поз. 7) и ставится крышка боковая (поз. 35). К стойке (поз. 59) крепятся шесть втулок (поз. 69), на которые устанавливается плата регулировок (поз. 13) и розетка (поз. 167). Затем собирается панель лицевая (поз. 1) и к ней крепятся четыре светодиода (поз. 145).

Далее проводится сборка корпуса, соединяются группы деталей: панель задняя (поз. 41) с установленными деталями соединяется со стенкой боковой (поз. 51), с закреплёнными на ней деталями. Они крепятся к другой боковой стенке (поз. 59) и к панели лицевой. В собранный корпус устанавливается воздухопровод, к которому крепятся две направляющие (поз. 77).

Проводится установка элементов на радиатор (поз. 47). Первоначально крепятся восемь втулок (поз. 69), два держателя (поз. 67), две платы (поз. 15, 17), три шины (поз. 43, 45). Затем ставится стенка задняя (поз. 61) с предварительно установленными на ней розеткой (поз. 168) и чашкой пломбирочной (поз. 143). Также на радиатор устанавливается стойка (поз. 55), на которую крепятся два ловителя (поз. 19) и вилка (поз. 165).

Далее на радиатор устанавливаются навесные электрорадиоэлементы с последующей распайкой. Производится монтаж транзисторов (поз. 153–159), резисторов (поз. 149, 151, 152).

Затем собирается основание (поз. 31) – на него устанавливаются две крышки нижние (поз. 37, 39) и четыре ножки (поз. 65).

После этого устанавливается жгут и производится электрический монтаж блока. Затем крепятся верхняя крышка (поз. 63) и собранное нижнее основание (поз. 31).

Производится настройка и регулировка блока с последующим покрытием лаком устройства управления и блока фильтров согласно техническим требованиям к чертежу.

На завершающем этапе производится покраска и маркирование блока.

2.5. МАРШРУТНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ РЭС

Маршрутный технологический процесс отражает последовательность выполнения технологических операций сборки изделия РЭС и используемое технологическое оборудование. Описание маршрутного техпроцесса сборки приводится в маршрутных картах. Формы и правила оформления маршрутных карт показаны в ГОСТ 3.1118–82 [28]. При операционном описании техпроцесса в маршрутной карте указывается адресная информация (номер цеха участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень элементов, применяемых при выполнении операций, технологическое оборудование и трудозатраты.

Порядок оформления маршрутных карт изложен в ГОСТ 3.1104–81 (Правила оформления форм, бланков и документов). Оформление основных надписей в формах маршрутных карт производится по ГОСТ 3.1103–82.

В маршрутной карте указывается код (А, Б, О, Т, М), номер (№), наименование и содержание операций.

На маршрутной карте указывается адресная информация: номер цеха (цех), участка (Уч), рабочего места (РМ), операции (Опер). Приведены обозначения служебных символов для формы с горизонтальным расположением:

А – номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется операция, номер, код и наименование операции, обозначение документов, применяемых при операции;

Б – код, наименование оборудования и информация по трудозатратам;

О – содержание операции (перехода) и другие, приведённые в ГОСТ 1118–82;

Т – информация о применяемой при выполнении операции оснастке;

М – информация о применяемом материале.

Кроме того, в форме 5А приведены следующие обозначения кодов операций, оборудования и документов:

СМ – степень механизации;

Проф. – профиль и размеры;

Р – разряд работы;

КТС – код операции по технологическому классификатору;

КР – количество исполнителей;

КОИД – количество одновременно изготавливаемых (обрабатываемых) деталей при операции;

ЕН – единица нормирования (нормы расхода материалов или времени);

ТПЗ – норма подготовительно-заключительного времени;

ОПЛ – обозначение подразделения, откуда поступают комплектующие (склада, кладовой);

ЕВ – код единицы величины;

КИ – количество деталей и сборочных единиц, применяемых при сборке или разборке;

$N_{рас}$ – норма расхода материала.

Цех – номер (код) цеха, в котором выполняется операция;

Уч – номер (код) участка, конвейера, поточной линии и т.п.;

РМ – номер (код) рабочего места;

Опер. – номер операции (процесса в технологической последовательности изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещение)).

При разработке маршрутного технологического процесса в качестве исходных данных используются: годовой объём выпуска изделий РЭС; схема сборки изделия с указанием типа сборки (с базовой деталью или веерного типа); типовой технологический процесс сборки; время реализации всех этапов техпроцесса – подготовительно-заключительное; время штучное расчётное, затраченное на выполнение технологической операции.

Выбор соответствующей формы маршрутной карты зависит от разрабатываемого вида технологического процесса, назначения формы в составе комплекта документов и применяемых методов проектирования документов.

Маршрутные карты составлены по форме 5А для единичных технологических процессов, проектирование которых проводилось с применением средств автоматизации. При маршрутном описании технологического процесса маршрутная карта является одним из основных документов, в котором описывается весь процесс последовательности выполнения технологических операций.

В приложении В приведены маршрутная карта, где описан технологический процесс сборки узла на печатной плате, и ведомость используемых материалов.

В приложении Г представлены маршрутная карта с описанием технологического процесса сборки блока (усилителя) и ведомость материалов.

После заполнения маршрутной карты составляется перечни оборудования, приспособлений и инструмента, а также ведомость материалов, используемых в разработанных технологических процессах сборки узла на печатной плате и блока усилителя.

2.6. РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Разработка технологических операций составляет основу операционного технологического процесса. Операционный технологический процесс содержит подробное описание выполнения технологических операций.

При разработке технологических операций определяется вид операции (монтажная, слесарная, контрольная), последовательность её выполнения, используемое технологическое оборудование. Процесс выполнения технологической операции сопровождается технологической инструкцией, в которой приводится описание проводимой операции с указанием её технических условий и параметров: параметров изделия после выполнения операции, условий её выполнения и применяемое технологическое оборудование, времени выполнения, допустимой погрешности изготовления деталей, точности сборки и монтажа блоков и узлов. Кроме того, проводится оценка точности разрабатываемой технологической операции, нормирование операции и технико-экономическое обоснование.

Для выполнения технологической операции сборки необходимо её материальное обеспечение и сопровождение технологической документацией. Материальное обеспечение заключается в наличии соответствующих технологического оборудования, инструмента, оснастки. Например, рабочее место оснащается монтажным столом, необходимыми материалами, комплектующими компонентами, технологическим оснащением. В качестве

2.1. Технологическая операция маркирования изделия

Служебный символ	Наименование технологической операции	Наименование технологического оборудования и оснастки
А	Маркирование	
Б		Стол рабочий
О	1. Маркировать заводской номер изделия ударным способом, шрифт 3, знаков 6	
Т		Молоток 7850-0103.ц.15.хр. ГОСТ 2310-77, плита цеховая, клейма 7858-0052 ВК81112×1 ГОСТ 25726-85
О	2. Покрывать маркировку эмалью ПФ-115 черной, предварительно обезжирив поверхность маркировки спирто-нефрасовой смесью, сушить при температуре $25 \pm 5^\circ$ в течение 48 ч	
Т		Кисть КФК-8 ГОСТ 10597-87

технологической документации используется технологическая карта, в которой приводится последовательность выполнения технологической операции, перечень используемых деталей и материалов.

Пример выполнения технологической операции маркирования изделия приведен в табл. 2.1.

Технологические операции в техпроцессе сборки РЭС желательно проектировать предпочтительно равными по времени, что позволит применить их в серийном и массовом производстве с использованием средств механизации и автоматизации.

Контрольные вопросы

1. Что называется технологическим процессом сборки и монтажа РЭС?
2. Какой технологический процесс называется типовым?
3. Какое значение имеет унификация технологических процессов сборки и монтажа РЭС?
4. Какие виды унификации технологических процессов Вы знаете?
5. По каким признакам формируются классификационные группы деталей?
6. На каком основании осуществляется типизация технологических процессов сборки и монтажа РЭС?
7. Как реализуются групповые методы сборки и монтажа изделий РЭС?

8. Из каких технологических операций состоит типовой технологический процесс сборки узла РЭС?
9. Какие требования предъявляются к технологическим операциям в техпроцессе сборки и монтажа РЭС?
10. Какие виды технологических схем сборки РЭС Вы знаете?
11. Опишите техпроцесс сборки с базовой деталью.
12. В чём особенность техпроцесса сборки веерного типа? Изобразите структурную схему этого процесса.
13. В какой последовательности осуществляются технологические операции сборки блока РЭС?
14. Назовите назначение маршрутного технологического процесса сборки изделий РЭС.
15. Какая информация указывается в маршрутных картах?
16. По какому ГОСТ оформляются маршрутные карты?
17. Что называется операционным технологическим процессом?
18. Что включает процесс разработки технологической операции?
19. Какое технологическое оборудование необходимо для реализации техпроцессов сборки и монтажа РЭС?
20. Какая технологическая документация сопровождает технологические операции?

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В процессе технологической подготовки производства РЭС при организации производственного процесса важным является разработка технологической документации. На основе технологической документации реализуются технологические процессы производства изделия: изготовления деталей, сборки и монтажа блоков и узлов, регулировки и настройки, контроля, испытания готового изделия.

3.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Единая система технологической документации входит в состав ЕСТПП. ЕСТД – комплекс государственных стандартов и рекомендаций, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (включая сбор и сдачу технологических подходов) [29]. В ГОСТ 3.1001–81 (ЕСТД. Общие положения) приводится назначение комплекса документов ЕСТД [29]:

- а) установление единых унифицированных машинно-ориентированных форм документов, обеспечивающих совместимость информации, независимо от применяемых методов проектирования документов (без применения средств механизации и автоматизации или с применением);
- б) создание единой информационной базы для внедрения средств автоматизации и механизации, применяемых при проектировании технологической документации и решении инженерно-технических задач;
- в) установление единых требований и правил по оформлению документов на единичные, типовые и групповые технологические процессы (операции) в зависимости от степени детализации описания технологических процессов;
- г) обеспечение оптимальных условий при передаче технологической документации на другое предприятие с минимальным переоформлением;
- д) создание предпосылок по снижению трудоёмкости инженерно-технических работ, выполняемых в сфере технологической подготовки производства и в управлении производством;
- е) обеспечение взаимосвязи с системами общетехнических и организационно-методических стандартов.

В комплекс документов ЕСТД входят [29]:

- а) государственные стандарты ЕСТД;
- б) государственные стандарты ЕСКД, требования которых распространяются на технологическую документацию (ГОСТ 2.004–88, ГОСТ 2.501–88, ГОСТ 2.502–68, ГОСТ 2.503–90);
- в) рекомендации ЕСТД, например, Р50-67–88 (ЕСТД. Порядок оформления документов, применяемых при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов), Р50-54-17–87 (ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Получение покрытий) и другие, указанные в [29];
- г) рекомендации, положения которых распространяются на технологическую документацию (Р50-54-18–87, Р50-75–88, Р50-81–88, Р50-54-91–88).

Обозначение стандартов ЕСТД расшифровывается как показано в табл. 3.1 для ГОСТ 3.1001–81 (Общие положения).

Классификационные группы стандартов и рекомендации комплекса документов ЕСТД приведены в табл. 3.2 [29].

Рекомендации ЕСТД обозначаются в следующем порядке, как показано в табл. 3.3 для рекомендаций Р50-68–88 [29].

3.1. Обозначение стандартов ЕСТД

Стандарт ЕСТД	ГОСТ	3.	1	0	01	– 81
Номер позиции	1	2	3	4	5	6
Номера позиций: 1 – категория нормативно-технического документа (государственный стандарт); 2 – класс (стандарты ЕСТД); 3 – подкласс стандартов (изделие какой отрасли промышленности – приборостроения или машиностроения); 4 – номер классификационной группы стандартов; 5 – порядковый номер стандарта в группе; 6 – год регистрации стандарта.						

3.2. Классификационные группы стандартов и рекомендаций ЕСТД

Номер группы	Наименование группы
0	Общие положения
1	Общие требования к документам
2	Классификация и обозначение документов
3	Общие требования к документам на машинных носителях
4	Основное производство. Формы технологических документов и правила оформления их на процессы, специализированные по методам изготовления или ремонта изделий
5	Основное производство. Формы технологических документов и правила их оформления на испытания и контроль
6	Вспомогательное производство. Формы технологических документов и правила их оформления
7	Правила заполнения технологических документов
8	Прочие
9	Информационная база

3.3. Обозначения рекомендаций ЕСТД

Рекомендации	Р	50	-68	-88
Номер позиции	1	2	3	4
Номера позиций: 1 – категория документа (рекомендации); 2 – условное цифровое обозначение Госстандарта СССР; 3 – порядковый регистрационный номер рекомендаций; 4 – год регистрации рекомендаций.				

В соответствии с рекомендациями и стандартом ЕСТД разрабатывается технологическая документация.

3.2. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Стадии разработки и виды технологической документации установлены ГОСТ 3.1102–81 [30].

Разработка технологической документации осуществляется в зависимости от вида производства – единичное, серийное или массовое, а также от стадии разработки используемой конструкторской документации. На стадии разработки конструкторской документации "Техническое предложение" технологическая документация не разрабатывается. На стадии конструкторской документации "Эскизный проект", "Технический проект" разрабатывается технологическая документация в виде предварительного проекта. Разрабатывается технологическая документация, сопровождающая изготовление и испытание опытного образца или опытной партии, серийного или массового производства.

Директивная технологическая документация предназначена для решения необходимых инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач, для разового изготовления изделий в единичном производстве.

Ранее разработанные технологические документы используют при изготовлении новых или модернизации изготавливаемых изделий.

Стадии разработки рабочей технологической документации, используемой для технологических процессов ремонта изделий, определяются разработчиком документации в зависимости от применяемых видов документов на ремонт по ГОСТ 2.602 и стадий разработки конструкторской документации. При этом разрабатывается технологическая документация для опытного ремонта и испытаний изделий для серийного и массового ремонта и испытания изделий. Директивная технологическая документация предназначена для выборочной и укрупнённой разработки технологических процессов ремонта и испытания изделий [30].

Технологические документы подразделяют на два вида: основные и вспомогательные.

Основные документы разделяют на документы общего и специального назначения. Основные документы содержат информацию, определяющую технологический процесс изготовления или ремонта изделия. К вспомогательным относятся документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций.

К основным документам общего назначения относятся [30]:

1. Карта эскизов – графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, поясняющие выполнение технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия.

2. Технологическая инструкция – предназначена для описания технологических процессов, методов и приёмов, правил эксплуатации средств технологического оснащения.

3. Маршрутная карта – предназначена для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия.

4. Карта технологического процесса – служит для маршрутного или маршрутно-операционного описания технологического процесса изготовления или ремонта изделия с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.

5. Операционная карта – предназначена для описания технологической операции с указанием последовательности выполнения переходов, средств технологического оснащения, режимов и трудовых затрат.

6. Карта технологической информации – служит для указания дополнительной информации при выполнении отдельных операций.

7. Комплектовочная карта – предназначена для указания данных о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия и применения при разработке технологических процессов сборки.

8. Ведомость технологических маршрутов – служит для указания технологического маршрута изготовления или ремонта изделия.

9. Ведомость оснастки – предназначена для указания применяемой технологической оснастки при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта изделия.

10. Ведомость оборудования – служит для указания применяемого оборудования, необходимого для изготовления или ремонта изделия.

11. Ведомость материалов – предназначена для указания данных о подетальных нормах расхода материалов, о заготовках.

12. Ведомость применяемости – служит для указания применяемости полного состава деталей, сборочных единиц, средств технологического оснащения и др.

13. Ведомость сборки изделия – указывает состав деталей и сборочных единиц, необходимых для сборки изделия в порядке ступени входимости, их применяемости и количественного состава.

14. Ведомость технологических документов – служит для указания полного состава документов, необходимых для изготовления или ремонта изделий и при передаче комплекта документов с одного предприятия на другое.

Технологические документы или их комплект регламентируют процесс изготовления изделий и содержат необходимую информацию для контроля и испытания изделий РЭС.

3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Автоматизация проектирования технологической документации осуществляется в соответствии с рекомендациями Р50-54-71–88 [31] с помощью систем автоматизированного проектирования. Рекомендации устанавливают комплекс требований по разработке форм технологических документов (с текстом, разбитым на графы) на основе базы данных, применяемых в автоматизированных системах технологической подготовки и управления производством на предприятиях (организациях) машиностроения и приборостроения. В рекомендациях указаны ГОСТ, где приведены общие требования к формам, бланкам и документам, правила оформления маршрутных карт, технологических документов, применяемых при нормировании расхода материалов, система обозначения технологической документации и др.

При разработке технологических и маршрутных процессов используются системы автоматизированной подготовки САМ [16].

Система ТЕМП позволяет осуществить автоматизацию проектирования комплекта технологической документации и параллельно готовить данные для подготовки программ с ЧПУ и внешних систем: MES-системы, системы управления предприятием и др. Одним из достоинств системы является создание базы данных технологических маршрутов промышленного предприятия [6]. При проектировании технологической документации база данных используется для расчёта суммарной трудоёмкости изготовления изделия по цехам и участкам, расчёта расценок изготовления изделия, оперативного календарного планирования, расчёта и анализа себестоимости изготовления изделия, оценки эффективности изготовления изделия по различным вариантам, расчёта производственных мощностей и др.

Программный комплекс "Автоматизация проектирования техпроцессов и выпуска технологической документации" ASCON [32] предназначен для решения задач технологической подготовки производства: автоматизированного проектирования технологических процессов, расчёта оптимального количества материалов для производства изделия, расчёта режимов обработки для различных видов производств, расчёта оптимальных затрат труда, формирования требуемого комплекта технологических документов. Технологическая информация из программного комплекса передается в различные системы классов PDM/MRP/ERP для производственного планирования и управления. При автономном использовании программный комплекс состоит из двух подсистем: КОМПАС–Автопроект–Технология и КОМПАС–Автопроект–Спецификации. Подсистема КОМПАС–Автопроект–Технология обеспечивает: автоматизированное проектирование технологических процессов основных видов производств, автоматическое формирование стандартного комплекта технологической документации и документов произвольной формы в горизонтальном и вертикальном исполнении в формате MS Excel, интеграцию с КОМПАС–График–оперативный просмотр графики (операционных эскизов, карт наладок и др.), возможность разработки сквозного технологического процесса, автоматическую нумерацию технологических операций и переходов, нормирование технологических операций, перевод технологий на иностранные языки, возможность разработки пользователем подсистем проектирования технологий для различных видов производств, автоматизированное формирование кода изделия в соответствии с ЕСКД и ТКД, выполнение расчётных процедур.

Для автоматизации проектирования технологических процессов и технологической подготовки производства применяется система ВЕРТИКАЛЬ [33]. Система позволяет автоматически формировать все необходимые комплекты технологической документации, используемой на предприятии, производить расчёты материальных и трудовых затрат на производство изделий, повысит качество разработки технологической документации. После сохранения техпроцесса в электронном архиве в системе ВЕРТИКАЛЬ можно сформировать комплект технологической документации, при этом формы карт и распределение данных в них осуществляется в соответствии с ГОСТ. Программа формирует комплект технологических карт согласно требованиям предприятия. Чертежи и эскизы, необходимые для проектирования техпроцесса в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, могут быть созданы в любой САД-системе. Максимальный эффект от совместной работы конструкторских и технологических САПР обеспечивается взаимодействием ВЕРТИКАЛЬ КОМПАС-3D. 3D-модель и чертеж детали, на которую разрабатывается техпроцесс, изображается в окне ВЕРТИКАЛЬ, где доступен также

определённый набор функций для работы с графикой. Для 3D-модели измерение геометрии и команды навигации по изображению (вращение, выделение граней), для чертежа – измерение, связь размера чертежа с переходом, автоматический перенос данных в текст технологической документации техпроцесса.

Автоматизация технологической подготовки производства осуществляется также на базе программных продуктов T-FLEX [34]. Автоматизация осуществляется на основе совместного использования систем параметрического проектирования TFLEX CAD и автоматизированного проектирования техпроцессов TFLEX/T-FLEX/ТехноПро. Конструктор создаёт чертежи в TFLEX CAD, поступающие к технологу, который на основе T-FLEX CAD и T-FLEX/ТехноПро вносит недостающую информацию в чертежах. После этого проектируется технологическая документация на изделие. T-FLEX/ТехноПро формирует операционные, маршрутно-операционные, маршрутные технологические карты, карты контроля, ведомости оснастки, титульные листы; осуществляет проектирование технологических операций, технологических процессов, расчёт технологических режимов, подбор используемых инструментов, автоматическое заполнение технологических документов произвольных форм и ряд других операций.

Использование программных продуктов и систем автоматизированного проектирования позволяют решить задачу автоматизации проектирования технологической документации.

Контрольные вопросы

1. Какие стандарты и рекомендации включает ЕСТД?
2. Какое назначение комплекса документов ЕСТД?
3. Как обозначаются стандарты ЕСТД?
4. Как обозначаются рекомендации ЕСТД?
5. Какие виды технологических документов Вы знаете?
6. Какие технологические документы относятся к основным?
7. Как составляется маршрутная карта технологических процессов?
8. Какая технологическая информация отражается в ведомостях различного назначения?
9. Какое назначение системы автоматизированной подготовки САМ?
10. Какие функции выполняет система ТЕМП?
11. Для каких целей используется программный комплекс ASCON?
12. Какое назначение системы ВЕРТИКАЛЬ?

4. РЕГУЛИРОВКА, НАСТРОЙКА, КОНТРОЛЬ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

4.1. РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА РЭС

Производство РЭС включает важные технологические процессы регулировки и настройки, от которых также зависит качество РЭС. Регулировка и настройка являются технологическими операциями, в результате проведения которых параметры и характеристики блоков РЭС должны соответствовать техническому заданию на их изготовление, включая технические условия эксплуатации. Настройка – это процесс изменения параметров РЭС при его эксплуатации в пределах заданного в технических условиях диапазона для обеспечения функционирования РЭС в заданных условиях эксплуатации. Регулировкой называют процесс обеспечения оптимальных параметров РЭС в соответствии с техническими условиями, не изменяя при этом принципиальную электрическую схему и конструкцию РЭС.

В процессе регулировки и настройки устраняются погрешности, допущенные при сборке и монтаже изделий РЭС, изготовлении деталей, сборочных единиц, электрорадиоэлементов, интегральных микросхем. Погрешности существуют в результате неточности изготовления изделий, технологических процессов сборки и монтажа, а также за счёт намеренного увеличения допусков на контролируемые параметры РЭС. Увеличение допуска позволяет изготовить изделие с меньшими затратами и обеспечить заданную точность изготовления изделия, используя имеющиеся производственные ресурсы: рабочих соответствующей квалификации, технологическое оборудование и оснастку.

Регулировку разделяют на производственную и эксплуатационную. Производственная регулировка осуществляется в первую очередь, сборочных единиц и блоков с помощью органов регулировки; во вторую очередь – регулировка всего изделия в целом до соответствия параметров изделия нормативным значениям. Эксплуатационная регулировка проводится в процессе эксплуатации изделия с помощью органов регулировки, расположенными на лицевой панели изделия РЭС. При регулировке опытной партии изделий в единичном производстве допускается вносить изменения в принципиальную электрическую схему и конструкцию изделий РЭС. В серийном и массовом производствах процесс регулировки разбивается на узкоспециализированные технологические операции, используя также для регулировки специальное оборудование и оснастку. В массовом производстве не допускается замена закреплённых элементов.

Для выполнения операций регулировки и настройки разрабатывается технологическая инструкция в соответствии с ЕСТД. Технологическая инструкция имеет следующее содержание:

- а) оборудование рабочего места;
- б) описание и состав измерительной и регулировочной аппаратуры;
- в) перечень применяемых инструментов и оснастки;
- г) методика регулировки и настройки;
- д) проверка работоспособности и качества изделий РЭС;
- е) требования охраны труда и безопасности жизнедеятельности.

В серийном и массовом производстве при регулировке используют метод электрического копирования (сравнения изделия с эталоном).

В единичном производстве регулировку осуществляют по методу применения измерительных приборов, руководствуясь электрической схемой.

Регулировку и настройку изделия выполняют в следующей последовательности:

- а) проверяют правильность электромонтажа по электрокалибровочным картам;
- б) изделие подвергают тряске на вибростенде для определения дефектов контактных соединений;
- в) проверяют правильность режимов работы элементов по электрокалибровочным картам;
- г) осуществляют регулировку и настройку изделия в целом до получения параметров изделия, соответствующих техническому заданию и условиям эксплуатации.

При регулировке изменяются, например, значения ёмкости переменных конденсаторов, сопротивлений переменных резисторов. Электрическая схема и конструкция РЭС при этом не подлежат изменению. Точность регулировки зависит от точности применяемой измерительной аппаратуры и применяемой специальной оснастки (тестовые стенды, пробники, пульта управления).

Качество регулировки и настройки определяется степенью совершенства разработанного технологического процесса реализации операций регулировки и настройки и уровнем автоматизации процессов регулировки и настройки.

Операции регулировки и настройки зависят от типа и объёма производства и имеющегося на предприятии технологического оборудования и оснастки.

4.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РЭС

Технологический контроль радиоэлектронных средств заключается в получении информации о параметрах и характеристиках РЭС для оценки качества РЭС в процессе его производства. Контроль РЭС осуществляется с помощью разработанной технологической инструкции на соответствие нормативно-технической документации, техническому заданию на изготовление изделия. При производстве РЭС, отвечающих требованиям качества применительно к рассматриваемым РЭС, необходимо использование специализированных средств контроля параметров исходных материалов, заготовок, деталей, режимных параметров технологических операций, качества монтажных соединений электрорадиоэлементов, интегральных микросхем, узлов, блоков и в целом всего изделия РЭС.

Технологические процессы контроля реализуются в соответствии с Государственным стандартом ЕСТПП (Виды процессов контроля).

При производстве изделий осуществляется технологический контроль исходных материалов, заготовок, деталей, сборочных единиц, технологических процессов, комплектов, комплексов.

Классификация видов технологического контроля приведена на структурной схеме (рис. 4.1).

Реализация и описание технологических операций контроля параметров изделий в процессе их производства и готовых изделий, технологическое оборудование, используемая технологическая документация и исполнители контроля приведены в табл. 4.2 [2, 25].

Выходной контроль является итоговой оценкой технологического процесса изготовления РЭС. Выбор метода контроля определяется результатами анализа причин, вызывающих брак изделия.

Качество партии изделий можно оценить коэффициентом брака

$$K = \frac{N_6}{N},$$

где N – количество изделий в партии; N_6 – наличие изделий с браком.

Новая система технологического автоматизированного проектирования ТехноПро служит для проектирования операционной технологии, в том числе операции технологического контроля [35]. ТехноПро проектирует операционные, маршрутные и маршрутно-операционные технологические карты, карты контроля и другие технологические документы. ТехноПро обеспечивает автоматическое заполнение технологических документов требуемых форм, созданных в текстовом редакторе Microsoft Word.

В настоящее время на производстве для проведения техпроцессов контроля широко внедряется автоматизация. Известны методы автоматизации технологического проектирования: на основе унифицированных техпроцессов (типовых или групповых и на основе синтеза техпроцесса из базовых технологических решений). Контроль осуществляют с помощью универсальных измерительных приборов в единичном производстве.

В серийном производстве процесс контроля полуавтоматический с использованием специализированных измерительных приборов и оборудования, автоматизированных систем контроля. Автоматический контроль применяется на производстве изделий, где используются автоматические линии и роботизированные комплексы.

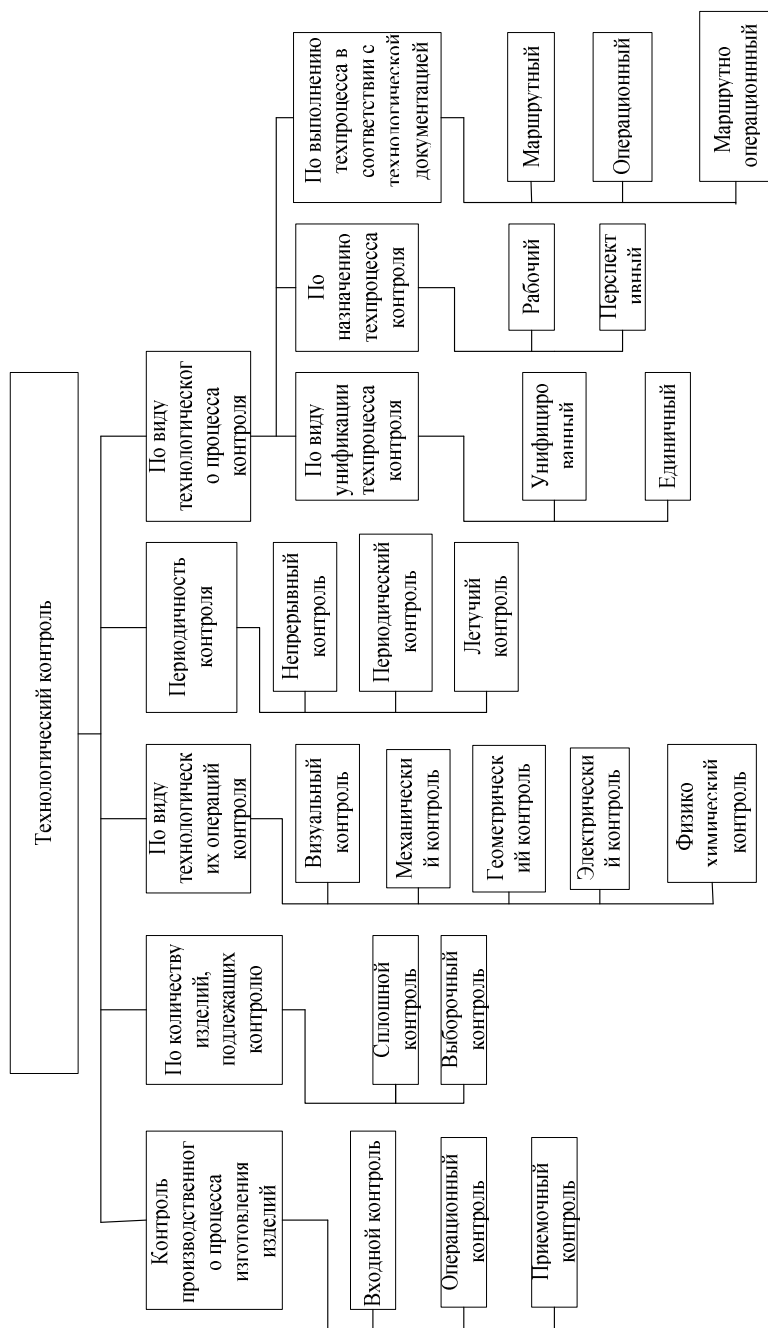


Рис.4.1. Структурная схема классификации видов технологического контроля

4.2. Осуществление технологического контроля

Технологический контроль

Виды контроля	Описание технологической операции	Применяемое технологическое оборудование	Примечание
Входной	Проверка соответствия качества материалов, деталей и сборочных единиц требованиям нормативно-технической документации	Специальное оборудование и приборы	Контроль с помощью технологических карт
Операционный	Проверка соответствия контролируемых параметров изделий в процессе выполнения технологической операции	Специальное оборудование и приборы	Исполнители операции – рабочий, мастер или контролер ОТК
Приёмочный	Проверка соответствия параметров изделия требованиям нормативно-технической документации	Специальное оборудование и приборы	Исполнители – мастер ОТК и представитель заказчика
Сплошной	Контроль соответствия параметров всех изделий требованиям нормативов	Специальное оборудование и приборы	Применяется при высоких требованиях к качеству изделий
Выборочный	Контроль параметров на соответствие нормативам. Применяется статистический метод контроля	Специальное оборудование	Используется при трудоёмком контроле изделия, необходимости разрушающего контроля, на автоматических и поточных линиях

Технологический контроль

Виды контроля	Описание технологической операции	Применяемое технологического оборудование	Примечание
Визуальный	Внешний осмотр изделия с целью выявления дефектов (трещины, некачественные сварка, пайка) и не соответствия технической документации	Оптические средства: микроскопы, лупы, зеркала и др.	Для контроля применяются технологические карты
Механический	Применяют статические и динамические нагрузки для проверки прочности используемых материалов, креплений и соединений деталей и сборочных единиц	Ударные и вибрационные стенды, прессы, динамометры и др.	Используется технологическая инструкция
Геометрический	Проверка размеров и форм изделий на соответствие их нормативно-технической документации	Специальные измерительные инструменты, например, цифровой штангенциркуль	Применение технологической инструкции
Электрический	Измерение величин токов, напряжений, сопротивлений; проверка сопротивления изоляции и электрической прочности	Измерительные приборы (цифровые вольтметры, осциллографы)	Использование электрокалибровочных карт
Физико-химический	Исследование физико-химических свойств материалов, используемых при изготовлении изделий	Измерительные приборы	Применением технологической инструкции
Виды контроля	Описание технологической операции	Применяемое технологического оборудование	Примечание
Непрерывный	Проверка параметров и режимов технологического процесса в процессе производства изделий	Автоматические и полуавтоматические средства контроля	Применяется для обязательного обеспечения заданных качественных и количественных характеристик техпроцесса
Периодический	Проверка параметров техпроцесса и изделий на соответствие нормативно-технологической документации	Стандартное оборудование и приборы	Применяют при установившемся производстве
Летучий	Проверка параметров техпроцессов и изделий на соответствие нормативно-технологической документации	Стандартное оборудование и приборы	Применяют выборочный контроль
Унифицированный техпроцесс контроля	Контроль общих технологических и конструкторских параметров изделий	Стандартное оборудование и приборы	Используется как базовый вариант при разработке рабочего техпроцесса контроля при имеющемся описании технологических операций контроля
Единичный	Проверка параметров изделий одного вида и типоразмера	Оборудование и приборы общего назначения	Используют для типовых техпроцессов
Рабочий	Проверка параметров изделий на соответствие нормативно-технической документации	Специальное оборудование и приборы	Применяют для определённых видов изделий

Технологический контроль			
Виды контроля	Описание технологической операции	Применяемое технологического оборудование	Примечание
Перспективный	Применение новых методов при реализации технологических операций контроля параметров изделий и техпроцессов	Новые измерительные приборы и оборудование	Используется при модернизации производства РЭС
Маршрутный	Контроль параметров изделий и техпроцессов с помощью технологических операций, описание которых приводится в маршрутной карте	Специальное оборудование и приборы	Маршрутный процесс контроля определяется отраслевым стандартом и стандартом предприятия
Операционный	Контроль параметров изделий и техпроцессов с подробным описанием операционного процесса в маршрутной карте	Специальное оборудование и приборы	Операционный процесс контроля определяется отраслевым стандартом и стандартом предприятия
Маршрутно-операционный	Контроль параметров и техпроцессов с сокращённым описанием технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения	Специальное оборудование и приборы	Операционный процесс контроля определяется отраслевым стандартом и стандартом предприятия

Для контроля качества изделий радиоэлектронных средств применяются методы неразрушающего контроля, например, методы, приведённые в ГОСТ 20426–82 (Контроль неразрушающий. Методы дефектоскопии радиационные).

Контроль ошибок установки компонентов производится с использованием установок визуального и видеоконтроля по методу сравнения изображений эталонов и рабочих образцов. Применяются также оптические системы визуального наблюдения. Наряду с оптическим контролем в зарубежном производстве используются системы внутрисхемного контроля (in-circuit test) [26], которые позволяют обнаружить неисправные компоненты, найти короткие замыкания и отсутствие соединений, проверить полярность и исправность диодов, электролитических конденсаторов, транзисторов, измерить индуктивность и ёмкость в электрической схеме.

Для контроля исправности изделий РЭС применяется рентгеновский контроль. Используются модули для тестирования в процессе движения изделия по конвейеру (in-line testing). Установки рентгеновского контроля универсальны, так как осуществляют послонное тестирование электронных модулей и печатных плат и позволяют обнаружить разрывы в соединениях, дефекты паек и на внутренних слоях многослойных печатных плат.

В настоящее время развиваются гибкие автоматизированные производства и в связи с этим повышаются требования к средствам контроля изделий РЭС. Одним из путей решения этой задачи является интеллектуализация средств контроля. Для этого необходимо решить задачу распознавания образов (объектов контроля) для рассматриваемой информационной ситуации и разработать алгоритм функционирования автоматической системы контроля с использованием в ней системы допускового контроля (СДК). В СДК закладываются значения допустимых диапазонов параметров в соответствии с нормативно-технической документацией для рассматриваемого вида РЭС и в процессе контроля происходит сравнение измеренных параметров с допустимыми в СДК. Определение параметров в модулях, блоках и узлах РЭС осуществляется специализированными измерительными датчиками, информация с которых поступает в СДК, далее обрабатывается в автоматической системе контроля с помощью персонального компьютера. Затем результаты сравнения с допустимыми значениями параметров и информация о контроле исправности изделий поступает пользователю для принятия решения.

Контроль качества цифровых устройств на современной элементной базе осуществляется в основном с использованием программных и аппаратных методов, в частности, установок тестового контроля.

Процессы регулировки и настройки устройств на интегральных микросхемах практически отсутствуют. Поэтому, если не работает устройство, конструктивно состоящее из нескольких печатных плат, то, помещая поочередно печатные платы в установку тестового контроля (УТК), можно определить неисправную плату [36]. В этом случае в УТК программным способом реализуется алгоритм поиска неисправностей, основанный на сравнении выходных сигналов с контрольных точек платы с тестовыми сигналами в УТК. Если сигналы с печатной платы не совпадают с тестовыми сигналами УТК, то плата неисправна. В УТК предусмотрен также алгоритм поиска неисправного элемента на печатной плате, например, интегральной микросхемы. Индикация выходных сигналов с интегральных микросхем в УТК осуществляется с помощью светодиодов. Наличие светодиодной индикации соответствует высокому логическому уровню. Таким образом, пользователь может определить неисправный элемент в результате сравнения уровней выходных сигналов интегральных микросхем по светодиодной индикации этих уровней сигналов с уровнями сигналов рассматриваемых микросхем, указанных в контрольных картах нормативно-технической документации контролируемого РЭС.

4.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ РЭС

Техническое обслуживание и ремонт РЭС предусматривает комплекс работ, которые выполняются с определённой периодичностью и последовательностью, направленных на обеспечение исправного состояния РЭС, его надёжной и экономичной эксплуатации при минимальных трудовых и материальных затратах.

Техническое обслуживание РЭС предполагает периодический контроль исправности изделия РЭС. При этом производится оценка внешнего состояния изделия, осуществляется контроль выходных параметров и сигналов РЭС в соответствии с нормативно-технической документацией. Если выходные параметры и сигналы РЭС отличаются от нормативных, то проводятся контроль и диагностика исправности составных узлов изделия. Исправность узлов оценивается по соответствию сигналов и параметров в контрольных точках согласно электрокалибровочным картам. Как правило, характерные неисправности РЭС и способы их устранения указаны в инструкции по эксплуатации изделия. Типовые основные неисправности РЭС и способы их устранения приведены в табл. 4.3.

- Комплекс работ по обслуживанию и ремонту РЭС включает следующее:
- установление необходимой периодичности технического обслуживания и ремонта;
 - организацию технического обслуживания и ремонта;
 - внедрение специализации технического обслуживания и ремонта;
 - обеспечение технического обслуживания и ремонта необходимым оборудованием и контрольно-измерительными приборами, используемыми материалами, комплектующими компонентами;
 - контроль параметров РЭС после выполнения технического обслуживания и ремонта;
 - контроль качества изделия РЭС после проведения технического обслуживания и ремонта.

4.3. Типовые основные неисправности РЭС и способы их устранения

Характерные неисправности РЭС	Способы устранения неисправностей
При включении питания РЭС на выходе (дисплее) отсутствует соответствующая информация	Проверить наличие электропитания, исправность дисплея, целостность конструкции и составных конструктивов
Случайный характер отсутствия выходной информации	Осуществить контроль установки дисплея, переключателей, контактов в разъёмах и надёжность других соединений, качество пайки электрорадиоэлементов и интегральных микросхем
Искажение выходной информации	Проверить параметры и сигналы узлов РЭС и в случае неисправности заменить вышедшие из строя электрорадиоэлементы и интегральные микросхемы
Неточность выходной информации	Проверить соответствие электро-радиоэлементов и интегральных микросхем предельно-допустимым режимам эксплуатации компонентов РЭС, указанным в технических условиях на разработку РЭС. Выявить нарушения условий эксплуатации РЭС: при повышенных или пониженных температурах, влажности; по падании внутрь изделия пыли, посторонних предметов; воздействие статического электричества; электромагнитное и радиационное воздействия

Контрольные вопросы

1. Что называется регулировкой РЭС?
2. Что называется настройкой РЭС?
3. Какие функции реализуются в процессах регулировки и настройки?
4. Какие виды регулировки Вы знаете?
5. Какое содержание имеет технологическая инструкция?
6. В какой последовательности проводят регулировку и настройку?
7. В чём заключается технологический контроль РЭС?
8. Какие виды технологического контроля Вы знаете?
9. Что включают технологические операции для соответствующих видов контроля?
10. Какое технологическое оборудование, оснастка и приборы используются для проведения соответствующих видов технологического контроля?
11. Как можно оценить качество партии изделий при выходном контроле?
12. Какие методы и установки используются при контроле качества РЭС?
13. Какие средства автоматизации применяются при технологическом контроле?
14. Как осуществляется тестовый контроль цифровых устройств?
15. В чём заключается техническое обслуживание и ремонт РЭС?
16. Что включает комплекс работ по обслуживанию и ремонту РЭС?
17. Назовите характерные неисправности РЭС и способы их устранения.

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

При изготовлении изделий РЭС разрабатываемые технологические процессы изготовления деталей, сборочных единиц, сборки и монтажа блоков и узлов, регулировки и настройки, испытаний и контроля качества РЭС должны обеспечивать требуемое качество РЭС. При этом производство РЭС характеризуется приемлемыми материальными затратами на изготовление заданного объёма выпуска изделий.

5.1. ТОЧНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ И КАЧЕСТВО РЭС

Качество радиоэлектронных средств определяется комплексом параметров и свойств изделий РЭС, которые соответствуют требованиям ГОСТ, международных стандартов для определённого класса изделий РЭС. При оценке качества РЭС рассматриваются основные параметры, свойства и факторы, влияющие на качество: технологичность конструкции, экономичность изготовления, надёжность, эргономичность, точность параметров и технологических процессов производства РЭС.

Точность параметров РЭС обусловлена отклонением измеренного параметра от допустимого значения параметра (номинального), указанного в нормативно-технической документации на данный вид изделия.

Точность технологического процесса определяет точность выходных параметров РЭС в допустимых пределах для соответствующего класса изделий.

Отклонения параметров РЭС от номинальных значений параметров, указанных в нормативно-технической документации, называются производственными погрешностями. Производственные погрешности зависят от ряда воздействующих дестабилизирующих факторов (неточности технологических операций при изготовлении РЭС; несоблюдения режимов работы оборудования; неточности инструментов и оснастки, комплектующих компонентов, влияния климатических факторов – температуры, влажности) на процесс изготовления РЭС.

Точность технологических процессов производства РЭС зависит от точности выполнения разработанного технологического процесса, от совершенства технического уровня и точности применяемого технологического оборудования и оснастки, степени автоматизации техпроцессов изготовления РЭС, от качества исходного сырья и материалов, от точности используемых комплектующих компонентов, от уровня специалистов, выполняющих проектирование и реализацию технологического процесса производства РЭС.

К производственным погрешностям относятся систематические и случайные. Систематические погрешности или постоянны для партии изделий или же изменяются по какому-либо закону. Случайные погрешности определяются случайными факторами их появления, например, климатическими, неустойчивостью энергоснабжения, нарушениями технологических режимов и др.

При обнаружении систематических погрешностей и при выявлении причины их появления осуществляют коррекцию технологического процесса или же коррекцию результатов определения параметров изделий РЭС на воздействие дестабилизирующего фактора.

Для количественной оценки случайных погрешностей применяют теорию вероятностей и математической статистики.

Определение систематической и случайной погрешностей в результате способствует повышению точности реализации технологических процессов производства РЭС и в итоге – повышению качества изделий РЭС.

5.2. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА РЭС

Оценка точности технологических процессов производства выполняется в соответствии с рекомендациями Р50-601-20-91 [37]. В рекомендациях отмечено, что одним из основных вопросов при оценке качества изделий является обеспечение точности технологических процессов и, в первую очередь, основных параметров, влияющих на качество РЭС.

В решении задачи обеспечения надлежащего качества РЭС важную роль играет повышение технического, научного и организационного уровней производства. Для этого необходимо применять новые прогрессивные технологии, методы проектирования технологических процессов, разрабатывать и внедрять новое технологическое оборудование и оснастку, использовать методы и средства автоматизации на всех этапах жизненного цикла проектирования и производства РЭС.

Оценка точности технологических процессов при изготовлении деталей и изделий РЭС осуществляется в основном двумя методами: аналитическим и статистическим.

Аналитический метод реализуется на основе определения функциональных зависимостей параметров точности изделия РЭС от производственных погрешностей. К параметрам точности, определяющим эксплуатационные качества изделий, относятся: геометрические (линейные и угловые размеры, формы поверхностей, параметры резьб и др.) и физические (электрические, химические, механические и др.).

Функциональная зависимость выходных параметров точности от производственных погрешностей можно представить аналитической моделью

$$y_n = f(x_i, P_{pj}, P_{nk}),$$

где y_n – выходные параметры точности, определяющие качество изделий,

n – количество y ; x_i – входные параметры (параметры материалов, исходного сырья, электрорадиоэлементов и интегральных микросхем, комплектующих деталей), i – количество x ; P_{pj} – регулируемые параметры технологических процессов и оборудования (время выполнения технологических операций, режимные параметры, температура и др.), j – количество P_p ; P_{nk} – нерегулируемые параметры, имеющие случайный характер (колебания температуры окружающей среды, износ технологического оборудования и оснастки, неточность выполнения техпроцесса и др.), k – количество P_n .

Статические методы оценки точности технологических процессов основаны на теории вероятности и правилах математической статистики. С помощью статического метода определяется суммарная производственная погрешность.

Статистический анализ оценки точности технологического процесса выполняется при определении точности технологических операций; разработке и внедрении новых технологических процессов, измерительных средств, технологического оборудования и оснастки; аккредитации производства; сертификации выпускаемых изделий и др.

Точность технологического процесса характеризуется производственной погрешностью, которая состоит из систематической и случайной. Воздействие систематических погрешностей, как правило, известно или возможно их определение. Для устранения их влияния на точность техпроцесса вносится коррекция в параметры процесса.

Функция распределения случайных погрешностей соответствует закону нормального распределения Гаусса [37]:

$$y(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где x – переменная случайная величина; m – математическое ожидание случайной величины x ; σ – среднее квадратическое отклонение случайной величины x .

Математическое ожидание характеризует расположение кривой распределения на отсчётной шкале анализируемого параметра. Среднее квадратическое отклонение показывает степень рассеяния случайной величины x относительно математического ожидания.

Рассмотрим один из статистических методов – метод кривых распределения на конкретном примере.

Измерим параметр x детали из партии в количестве 10 штук.

Определим среднее арифметическое значение параметра x :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где n – количество деталей; $x_i, i=1, \dots, 10$ – измеренные значения параметра x .

Измеренный параметр необходимо разделить на одинаковые интервалы и определить границы интервалов x_{mi} от минимального значения до максимального.

Затем определяется количество параметров деталей n_i , попадающих в полученный интервал.

Рассчитывается среднее арифметическое значение параметров в интервале по формуле

$$x_{i\text{ср}} = \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Далее определяется частота повторений отклонений параметров в партии деталей

$$F = \frac{n_i}{n}.$$

Среднее квадратическое отклонение определяется по зависимости

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Отклонение значения параметра $x_{кр}$ от среднего значения \bar{x} определяется по формуле

$$\Delta x_{кр} = x_{кр} - \bar{x}.$$

Полученные экспериментальные данные измеренных параметров детали и расчётные данные приведены в табл. 5.1.

По экспериментальным и расчётным данным (табл. 5.1) построена кривая распределения погрешностей (полигон) и гистограмма, показанные на рис. 5.1.

5.1. Экспериментальные и расчётные данные измеренных параметров детали

Номер интервала	x_{ni}	n_i	F	$x_{кр}$	$\Delta x_{кр}$
1	30,348...32,291	2	0,02	31,2 59	— 5,428
2	32,291...34,233	6	0,06	33,3 49	— 3,338
3	34,233...36,176	29	0,29	35,0 78	— 1,609
4	36,176...38,119	45	0,45	37,2 84	0,59 7
5	38,119...40,061	14	0,14	39,0 66	2,37 9
6	40,061...42,004	3	0,03	40,3 36	3,64 9
7	42,004...43,946	1	0,01	43,0 96	6,40 9

n_i/n

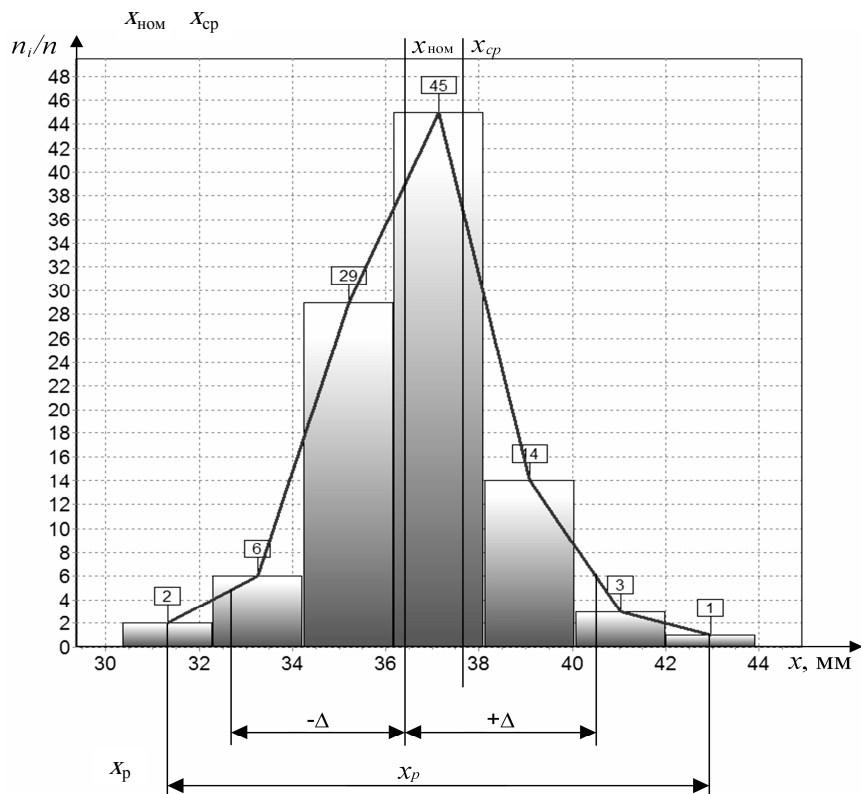


Рис. 5.1. Кривая распределения погрешностей и гистограмма

Кривая распределения погрешностей строится в виде ломаной линии, соединяющей концы ординат, проведённых из середины значений интервала параметров, указанных на оси x .

На рисунке 5.1 $x_{ном}$ – это номинальное заданное значение параметра детали. Диапазон рассеяния значений параметров детали определяется по формуле

$$X_p = X_{max} - X_{min} ,$$

где X_{max} , X_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения измеренного параметра детали.

Полигон распределения погрешностей и гистограмма строятся с помощью персонального компьютера и разработанной программы [36].

5.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ

Для обеспечения точности выходных параметров изделия необходимо учитывать погрешность, которую вносят входящие в состав изделия детали. Этот вывод обуславливает выбор соответствующего метода обеспечения требуемой точности. Существующие основные методы обеспечения требуемой точности, сущность этих методов, и их достоинства и недостатки приведены в табл. 5.2 [25].

5.2. Характеристика методов обеспечения заданной точности

Название метода	Сущность метода	Достоинства метода и недостатки
Метод полной взаимозаменяемости	Сборочная единица собирается из деталей с заданными производственными допусками на их параметры без дополнительного подбора или подгонки	Упрощение технологического процесса, так как не требуются операции регулировки; обеспечение требуемой точности в результате сборки и монтажа деталей с точными параметрами; отсутствие регулировки сборочной единицы при её замене
Метод неполной взаимозаменяемости	Установка более широких допусков на параметры комплектующих электрорадиоэлементов	Использование более широких экономически выгодных допусков на параметры электрорадиоэлементов, по сравнению с методом полной взаимозаменяемости
Метод групповой взаимозаменяемости	Включение в конструкцию изделия сборочных единиц элементов с узкими допусками на их параметры, полученными в результате отбора электрорадиоэлементов, наиболее влияющих на погрешности выходных параметров изделий	Повышенная точность выходных параметров сборочных единиц, по сравнению с методом полной взаимозаменяемости

Название метода	Сущность метода	Достоинства метода и недостатки
Метод подгонки	Подбор электрорадиоэлементов с постоянными параметрами, находящимися в разных производственных партиях	Высокая точность выходных параметров сборочных единиц при больших допусках на параметры электрорадиоэлементов. Однако, необходима дополнительная подгонка сборочных единиц
Метод регулировки	Изменение величины параметра регулировочного элемента специального назначения	Точность параметров при производстве и эксплуатации; обеспечение требуемой точности выходных параметров при широких допусках на параметры электрорадиоэлементов. Недостатки метода: усложнение технологического процесса операциями регулировки, увеличение затрат на изготовление изделий, уменьшение надёжности РЭС

Реализация методов обеспечения заданной точности, достижение заданной точности технологических процессов изготовления сборочных единиц и сборки изделий, применение качественных материалов и использование комплектующих материалов с требуемой точностью позволяют в итоге обеспечить заданную точность выходных параметров.

Контрольные вопросы

1. Какие виды производственных погрешностей Вы знаете?
2. Какие погрешности называются систематическими?
3. Какие погрешности называются случайными?
4. Какие методы применяются для оценки точности технологических процессов?
5. Как осуществляется аналитический метод оценки точности технологических процессов?
6. Какому закону подчиняется распределение случайных погрешностей?
7. Как реализуется метод кривых распределения оценки точности?
8. В чём заключается метод обеспечения заданной точности выходных параметров изделий полной взаимозаменяемости?
9. Изложите сущность метода неполной взаимозаменяемости?
10. Чем отличается метод групповой взаимозаменяемости?
11. Как реализуется метод обеспечения заданной точности – метод подгонки?
12. В чём заключается метод регулировки обеспечения заданной точности?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными направлениями совершенствования технологической подготовки производства РЭС являются повышение технической и экономической эффективности ТПП, применение автоматизации и прогрессивных технологий при разработке технологических процессов на всех этапах ТПП: изготовления, сборки, контроля, регулировки и настройки, испытания и оценки качества РЭС.

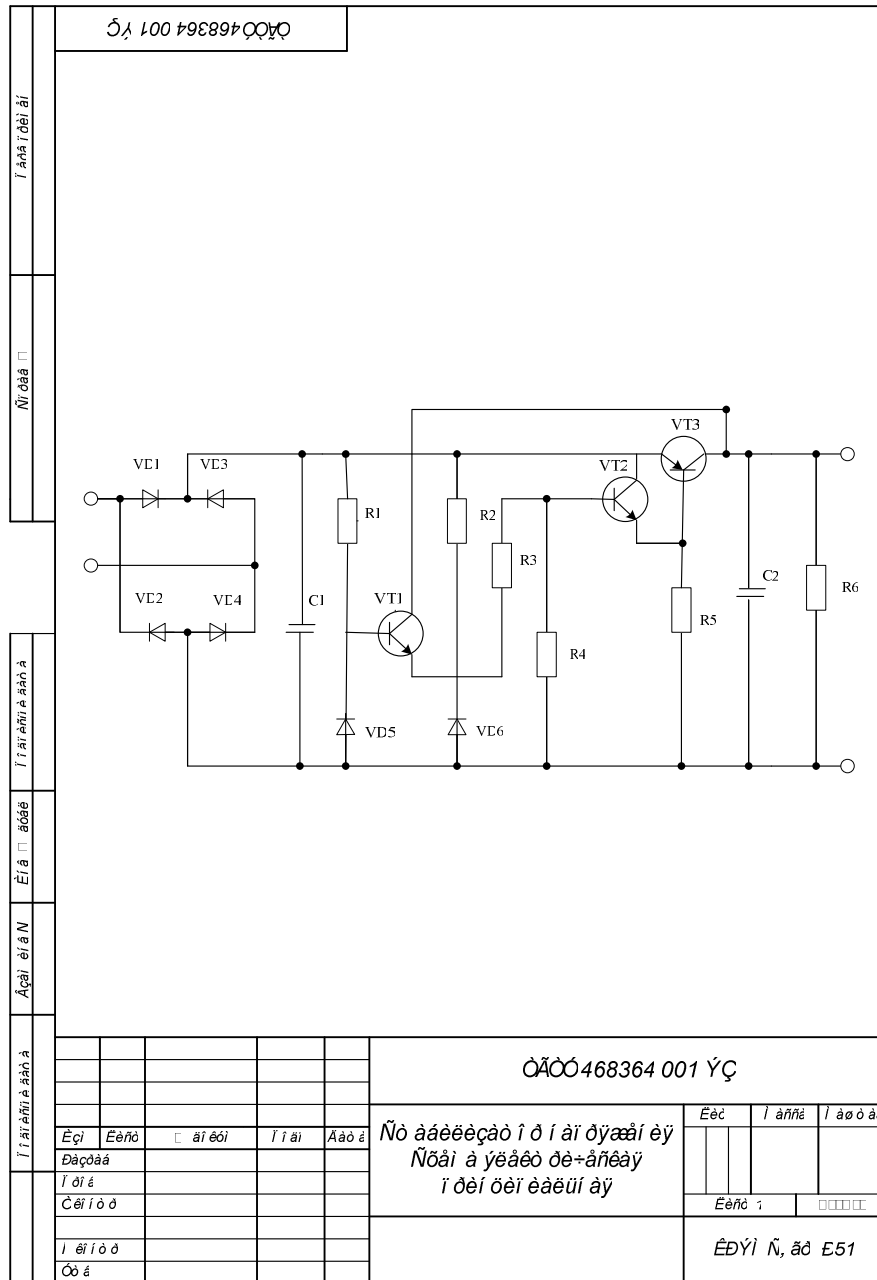
Перспективным направлением развития производства РЭС является создание интеллектуальной АСТПП, позволяющей на основе разработанной базы знаний, включающей информацию по проектам ТПП и эффективному управлению ТПП, повысить качество выпускаемых изделий РЭС.

При автоматизации ТПП, проектирования технологической документации рекомендуется использовать программу T-FLEX.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
2. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К.Н. Билибин, А.И. Власов, А.В. Журалёва [и др.]. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
3. ГОСТ Р 52003–2003. Государственный стандарт Российской Федерации. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения.
4. Грошев, В.Н. Технология радиоэлектронных средств : учебное пособие / В.Н. Грошев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
5. T-FLEX Технология. <http://www.tflex.ru>.
6. Программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП. <http://temp-system.narod.ru>.
7. ADEM-VX. Проектирование техпроцессов, подготовка технологической документации. <http://www.adem.ru>.
8. B2B-Energo. Программно-технические комплексы для автоматизации и проектирования. <http://www.b2b-energo.ru>.
9. Клио-Софт. Управляющие программы для станков с ЧПУ и технологической подготовки производства. <http://www/clio-soft.ru>.
10. САПР ТП SWR-Технология. Система подготовки технологической документации. <http://www.solidworks.ru>.
11. ISO 9000. Серия международных стандартов ISO.
12. Введение в CALS- технологии. <http://www.Engenegr.ru>.
13. Система автоматизированного проектирования CAD. <http://www.ru.wikipedia>.
14. <http://www.rsreu.ru>.
15. Система для инженерных расчётов CAE. <http://www.ru.wikipedia>.
16. Система автоматизированной подготовки производства CAM. <http://www.ru.wikipedia>.
17. Система расчёта ресурсов производства MRP II. <http://www.ru.wikipedia>.
18. Система расчёта ресурсов предприятия ERP. <http://www.ru.wikipedia>.
19. Система расчёта потребностей в материалах MRP. <http://www.ru.wikipedia>.
20. Система автоматизации обслуживания и ремонта изделий SCM. <http://www.ru.wikipedia>.
21. Системы электронной коммерции CRM. <http://www.ru.wikipedia>, B2B <http://www.ru.wikipedia>, B2B.
22. Р 50.1.029–2001. Интерактивные электронные руководства.
23. Белевцев, А.Т. Технология производства радиоаппаратуры / А.Т. Белевцев. – М. : Энергия, 1971. – 554 с.
24. ГОСТ 14.201–83. Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.
25. Бушминский, И.П. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры : учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Даутов, А.П. Достанко [и др.] ; под. ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабдарова. – М. : Радио и связь, 1989. – 624 с.
26. Медведев, А.М. Сборка и монтаж электронных устройств / А.М. Медведев. – М. : Техносфера, 2007. – 256 с.
27. Павловский, В.В. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА / В.В. Павловский, В.И. Васильев, Т.Н. Гутман. – М. : Радио и связь, 1982. – 160 с.
28. ГОСТ 3.1118–82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.
29. ГОСТ 3.1001–81. Единая система технологической документации. Общие положения.
30. ГОСТ 3.1102–81. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.
31. Р 50-54-71–88. Рекомендации. Единая система технологической документации. Автоматизированное формирование форм технологических документов на основе баз данных.
32. ASCON. Автоматизация проектирования техпроцессов и выпуска технологической документации. <http://www.itshop.ru>.
33. Разработка технологической документации (САПП). <http://www.qk-it-consult.ru>.
34. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства на базе программных продуктов T-FLEX. <http://www.cad.dp.ua/obzors/TFLEX.php>.
35. Система технологического проектирования ТехноПро. <http://www.tehnopro.com>.
36. Селиванова, З.М. Технология радиоэлектронных средств: лабораторный практикум / З.М. Селиванова, А.В. Петров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
37. Р 50-601-20–91. Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования).

СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ
(Схема электрическая принципиальная)



СТАБИЛИЗАТОР НАПРЯЖЕНИЯ (Сборочный чертеж)

Τ ΑΝΑΓΩΓΗ ΑΙ	ΟΑΩΟ 468364.003 ΝΑ																																																																																					
ΝΥΛΛΑ Π																																																																																						
Τ Τ ΑΙ ΑΝΤΙ Ε ΒΑΝ Α	<ol style="list-style-type: none"> 1. Οαί ε-αήεεά ό όαί αί έγ έ γεαό όε-αήέι ί ό ί ί ό ααό τ ί ΝΟ 45.010.030-92. 2. Τ όέι τ έ ί Ν-61 ΑΪ ΝΟ 29137-91. 3. *Δαί αόύ αέγ ηί όαί έ. 4. Όπό αί ί αέό ΕΥΟΪ όί έαί αέό ύ ί ί ΑΪ ΝΟ 29137-91: έ. VD1-VD6, R1-R6 – Άαδέαί ό 220.03.0401.00.03 έ. C1, C2 – άαδέαί ό 180.08.0000.00.03 έ. VT1, VT2 – άαδέαί ό 190.13.0000.00.03 5. Τ ά-αό ί ύ ά ί όί αί έέέ όήέί αί ί ί ά ί ί έαί ύ. 6. Τ ηό αέυι ύ ά ό άόί έ-αήεεά ό όαί αί έγ τ ί ΑΪ ΝΟ 9137-91. 																																																																																					
FIA Π ΑΚΑΑ	ΟΑΩΟ 468364.003 ΝΑ																																																																																					
Ααί έ ί λ Ν	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Εαί .</td> <td style="text-align: center;">Εέño</td> <td style="text-align: center;">□ αί έόί .</td> <td style="text-align: center;">Τ ί αί .</td> <td style="text-align: center;">Άαό ά</td> <td colspan="5" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Νό αάέέεαό τ ό ί αί όγαί έγ Νάί όί -ί ύ έ -άόό άαε </td> <td style="text-align: center;">Εέño .</td> <td style="text-align: center;">Τ ί αί ηα</td> <td style="text-align: center;">Τ ί αο ό αά</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Δαγθάά.</td> <td colspan="4"></td> <td style="text-align: center;">Εέño 1</td> <td style="text-align: center;">ΕΠΙΠΛ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Τ ί όί ά.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="8" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> ΕΔΪΪ Ν, άό. D51 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Όέί ί ό ό</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Τ έί ί ό ό</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Όό ά.</td> <td colspan="4"></td> <td colspan="8"></td> </tr> </table>														Εαί .	Εέño	□ αί έόί .	Τ ί αί .	Άαό ά	Νό αάέέεαό τ ό ί αί όγαί έγ Νάί όί -ί ύ έ -άόό άαε					Εέño .	Τ ί αί ηα	Τ ί αο ό αά	Δαγθάά.					Εέño 1	ΕΠΙΠΛ	Τ ί όί ά.					ΕΔΪΪ Ν, άό. D51								Όέί ί ό ό													Τ έί ί ό ό													Όό ά.												
Εαί .	Εέño	□ αί έόί .	Τ ί αί .	Άαό ά	Νό αάέέεαό τ ό ί αί όγαί έγ Νάί όί -ί ύ έ -άόό άαε					Εέño .	Τ ί αί ηα	Τ ί αο ό αά																																																																										
Δαγθάά.										Εέño 1	ΕΠΙΠΛ																																																																											
Τ ί όί ά.					ΕΔΪΪ Ν, άό. D51																																																																																	
Όέί ί ό ό																																																																																						
Τ έί ί ό ό																																																																																						
Όό ά.																																																																																						
Τ Τ ΑΙ ΑΝΤΙ Ε ΒΑΝ Α																																																																																						



В зам. подл.		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ТТУУ.468333.043				ГОСТ 3 1118 82 форма 5А														
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа																	
Р	Наименование оборудования				СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц											
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.									ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Нрас					
01																								
02																								
03																								
04																								
05																								
06																								
07																								
08																								
09																								
10																								
11			Т																					
12																								
13																								
14																								
15			А	020																				
16			Б																					
17			О																					
18																								
19			А	025																				
20			Б																					
21			О																					
22			Т																					
23																								
24			А	030																				
25			Б																					
26			О																					
27			Т																					
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата

Ведомость материалов							
	Вид материала	ГОСТ	Номер операции	Поставка	Единицы измерения	Норма расходов	
						На 1 шт.	На партию
01	Припой ПОС61	ГОСТ 21931-76	015	—	кг	0,005	0,01
02	Канифоль ОК-5	ТУ 13-4000177.200-81	015	—	кг	1	10
03	Спирто-нефрасовая смесь 1:1	ОСТ.ЧГО.029.233-84	010	—	л	0,1	1
04	Клей ВК-9	ОСТ.ЧГО.029.204	020	—	л	0,001	0,01
05	Эмаль ЭП-572, черная	ТУ6-10-1539-87	040	—	л	0,0001	0,001
06	Кисть КФК-8	ГОСТ 10597-87	010	—	шт	1	10
07	Паста лудящая ПЛ-112	АУКО.029.009 ТУ	015	—	кг	0,002	0,02
08							
09							
10							
11							
12							
13							



в зам подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА					ТТУ.46833.043					ГОСТ 3 1118 87 форма 5А				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ФН	ТПЗ	Расц		
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов					Обозначение код.					ОП	Л	ФН	КИ	Н рас	
01	Т				Стойки технологические, тара для печатных плат, острогубцы ОБ 1 АРП54161 027ТУ,эд. Пяльщик ЭПН 132 с заземленным жалом, пинцет ППМ 170 АРГМЬ 890 001 ТУ, браслет заземления											
02																
03																
04	А			100	Контрольная ОТК 100% ИОТ №140											
05	Б				Стол ОТК											
06	О				Проверить визуально правильность и качество пайки вилки ГРПМШ поз 64 1 шт согласно чертежу											
07																
08	А			105	Маркировочная ИОТ № 113											
09	Б				Стол рабочий											
10	О				1 Извлечь плату из тары и установить на технологические стойки											
11					2 Обезжирить поверхности, подлежащие маркированию, тампоном, смоченным в уайт спирите											
12					3 Маркировать плату согласно чертежу Шрифт и краска согласно указаниям чертежа											
13					Маркировка элементов показана для справок											
14	Т				Стойки технологические, тара для печатных плат, ручка ученическая с пером											
15																
16	А			110	Контрольная ОТК 100% ИОТ № 140											
17	Б				Стол ОТК											
18	О				1 Проверить правильность и качество маркировки платы на соответствие чертежу НО 010 007											
19					2 Поставить клеймо ОТК краской согласно указанию в чертеже											
20	Т				Клеймо ОТК											
21																
22	А			105	Слаторная ИОТ согл. ТУ											
23	Б				Оборудование по ТУ											
24	О				Сдача процесс ПЗ согл. табл. приём-сдаточным испытаниям в присутствии ОТК											
25	Т				Браслет заземления											
	Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лист	7	



Ведомость материалов					
	Вид материала	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Единицы измерения	Норма расходов	
				На 1 шт.	На партию (100 шт)
01	Лакокраск. ЛКМ 105 0,15	ТУ16 9037.0012002ТУ	м ²	0,1466	14,66
02	Припой ПОС 61	ГОСТ 21931 76	кг	0,0203	2,03
03	Флюс ФКСп	ОСТ.4ГО.033.200	л	0,01	1
04	Спирт этиловый	ГОСТ 18 300 87	л	0,03	3
05	Нефрас С3 80/120	ТУ 3841.67 108 92	л	0,02	2
06	Клей ВК 9 наполнитель нитрид бора 60 в.ч.	ОСТ 4ГО.029.204	л	0,009	0,9
07	Краска ТНПФ 01	ТУ29 02 889 79	л	0,01	1
08	Лак ЭП 730	ГОСТ 20824 81	л	0,1	10
09	Эмаль ЭП 51	ГОСТ 9640 75	кг	0,01	1
10					
11					
12					
13					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА	4
1.1. Стандарты единой системы технологической подготовки производства	4
1.2. Основные понятия о технологической подготовке производства	5
1.3. Повышение эффективности технологической подготовки производства	7
1.4. Автоматизация технологической подготовки производства	8
1.5. Жизненный цикл РЭС	10
1.6. Производственный и технологический процессы при изготовлении изделий РЭС	13
1.7. Структура и характеристика видов производства РЭС	15
1.8. Оценка технологичности конструкции изделий РЭС	18
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СБОРКИ И МОНТАЖА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	21
2.1. Типизация технологических процессов	21
2.2. Унификация технологических процессов сборки и монтажа РЭС	22
2.3. Технологический процесс сборки электронного узла РЭС	24
2.4. Технологические схемы сборки и монтажа РЭС	26
2.5. Маршрутный технологический процесс сборки изделия РЭС ...	32
2.6. Разработка операционного технологического процесса	34
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	36
3.1. Единая система технологической документации	36
3.2. Виды технологической документации	38
3.3. Автоматизация проектирования технологической документации	40
4. РЕГУЛИРОВКА, НАСТРОЙКА, КОНТРОЛЬ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	43
4.1. Регулировка и настройка РЭС	43
4.2. Технологический контроль РЭС	44
4.3. Техническое обслуживание и ремонт РЭС	52
5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	54
5.1. Точность параметров и качество РЭС	54
5.2. Методы оценки точности технологических процессов производства РЭС	55
5.3. Обеспечение заданной точности выходных параметров изделий	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	63
ПРИЛОЖЕНИЯ	65
Приложение А. Стабилизатор напряжения (Схема электрическая принципиальная)	65
Приложение Б. Стабилизатор напряжения (Сборочный чертёж)	66
Приложение В. Технологический процесс сборки узла на печатной плате (Маршрутная карта)	67
Приложение Г. Технологический процесс сборки блока усилителя (Маршрутная карта)	70