

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

З.М. СЕЛИВАНОВА

ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию
в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и
автоматизации в качестве учебного пособия



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2012

УДК 621.396.6.075
ББК з 844-06я-73
С291

Рецензенты:

Доктор технических наук заведующий кафедрой
«Технология машиностроения, металлорежущие станки и
инструменты» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
М.В. Соколов

Кандидат технических наук начальник научно-исследовательской
лаборатории Тамбовского научно-исследовательского
института радиотехники «ЭФИР»
В.Л. Удовикин

Селиванова, З.М.

С291 Технология радиоэлектронных средств : учеб. пособие по
курсовому проектированию / З.М. Селиванова. – Тамбов :
Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 100 с. – 100 экз.
ISBN 978-5-8265-1136-7

Представлены сведения по курсовому проектированию, содержа-
щие информацию о технологической подготовке и автоматизации про-
изводства радиоэлектронных средств (РЭС), разработке технологиче-
ских процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС, вы-
бору технологического оборудования и оснастки.

Предназначено для студентов 5 и 6 курсов дневного и заочного
отделений, экстерната и дистанционного образования специальности
210201 и направления проектирования электронных средств 211000.

УДК 621.396.6.075
ББК з 844-06я-73

ISBN 978-5-8265-1136-7

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тамбовский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2012

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие «Технология радиоэлектронных средств» предназначено для студентов, обучающихся по специальности 210201 в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования направления подготовки дипломированных специалистов 654300 «Проектирование и технология электронных средств» [1] и направления подготовки 211000 «Конструирование и технология электронных средств» в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования [2].

Содержание, структура и объём курсового проекта определяются Стандартом предприятия СПП ТГТУ 07–97. Проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления [3].

Курсовой проект является самостоятельной работой студентов, в которой осуществляется конструкторско-технологическое проектирование при производстве изделий радиоэлектронных средств (РЭС), включающее процессы технологической подготовки и автоматизации производства, разработки технологических процессов изготовления печатной платы для радиоэлектронного устройства, разрабатываемого в рамках специального задания при курсовом проектировании, и сборки блока РЭС. В курсовом проекте осуществляется выбор технологического оборудования и оснастки или составляется техническое задание на их разработку при производстве оригинального изделия РЭС. В курсовом проектировании также рассматриваются экономические вопросы производства при выборе оптимального варианта технологического процесса сборки рассматриваемого блока РЭС.

Если студент выполняет курсовую работу, то она посвящается самостоятельному научному исследованию в рамках специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» или направления 211000 «Конструирование и технология электронных средств».

Тема курсового проекта (работы) должна соответствовать специальности 210201 или направлению 211000 и содержать в названии темы отличительные признаки объекта проектирования.

Результаты курсового проектирования должны характеризоваться новизной предлагаемых проектных решений и использоваться на предприятиях радиотехнического профиля и в других соответствующих организациях для повышения качества, надёжности и конкурентоспособности проектируемых изделий РЭС и повышения эффективности производства.

В курсовом проектировании студентам рекомендуется использовать новейшие достижения науки и техники в области проектирования и технологической подготовки производства изделий РЭС.

Результаты курсового проектирования отражают теоретический и практический уровень знаний студентов и их готовность к работе на предприятиях и научно-исследовательских институтах радиотехнического профиля в качестве специалистов по специальности «Проектирование и технология электронных средств» и направлению «Конструирование и технология электронных средств».

При подготовке курсового проекта (работы) студенты должны показать профессиональные знания в рассматриваемой предметной области, умение решать производственные научно-технические задачи, проводить научные исследования и получать решения научных задач с соответствующим алгоритмическим и программным обеспечением.

Для того чтобы выполнить курсовой проект (работу), студент должен знать методические и нормативные материалы по проектированию электронных средств и технологии их производства; технические характеристики и экономические показатели лучших отечественных и зарубежных конструкций электронных средств и технологии их производства; методы конструкторско-технологического проектирования электронных средств; применяемые в конструкциях материалы и их свойства; основы экономики, организации труда и управления; расчётные методы анализа и синтеза аналоговой и цифровой схемотехники; современные системы автоматизированного проектирования электронных средств; современные технологические процессы производства элект-

тронных средств; современные пакеты прикладных программ по различным аспектам проектной деятельности; конструктивное и функциональное исполнение современных и перспективных электронных средств [1]. Студент должен уметь применять методику анализа технического задания на разработку электронных средств; методы проектирования электронных средств и технологических процессов их производства в соответствии с требованиями технического задания; стандарты по проектированию и технологии электронных средств; системы автоматизированного проектирования; типовые технологические процессы для изготовления электронных средств; специальную литературу и другие информационные издания для решения профессиональных задач [1].

Необходимым условием решения задач в курсовом проектировании является совершенствование знаний студентов в области информационных технологий и применение их при проектировании и производстве изделий РЭС и оформлении курсового проекта (работы).

Учебное пособие посвящено обобщённому описанию курсового проекта (работы), является руководством к технологии производства радиоэлектронных средств, содержит пояснения по содержанию и оформлению пояснительной записки и чертёжно-графической части проекта (работы), организации курсового проектирования.

В учебном пособии приводятся рекомендации по технологии производства РЭС, осуществлению технологической подготовки производства изделия РЭС, анализу и схемотехнической разработке устройств РЭС, оценке технологичности конструкции блока РЭС, выполнению рабочей технологической документации, производству и автоматизации проектирования и изготовления изделий РЭС, а также экономическому обоснованию разрабатываемых технологических процессов изготовления детали (печатной платы) и сборки блока при производстве изделия РЭС.

Основные разделы в курсовом проекте (работе) должны быть посвящены:

- осуществлению технологической подготовки производства изделия РЭС;
- разработке технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС;
- применению автоматизации при проектировании, производстве, управлении и эксплуатации устройств и систем РЭС;
- применению информационных технологий при проектировании технологических процессов производства РЭС и разработке технологической документации.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является самостоятельное решение студентами научно-технических задач по технологии производства РЭС, которые могут быть использованы ими при дипломном проектировании на основе приобретенных при обучении в высшем учебном заведении профессиональных знаний и практических навыков в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

Задачи курсового проектирования:

- закрепить и пополнить теоретические знания по технологии РЭС;
- приобрести практические навыки по технологии производства РЭС;
- провести анализ и обработку научно-технической информации по теме курсового проекта (работы);
- изучить технические и технологические требования, предъявляемые к изделиям РЭС: габаритам, массе, надёжности, климатическим воздействиям, прочности, точности, шероховатости поверхности, электропроводимости, магнитным, диэлектрическим, оптическим и другим свойствам;
- осуществить конструкторско-технологическое проектирование РЭС: или выполнить новую разработку, или провести модернизацию существующего аналога;
- выполнять проектирование с учётом новейших достижений науки и техники в рассматриваемой предметной области, требований условий эксплуатации, дизайна, эргономики и в соответствии с существующими государственными, отраслевыми и ведомственными стандартами;
- приобрести навыки анализа и принятия решений при согласовании конструкторской и технологической частей проекта;
- освоить оформление технологической документации, применяемой при разработке технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС;
- изучить и применить оптимизацию технологических процессов производства РЭС с использованием статистических и математических методов;

- разработать проектную и рабочую конструкторско-технологическую документацию на основе применения новых технологий и методов;
- разработать технологическую часть проекта с соответствующими расчётами;
- применить или разработать систему автоматизации при проектировании изделий РЭС и оформлении курсового проекта (работы);
- выполнить разработку технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС с применением средств автоматизированного проектирования;
- при выполнении курсовой работы в научно-исследовательской части должны быть отражены: постановка задачи исследования, алгоритм решения задачи, разработка математической модели технологических процессов производства РЭС и проверка её адекватности на основе имитационного моделирования и проведения экспериментальных исследований;
- провести технико-экономическое обоснование в курсовом проекте технологических процессов изготовления детали и сборки блока РЭС с целью прогнозирования и обеспечения их технической и экономической эффективности при внедрении в производство;
- освоить необходимую техническую литературу, нормативно-техническую документацию по технологии производства РЭС, стандарты единой системы технологической подготовки производства и единой системы технологической документации, в соответствии с которыми студентам следует выполнять курсовой проект (работу).

2. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Организация процесса курсового проектирования осуществляется выпускающей кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» (КРЭМС) по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и направлению проектирования «Конструирование и технология электронных средств».

2.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ (РАБОТЕ)

Курсовое проектирование выполняется студентами (бакалаврами) на четвёртом курсе, студентами (специалистами) на пятом курсе, и студенты заочного отделения выполняют курсовой проект (работу) на шестом курсе.

Процесс курсового проектирования начинается с выдачи задания на проектирование и заканчивается защитой курсового проекта (работы).

Задание на курсовое проектирование выдаётся студентам дневного отделения на первой неделе обучения, а студентам заочного обучения – на установочной сессии в предыдущем семестре.

Курсовым проектированием студенты занимаются или на предприятиях радиотехнического профиля или на выпускающей кафедре под руководством руководителей, назначенных из числа профессорско-преподавательского состава кафедры (по согласованию со студентами) и в соответствии с темой курсового проекта (работы). Сроки курсового проектирования определяются учебным планом и графиком учебного процесса ТГТУ по специальности 210201 и направлению обучения 211000.

Для обеспечения качества результатов курсового проектирования и выполнения курсового проекта (работы) в срок составляется график работы при курсовом проектировании, который должен неукоснительно выполняться студентом. Контроль за выполнением графика работы осуществляет руководитель курсового проектирования и заведующий кафедрой КРЭМС (по мере необходимости).

Курсовое проектирование выполняется в соответствии с заданием на проектирование, утверждённым заведующим кафедрой КРЭМС и руководителем.

В задании руководитель проекта указывает исходные данные на проектирование: назначение изделия РЭС, для которого в курсовом проекте будет разрабатываться технология производства; условия эксплуатации и производства изделия. В приложении к заданию представляется электрическая схема и сборочный чертёж изделия РЭС.

Желательно, чтобы изделие РЭС, которое рассматривается в курсовом проекте по дисциплине «Технологии радиоэлектронных средств» или «Технология производства электронных средств», соответствовало изделию, проектируемому по дисциплине «Конструирование радиоэлектронных средств» и в последующем – изделию РЭС, проектируемому в дипломном проекте.

В курсовом проекте (работе) рассматривается технологическая подготовка производства РЭС, которая обеспечивает технологическую готовность производства, т.е. наличие в полном объеме конструкторской и технологической документации, необходимого технологического оборудования и оснастки для производства изделий РЭС. 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, испытания РЭС) технологического конструирования, изготовления и выбора технологического оборудования и оснастки, нормирования расхода материалов и технологических процессов [4, 5]. В технологической части курсового проекта студенты разрабатывают технологические процессы изготовления детали РЭС (печатной платы) и сборки блока РЭС. При выполнении курсовой работы в качестве технологической части осуществляется разработка технологических процессов проведенных экспериментальных исследований для проверки соответствия полученных теоретических результатов практическим.

Курсовой проект (работа), включающий пояснительную записку и чертёжно-графическую часть, оформляется в соответствии с СТП ТГТУ 07–97 [1].

Рекомендуемый объём пояснительной записки 50 – 60 листов, а чертёжно-графической части 5 – 6 листов.

Пояснительная записка имеет следующее содержание и структуру: титульный лист, образец которого представлен в прил. А; ведомость курсового проекта (прил. Б); задание на проектирование (прил. В); аннотацию, содержание, перечень основных условных обозначений и сокращений, нормативные ссылки, введение, обоснование проекта (работы), разделы по технологии, отражающие производство продукта; заключение, список используемых источников, приложения.

В техническом задании указываются назначение, технические характеристики и параметры изделия РЭС, условия эксплуатации и эргономические требования.

Производство продукта включает технологическую часть проекта, в которой излагается процесс технологической подготовки производства изделия РЭС, оценка технологичности конструкции РЭС, технологические процессы изготовления печатной платы устройства, рас-

сматриваемого в качестве специального задания, и сборки изделия РЭС. В разделе «Автоматизация технологической подготовки производства РЭС» описываются применяемые средства и системы автоматизации при производстве изделия РЭС.

В чертёжно-графической части курсового проекта в соответствии с техническим заданием представляются разработанные чертежи по технологии производства РЭС:

1. Схема электрическая принципиальная устройства РЭС.
2. Сборочный чертёж изделия РЭС.
3. Чертёж разработанной печатной платы.
4. Схема технологического процесса изготовления разработанной печатной платы.
5. Схема технологического процесса сборки изделия РЭС.
6. Система автоматизации производства изделия РЭС.

В заключении пояснительной записки приводятся выводы по всем её разделам, а также вывод об основных результатах курсового проекта (работы) и достижении поставленной цели при курсовом проектировании.

В список использованных источников включаются издания учебной и учебно-методической литературы по проектированию РЭС, отражающие материалы по новейшим разработкам, относящимся ко всем этапам жизненного цикла технологии производства РЭС.

В приложении к пояснительной записке курсового проекта (работы) приводятся спецификация на изделие, перечень элементов электрической схемы рассматриваемого изделия РЭС, комплекты технологической документации сборки изделия РЭС и изготовления разработанной печатной платы. В приложении к курсовой работе представляются также промежуточные результаты расчётов, распечатки разработанного программного обеспечения.

Пояснительная записка печатается на стандартных листах белой бумаги формата А4, шрифт Times New Roman, размер 14, межстрочный интервал полуторный. Новые главы пояснительной записки рекомендуются начинать с новой страницы.

Титульный лист пояснительной записки подписывается студентом, руководителем проекта (работы) и нормоконтролёром (руководителем курсового проекта). После сдачи курсового проекта (работы) ставится на титульном листе подпись заведующего кафедрой для его утверждения.

Руководитель курсового проекта (работы) консультирует студента при выборе темы курсового проекта (работы), при проведении патентного поиска по теме исследования, при выборе и реализации методики исследования оказывает методическую помощь и даёт реко-

мендации студенту в ходе проектирования технологических процессов производства изделия РЭС. Руководитель проверяет и исправляет пояснительную записку и чертёжно-графическую часть курсового проекта (работы) и оказывает содействие при подготовке доклада и презентации к защите курсового проекта (работы).

Предварительная проверка курсового проекта (работы) руководителем должна быть выполнена за неделю до защиты.

Контроль за ходом курсового проектирования и готовностью к защите осуществляют руководитель студента и администрация кафедры КРЭМС.

Пояснительная записка и чертёжно-графическая часть проекта (работы) должны быть предоставлены на проверку и защиту как на бумажном, так и электронном носителе. Пояснительная записка курсового проекта (работы) и чертежи должны быть помещены в папку с указанием выходных данных на этикетке, оформленной по СТП ТГТУ 07–97.

Документ электронный (ДЭ) состоит из двух частей: содержательной и реквизитной.

Содержательная часть состоит из одной или нескольких информационных единиц, содержащих необходимую информацию о документе. Содержательная часть может состоять отдельно или в любом сочетании из текстовой, графической, аудиовизуальной информации. Согласно ГОСТ 2.102–68 для текстовых документов к обозначению документа прилагается код ТЭ, для графических документов, представленных в электронной форме 2Д. Реквизитная часть состоит из структурированного по назначению набора реквизитов и их значений. Номенклатура реквизитов в соответствии с требованиями СТП ТГТУ 07–97 и методическими указаниями к выпускной работе.

Структура электронной записи на CD-R диске должна отображаться на примере курсового проекта следующим образом:

1) папка курсового проекта (обозначение папки – курсовой проект ФГБОУ ВПО ТГТУ. 463561.024 ДЭ);

2) при открытии папки с курсовым проектом она делится на папку с текстовыми электронными документами (обозначение папки – текстовые документы к курсовому проекту ТГТУ. 463561.024 ДЭ) и графическими (обозначение папки – графические чертежи к курсовому проекту. 463561.024 ДЭ);

3) при открытии папки с тестовыми электронными документами открываются файлы: например – пояснительная записка, технические условия, программы и методики испытаний и т.д. (структура в зависимости от задания на проектирование); каждый текстовый файл должен иметь название и обозначение: например – Пояснительная записка ТГТУ. 463561.024 ТЭ-ПЗ;

4) при открытии папки с графическими электронными документами открываются файлы: например – электронный чертёж общего вида; сборочный чертёж в электронном виде, чертёж детали в электронном виде, габаритный чертёж в электронном виде и т.д. (структура в зависимости от задания); каждый графический файл должен иметь название и обозначение: например – Схема электрическая ТГТУ. 463561.024 2Д-Э1;

5) в зависимости от вида выпускной работы структура может быть разной: например – когда нет графической части, а текстовая часть состоит из нескольких текстовых документов, используется папка текстовых электронных документов; если выпускная работа состоит из одного текстового документа, выпускная работа записывается одним файлом с названием и обозначением выпускной работы.

Все реквизиты ДЭ, значением которых является подпись, выполняются в виде ЭЦП по ГОСТ Р 34.10. Порядок использования ЭЦП и применяемые программно-технические средства в пределах одной организации устанавливаются в зависимости от наличия конкретного информационного, программного и организационного обеспечения.

Допускается при выпуске ДЭ выполнять реквизитную часть в форме информационно-удостоверяющего листа (УЛ). В наших рекомендациях рассматривается вариант выпуска электронного документа с выполнением реквизитной части в форме информационно-удостоверяющего листа. Рекомендуемая форма УЛ приведена в прил. Г.

Правила выполнения информационно-удостоверяющего листа. УЛ используется для сопровождения выпуска одного документа, нескольких документов или комплекта документов.

Если УЛ выпускают на ДЭ, то ему присваивают обозначение ДЭ на это изделие с добавлением кода УЛ. Например, ТГТУ. 463561.024 УЛ.

В УЛ указывают обозначения ДЭ, к которым он выпущен, фамилии и подлинные подписи лиц, разрабатывающих, согласовывающих и утверждающих соответствующий ДЭ. Подпись лица, разрабатывающего ДЭ и УЛ, и нормоконтролёра являются обязательными. В случае недостатка количества строк для подписей допускается увеличение их количества. Образец заполнения информационно-удостоверяющего листа представлен на примере курсового проекта (прил. Г).

УЛ лист хранится вместе с ДЭ.

Правила разработки, защиты курсового проекта (работы) сдача в архив кафедры. Для выполнения курсового проекта (работы) в электронном виде (далее ДЭ) руководителем студенту выдаётся задание (форма по СТП ТГТУ 07–97).

Выполняя работу, студент использует программы, позволяющие осуществить проверку со стороны руководителя и нормоконтролёра (программное обеспечение должно быть согласовано на кафедре). Версии программ WORD, AVTOSAD у руководителей и нормоконтролёров должны обеспечивать проверку электронного документа. Для этого у студентов версии программ должны быть не позднее версий проверяющих.

Руководителям кафедр обеспечить руководителей выпускных работ и нормоконтролёров программным обеспечением и компьютерной техникой для выполнения работ по руководству и контролю за выпускными работами.

При выполнении работы студент подписывает УЛ на титульный лист, задание и отдаёт ДЭ с УЛ нормоконтролёру подразделения (кафедры) на нормоконтроль. Проверив ДЭ, нормоконтролёр защищает документ от редактирования (устанавливая пароль – пароль произвольный набор букв или цифр, или их сочетание) и разрешает студенту копировать ДЭ на оптический одноразовый CD-R диск.

На CD-диске должно быть написано обозначение документа и подпись нормоконтролёра.

На проверку курсового проекта (работы) студент представляет документ в удобной для проверки форме. Допустимо представлять копию в бумажной форме вместе с ДЭ если это нужно для рецензии.

Защита курсового проекта (работы) осуществляется в удобной для наглядного восприятия форме, в виде презентации с использованием оборудования (компьютера, проектора, экрана), а также представляя документ в бумажной форме.

После защиты курсового проекта (работы) в архив сдаётся первичный документ в электронной форме на CD-R диске, а документ на бумажном носителе (если он был необходим) уничтожается.

Пример сдачи в архив кафедры КРЭМС курсового проекта (работы).

На документы по курсовому проекту (работе) составляется перечень (прил. Д), в который должны входить:

- 1) электронный документ на CD-R диске с обозначением документа и подписью нормоконтролёра;
- 2) УЛ в бумажной форме на все документы, имеющие подписи.

Все эти документы укладываются в конверт, на котором пишется, например:

Курсовой проект
ТГТУ. 463561.024 ДЭ
Усилитель мощности
Иванов И.И. гр. Р-51
Тамбов 2012

После завершения работы над курсовым проектом (работой) выполняются следующие этапы курсового проектирования:

- проведение проверки курсового проекта (работы) у руководителя (за неделю до защиты);
- исправление курсового проекта (работы) в соответствии с замечаниями руководителя;
- представление курсового проекта (работы) к защите;
- защита курсового проекта (работы) в присутствии комиссии, назначенной заведующим кафедрой распоряжением по кафедре КРЭМС.

2.2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Выбор и обоснование темы курсового проекта (работы) осуществляется студентами во время прохождения производственно-технологической практики на четвёртом курсе для студентов четвёртого курса дневного обучения и на шестом курсе для студентов заочного обучения. Тема должна быть актуальной и иметь практическое значение для предприятий радиотехнического профиля, решению задач которых посвящён курсовой проект (работа).

Тема курсовой работы определяется в соответствии с научными исследованиями студентов, которыми они занимаются под руководством преподавателя, как правило, начиная с третьего курса. Рекомендуется по результатам научных разработок создание макетного образца и проведение в курсовой работе результатов его экспериментальных исследований. В курсовых работах выполняется также разработка программных средств, позволяющих решать схемотехнические, конструкторские и технологические задачи при проектировании технологических процессов производства изделий РЭС. В курсовых работах проектно-технологическая часть может быть заменена научными исследованиями.

В курсовых проектах технологического направления осуществляется разработка прогрессивных автоматизированных технологических процессов изготовления изделий РЭС и специализированных интегральных микросхем.

Тема курсового проекта (работы) должна соответствовать требованиям, которые предъявляются студентам, обучающимся по специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» и направлению 211000 «Проектирование и технология электронных средств».

В курсовых проектах (работах) студентами выполняется проектирование технологических процессов изготовления печатной платы и

сборки блока РЭС при обеспечении качества выпускаемой продукции, производительности и экономичности при производстве изделий РЭС.

Исходные данные для реализации темы проекта (работы) представляются студенту руководителем. Тема курсового проекта (работы) может быть предложена студентом и утверждена после согласования с руководителем.

Примерные темы курсовых проектов:

- 1) разработка технологических процессов изготовления детали и сборки блока РЭС;
- 2) разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки изделия РЭС;
- 3) разработка технологических процессов монтажа, сборки и контроля блоков РЭС;
- 4) разработка технологической документации при изготовлении продукции радиотехнических производств с применением системы САПР;
- 5) разработка системы автоматизации при производстве изделий РЭС.

Примерные темы курсовых работ:

- 1) разработка и исследование технологического оборудования и оснастки для технологических процессов изготовления новых изделий;
- 2) теоретические исследования радиотехнического производства с целью модернизации и разработки новых технологических процессов изготовления изделий РЭС.

Подготовка к курсовому проектированию, обоснование и выбор темы курсового проекта (работы) начинается во время производственно-технологической практики. Целью практики является приобретение студентами опыта в исследовании актуальной научной проблемы или решении реальной инженерной задачи, применение полученных в вузе теоретических и практических знаний для решения конкретных производственных задач при проектировании современных РЭС.

В течение производственно-технологической практики студент приобретает профессиональные инженерные навыки по схемотехническому проектированию РЭС, технологии изготовления, контролю и испытанию изделий РЭС [4].

Программа практики включает сбор и анализ материалов для выполнения курсового проекта (работы): анализ технического задания по теме курсового проекта (работы) и выбор направления проектирования; проведение патентного поиска и анализ параметров выбранных аналогов типовых технологических процессов на основе сравнения с проектируемыми для обоснования актуальности выбранной темы курсового проекта (работы); изучение и экспериментальное исследование выбран-

ных аналогов технологических процессов с целью модернизации или создания новых видов, а также разработка или модернизация электрической схемы проектируемого устройства; технико-экономическое обоснование получения экономического эффекта от внедрения разрабатываемых технологических процессов при производстве изделий РЭС.

На период производственно-технологической практики студенты получают специальное задание, при выполнении которого консультируются у руководителя курсового проекта (работы) на кафедре и по месту прохождения практики. Специальным заданием для курсового проекта является разработка электрической схемы или конструкции проектируемого РЭС, для которых будут разрабатываться технологические процессы изготовления печатной платы, сборки блока РЭС, технологического оборудования и оснастки, а для дипломной работы – разработка методов исследования радиотехнического производства, создание программного продукта, изготовление экспериментальной установки.

Материалы производственно-технологической практики служат основой курсового проектирования, должны соответствовать теме курсового проекта (работы) и наиболее полно отражать его разделы.

Отчёт по производственно-технологической практике должен содержать основные обязательные разделы по патентному поиску, разработке электрической схемы РЭС, технико-экономическому обоснованию курсового проекта (работы), безопасности жизнедеятельности; материалы по составлению маршрутных технологических процессов изготовления печатной платы, сборки блока РЭС и технологические схемы изготовления детали и сборки изделия РЭС.

По окончании производственно-технологической практики проводится её аттестация на основании оформленного в соответствии с установленными требованиями письменного отчёта, содержащего отзывы руководителя практики и подписи консультантов по экономике и безопасности жизнедеятельности. По итогам аттестации практики выставляется положительная оценка в случае, если отчёт содержит все необходимые материалы для выполнения курсового проекта по конструированию РЭС и технологии РЭС, приведены обоснования тем для указанных дисциплин. При этом необходимо помнить, что указанные темы курсовых проектов (работ) должны (желательно) соответствовать теме будущего дипломного проекта (работы).

После прохождения и сдачи отчёта по производственно-технологической практике окончательно уточняется тема курсового проекта (работы).

В задании на курсовое проектирование тема и руководитель курсового проекта (работы) утверждаются заведующим кафедрой КРЭС.

2.3. РЕКОМЕНДУЕМОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЁМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

При курсовом проектировании выполняются пояснительная записка и чертёжно-графическая часть.

Содержание пояснительной записки определяется видом проектирования – курсовой проект или курсовая работа.

Рекомендуемое типовое содержание пояснительной записки следующее:

- Ведомость курсового проекта.
 - Задание на курсовое проектирование.
 - Нормативные ссылки.
 - Условные обозначения и сокращения.
 - Аннотация.
 - Введение.
 - 1. Обоснование темы курсового проекта (работы).
 - 1.1. Патентный поиск.
 - 2. Техническое задание.
 - 2.1. Назначение, технические характеристики и параметры изделия.
 - 3. Описание блока РЭС.
 - 3.1. Принцип действия блока РЭС.
 - 3.2. Описание принципиальной электрической схемы.
 - 3.3. Специальная разработка при технологическом проектировании.
 - 4. Технологическая подготовка производства.
 - 5. Оценка технологичности конструкции блока.
 - 6. Разработка технологического процесса изготовления печатной платы.
 - 7. Экономическое обоснование варианта сборки блока.
 - 8. Разработка технологического процесса сборки блока.
 - 9. Выбор технологического оборудования и оснастки для производства изделия РЭС.
 - 10. Автоматизация технологического процесса изготовления блока РЭС.
- Заключение.
- Список используемых источников.
- Приложения:
- Приложение А. Титульный лист курсового проекта (работы).
 - Приложение Б. Ведомость курсового проекта.
 - Приложение В. Задание на курсовое проектирование.
 - Приложение Г. Рекомендуемая форма информационно-удостоверяющего листа.

Приложение Д. Перечень документов к курсовому проекту для сдачи в архив кафедры КРЭМС.

Приложение Е. Спецификация.

Приложение Ж. Перечень элементов к электрической схеме.

Приложение З. Принципиальная электрическая схема.

Приложение И. Печатная плата.

Приложение К. Схема технологического процесса изготовления печатной платы.

Приложение Л. Сборочный чертёж блока РЭС.

Приложение М. Схема технологического процесса сборки блока РЭС.

Приложение Н. Маршрутные карты технологического процесса изготовления печатной платы.

Приложение О. Ведомость материалов изготовления печатной платы.

Приложение П. Маршрутные карты технологического процесса сборки блока РЭС.

Приложение Р. Ведомость материалов технологического процесса сборки блока РЭС.

В введении следует отметить важность и актуальность темы курсового проекта (работы), направления решения поставленной задачи курсового проектирования и основное содержание курсового проекта (работы).

При проведении патентного поиска необходимо выявить недостатки проектируемого изделия, применяемых технологических процессов производства изделия РЭС и указать дальнейшие направления их модернизации

Описание блока РЭС проводится с указанием составляющих его конструктивов и применяемой элементной базы при разработке электрической схемы устройства, что необходимо при технологической оценке конструкции проектируемого изделия и разработке технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС.

При анализе и оценке технологичности конструкции изделия определяются особенности конструкции изделия, которые обусловлены его назначением и условиями эксплуатации. Изучается сборочный чертёж изделия для выбора и разработки технологических процессов сборки, монтажа и контроля блока РЭС. Определяется тип производства и проводится анализ и оценка изделия на технологичность конструкции.

Разработка технологического процесса сборки сопровождается теоретическими и экспериментальными исследованиями. Выполняется оценка точности технологических процессов сборки. Определяется технологическая точность выходных параметров изделия с расчётом

производственных погрешностей параметров деталей. Приводится обоснование выбора метода достижения заданной точности технологического процесса сборки. Затем разрабатывается технологическая схема сборки блока РЭС, в которой предусмотрена наиболее оптимальная последовательность технологических операций технологического процесса сборки.

Разрабатываются маршрутные технологические процессы сборки и монтажа блока РЭС, которые приводятся в технологических документах (маршрутных картах) в приложении к пояснительной записке курсового проекта (работы).

Аналогичный подход применяется при разработке технологического процесса изготовления печатной платы устройства, входящего в состав проектируемого блока РЭС.

При выборе технологического оборудования и оснастки проводится информационный поиск наиболее оптимальной конструкции оборудования и оснастки для выполнения технологических операций сборки и монтажа блока РЭС. При необходимости вносятся изменения в конструкцию оборудования и оснастки в зависимости от поверочных расчётов узлов, применяемых материалов и производственных условий.

В заключении к пояснительной записке студент приводит выводы по всем разделам записки, технико-экономические показатели разработанных технологических процессов изготовления детали (печатной платы), способ изготовления печатной платы, тип технологической схемы сборки блока РЭС. Приводится оценка выполнения поставленной задачи в курсовом проектировании.

В списке используемых источников указывается учебная литература по технологии производства радиоэлектронных средств, изданная за последние 5 – 10 лет.

2.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

2.4.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Исходными данными для выполнения курсового проектирования служат сведения, приведённые в задании на проектирование.

Кроме того, в приложении к заданию представляются материалы по конструкторской документации на изделие РЭС. Конструкторская документация содержит технические условия на изделие, спецификацию, принципиальную электрическую схему, сборочные чертежи блока РЭС и другие материалы.

Во время производственно-технологической практики студент обязан изучить производство и годовую производственную программу изделия, применяемое на производстве технологическое оборудование и оснастку, наличие видов цехов и применяемого в них оснащения, применяемую систему автоматизации на производстве.

В технологическом отделе на производстве студент обязан освоить технологические процессы изготовления деталей изделий радиотехнического производства, сборки блока РЭС, изучить технологическую документацию.

2.4.2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Методика выполнения курсового проектирования заключается в следующем:

- изучить задание на курсовой проект (работу), полученное у руководителя;
- перед началом выполнения курсового проектирования необходимо изучить настоящее пособие и рекомендуемую учебную литературу, приведённую в списке используемых источников в данном пособии;
- на основе исходного задания составить техническое задание на разработку технологических процессов производства блока РЭС;
- провести патентный поиск существующих аналогов блока РЭС, указанного в задании на проектирование, технологических процессов изготовления изделия;
- изучить конструкторскую и технологическую документацию, представленную в приложении к заданию на курсовое проектирование;
- выполнить анализ исходных данных, тип и особенности производства изделия;
- выбрать типовые технологические процессы изготовления детали (печатной платы) и сборки блока РЭС;
- провести оценку технологичности конструкции блока РЭС;
- разработать технологический процесс изготовления печатной платы;
- провести технико-экономическое обоснование технологического процесса изготовления печатной платы по показателям производительности и трудоёмкости;
- разработать технологический процесс сборки блока с учётом особенностей конструкции блока РЭС;
- провести технико-экономическое обоснование технологического процесса сборки изделия по показателям производительности и трудоёмкости;

- выбрать технологическое оборудование и оснастку для производства изделия;
- маршрутные технологические процессы изготовления печатной платы и сборки блока оформить на технологических документах – маршрутных картах, которые следует привести в приложении к пояснительной записке;
- разработать систему автоматизации при производстве изделия РЭС;
- оформить пояснительную записку курсового проекта (работы) в соответствии с рекомендуемым содержанием и правилами оформления [3];
- в чертёжно-графической части проекта представить на формате А1: электрическую схему изделия РЭС, сборочный чертёж блока РЭС, чертёж печатной платы, технологические схемы изготовления печатной платы и сборки блока РЭС, схему автоматизации производства РЭС.

При проведении патентного поиска выполняется обзор литературных источников, патентов, изданных и полученных в России и в других странах, которые известны своими достижениями в рассматриваемой предметной области. Для поиска требующейся информации по теме курсового проекта (работы) следует использовать поисковые системы Interneta. К патентным документам относятся официальные патентные бюллетени и описания изобретений к патентам и авторским свидетельствам на изобретение. Оформление патентной документации осуществляют Федеральный институт промышленной собственности и Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Хранение патентной документации осуществляет Всероссийская патентно-техническая библиотека. Описание изобретений в России приводится в официальном бюллетене РОСПАТЕНТФИПС «Изобретения и полезные модели». Информация об изобретениях иностранных излагается в реферативном журнале «Изобретения всего мира». Для поиска патентов в требуемой предметной области применяется алфавитно-предметный указатель к Международной патентной классификации. Кроме того, большую помощь в работе над патентным поиском окажут материалы производственно-технологической практики на предприятиях радиотехнического профиля и их практика исследований. На основе анализа результатов патентного поиска выполняется оценка технического уровня проектируемого РЭС, оценивается патентоспособность и патентная чистота создаваемого изделия РЭС. Патентная чисто-

та позволяет использовать проектируемое РЭС без нарушения действующих патентов на изобретения. По результатам патентного поиска необходимо определить и исследовать объекты-аналоги и, исходя из этого, сформировать задачи проектирования и исследования с целью модернизации или создания новых образцов РЭС, технологических процессов изготовления радиоэлектронных изделий.

Курсовое проектирование начинается с разработки технического задания на производство вновь разрабатываемого или модернизированного изделия согласно требованиям государственных стандартов. В техническом задании указывают назначение проектируемого изделия РЭС, задачи технологического проектирования, его технические характеристики, условия эксплуатации, требования к конструкции: технологические, экологические, эргономические и экономические.

В схемотехнической части проекта (работы) выполняется изучение и анализ принципиальных электрических схем и применяемой элементной базы РЭС на основе электрических структурной и функциональной схем. При этом выполняется анализ и обоснование разработки устройства на базе микроконтроллера, проектирования аналоговых или цифровых функциональных составляющих блоков и узлов. Выполняется проверочный расчёт применяемых элементов электрической схемы, параметров и характеристик устройства по известным методикам с использованием выбранных элементов электрической схемы на соответствие техническому заданию, а также замена выбранной элементной базы согласно расчётным данным.

В конструкторской части проекта (работы) осуществляется изучение и анализ представленной в приложении к заданию конструкторской документации на изделие РЭС: сборочного чертежа блока, печатной платы, чертежей деталей, компоновки и др.

В конструкторской документации для производства изделия РЭС приводятся расчёты для обоснования работоспособности конструкции: теплового режима, надёжности, размеров и допусков деталей при обеспечении взаимозаменяемости и собираемости блоков и узлов, на механические и климатические воздействия.

Технико-экономическое обоснование курсового проекта (работы) предполагает оценку экономической эффективности проектируемого и базового (аналогичного) вариантов изделия РЭС, проведение маркетингового анализа, определение конкурентоспособности проектируемого изделия РЭС и по результатам анализа даётся рекомендация к изготовлению изделия РЭС и внедрению его на производстве. Техни-

ко-экономическое обоснование позволяет определить: технический уровень курсового проекта (работы), требования к используемым методам исследования, материалам, элементной базе, комплексу применяемых приборов, а также затраты на изготовление изделия РЭС (в проектах конструкторско-технологического направления), затраты на разработку новых технологических проектов, автоматизацию и механизацию производства (в проектах технологического направления), затраты на проведение научно-исследовательской работы с указанием экономического эффекта от её внедрения.

2.4.3. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Студенты обязаны защитить курсовой проект не позднее даты защиты, указанной в задании на курсовое проектирование.

Защита курсового проекта (работы) по технологии радиоэлектронных средств осуществляется в следующем порядке:

1. При сдаче курсового проекта (работы) студенты должны поставить в штампах на листах пояснительной записки и в чертежах дату выполнения и личную подпись.

2. Материалы курсового проекта (работы) (пояснительная записка и чертёжно-графическая часть) сдаются преподавателю в папке с этикеткой (по стандарту СТП ТГТУ 07–97) за неделю до даты защиты.

3. После проверки курсового проекта преподаватель пишет замечания, рецензию и при необходимости возвращает студенту на доработку.

4. Если курсовой проект выполнен не в соответствии с индивидуальным заданием на проектирование, то студенту выдаётся новое задание.

5. К защите студенты допускаются при исправлении курсового проекта (работы) в соответствии с замечаниями преподавателя.

6. Защита проекта проводится в назначенную дату в присутствии членов комиссии от кафедры и студентов группы.

7. Процедура защиты включает доклад студента и ответы на вопросы присутствующих на защите. Продолжительность доклада составляет 5 – 7 минут. В докладе студент должен назвать тему курсового проекта (работы), исходные данные для проектирования; привести описание блока РЭС, который подлежит изготовлению на производстве; рассказать о принципиальной электрической схеме устройства РЭС, его достоинствах и недостатках, методике расчёта и анализа, об оценке технологично-

сти конструкции блока РЭС, разработке технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС, настройки и регулировки. Изложить технико-экономическое обоснование проектируемых технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС. Обосновать выбор технологического оборудования и оснастки при производстве изделия РЭС. Следует рассказать о направлениях совершенствования рассматриваемого блока РЭС и технологической подготовке производства при его изготовлении.

8. По результатам содержания доклада о выполненном проекте (работе) и ответов на вопросы комиссия принимает решение об оценке курсового проекта (работы). В случае неудовлетворительной оценки комиссия назначает новую дату защиты.

9. После успешной защиты курсового проекта (работы) материалы проекта сдаются студентом в архив кафедры.

Представление курсового проекта (работы) к защите осуществляется после успешной проверки преподавателем. Полностью оформленный в соответствии с требованиями СТП ТГТУ 07–97, распечатанный курсовой проект (работа) с представлением в электронном виде с удостоверяющими листами, подписанный студентом сдаётся руководителю на проверку не позднее 5–6 дней до защиты, согласно утверждённому графику защиты курсового проекта (работы).

Руководитель по результатам оценки материалов курсового проекта (работы) и ответов на вопросы принимает решение о допуске студента к защите. Сообщает студенту замечания по докладу, материалам курсового проекта (работы) рекомендации по их устранению. Студент не допускается к защите на кафедре, если он во время ответов на вопросы руководителю не проявил профессиональные знания и навыки по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» или «Конструирование и технология электронных средств», знание материалов своего курсового проекта (работы), а также, если тема курсового проекта (работы) не соответствует заданию на курсовое проектирование и оформление курсового проекта (работы) не соответствует требованиям стандарта СТП ТГТУ 07–97.

Отзыв руководителя должен быть подготовлен и передан студенту за 2–3 дня до защиты. Руководитель курсового проекта (работы) отмечает в отзыве соответствие темы проекта (работы) заданию на проектирование, её актуальность, степень новизны предлагаемых научно-технических решений, практическую значимость разработанных технологических процессов изготовления радиоэлектронного средства.

В отзыве отмечаются достоинства и недостатки курсового проекта (работы), уровень научно-технических решений, применение современных информационных технологий при проектировании, соответствие оформления пояснительной записки и чертёжно-графической части курсового проекта (работы) требованиям нормативно-технической документации и используемых ГОСТов, а также профессиональные качества студента.

Кроме того, руководитель указывает на уровень самостоятельности выполнения курсового проекта (работы), профессионализма и практических навыков по теме исследования, а также допускается ли студент к защите на кафедре.

Защита курсового проекта (работы) организуется выпускающей профилирующей кафедрой КРЭМС и проводится комиссией из числа профессорско-преподавательского состава.

Защита проводится в соответствии с утверждённым графиком на кафедре.

На защиту студент обязан представить полностью оформленные материалы курсового проекта (работы): пояснительную записку и чертёжно-графическую часть, в отдельной папке должны быть информационно-удостоверяющие листы и курсовой проект (работа) в электронном виде на CD-R диске.

Студент на защите докладывает о цели и задачах курсового проектирования, содержании проекта (работы), затем отвечает на вопросы комиссии.

На защите присутствуют члены комиссии кафедры, студенты.

Процедура защиты заключается в следующем. Студент докладывает о материалах и содержании курсового проекта (работы) в виде презентации результатов проектирования не более 10 мин. В докладе студент обосновывает тему курсового проекта (работы) и её актуальность, цель работы.

Студент сообщает о проведённых патентных исследованиях, аналоге разработки и его недостатках и на основе этого о выбранном направлении проектирования технологических процессов производства РЭС. Излагает результаты анализа схмотехнического проектирования и конструкторской части проекта с рассмотрением электрической схемы проектируемого устройства РЭС, приведённых в исходных данных при курсовом проектировании, и конструкторской документации, представленной в виде чертежей во время презентации. Студент излагает в качестве обоснования схмотехнических и конструкторских раз-

работок, о проведённых расчётах электрической схемы РЭС, надёжности, прочности, теплового расчёта и других расчётах, рассказывает о технологической подготовке производства, разработанных технологических процессах сборки и изготовления деталей, применяемых средствах автоматизации при производстве РЭС. Студент должен знать: методику оценки технологичности конструкции блока РЭС; назначение технологических операций в технологическом процессе изготовления печатной платы; обоснование построения структуры технологического процесса; назначение, принцип действия и характеристики применяемого технологического оборудования и оснастки; методику расчёта длительности производственного цикла.

Студент должен привести технико-экономическое обоснование курсового проекта (работы). В заключение доклада приводятся выводы по курсовому проекту (работе), применяемые информационные технологии при проектировании изделия РЭС.

После доклада студента члены комиссии и все присутствующие на защите задают ему вопросы как по теме курсового проекта (работы), так и по предметной области исследования в работе. Затем проводится дискуссия.

Студенту предоставляется заключительное слово для ответа на замечания членов комиссии.

В завершение процедуры защиты на закрытом заседании комиссии студенту выставляется оценка «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно», «Неудовлетворительно». Оценка выставляется, исходя из анализа предоставляемых студентом материалов курсового проекта (работы), его доклада и ответов на вопросы, оценки руководителя, успеваемости во время учебы в течение прошедшего семестра.

Решение комиссии о результатах защиты курсового проекта (работы) и оценки, выставленные студентам, сообщаются им после заседания комиссии. При получении неудовлетворительной оценки комиссия и администрация кафедры КРЭМС ТГТУ принимают решение о назначении студенту повторной защиты курсового проекта (работы).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСНОВНЫМ РАЗДЕЛАМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

3.1. ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

При проведении патентного поиска по технологии РЭС следует определить тип производства. В этом случае разработка новой технологии должна выполняться с учётом условий данного типа производства.

Если осуществляется технологическая подготовка производства для предприятия, осуществляемого выпуск новых изделий, то необходимо технико-экономическое обоснование разработанных новых технологических процессов изготовления изделий РЭС.

Патентный поиск по технологии производства РЭС должен включать патентную экспертизу по следующим направлениям технологической подготовки производства:

1. Нахождение сведений о действующих стандартах и технических условиях по технологии производства изделий РЭС.
2. Изучение существующих технологий производства продукции РЭС и соответствующих патентов по рассматриваемым технологиям.
3. Получение информации о типовых технологических процессах, применение которых возможно при изготовлении новой продукции РЭС с учётом конкретного типа производства.
4. Разработка технологических процессов изготовления радиоэлектронных изделий, их сборки, монтажа, контроля, настройки и регулировки.
5. Разработка технологических карт, чертежей и спецификаций нестандартного оборудования, оснастки и инструмента, которые используются для разработанных технологических процессов изготовления изделий РЭС.
6. Выполнение комплекта технологической документации для производства радиоэлектронной продукции.
7. Применение средств автоматизации и систем автоматизированного проектирования при изготовлении изделий радиоэлектронных средств и разработке комплекта технологической документации для выпуска продукции.

3.2. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА РАЗРАБОТКУ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Анализ исходных данных является предварительным этапом при разработке технологии производства РЭС – проектирования технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока.

При изготовлении печатной платы исходными данными являются: топология платы (для многослойной печатной платы приводится таблица слоёв), послойные технологии, тип производства. В зависимости от способа изготовления печатной платы указываются конструктивно-технологические ограничения.

Образец выполнения печатной платы представлен в прил. 3 данного учебного пособия.

Для изготовления сборочной единицы в исходных данных должен быть сборочный чертёж (пример выполнения приведён в прил. К), электрическая схема. Также в исходных данных указывается тип производства.

Таким образом, исходные данные при разработке технологии производства РЭС включают технические условия на изготавливаемое изделие: эскизный или технический проект.

3.2.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ИЗДЕЛИЯ

В техническом задании указываются: назначение и область применения изготавливаемого изделия РЭС, технические характеристики и допустимые диапазоны параметров изделия РЭС.

Для проектируемого РЭС приводится название изделия и описываются выполняемые функции РЭС, указываются составляющие изделия конструктивные элементы.

Например, при составлении технического задания указывается следующее.

Наименование изделия: усилитель предварительный. Данное устройство является функционально законченным, но его работа невозможна без внешних устройств.

Усилитель предварительный ТГТУ.468732.043 предназначен для усиления высокочастотного сигнала, поступающего от возбуждателя, до уровня мощности 100 Вт, достаточного для возбуждения оконечного каскада.

Усилитель предварительный осуществляет авторегулирование возбуждения предварительного каскада усилителя мощности с целью стабилизации выходной мощности передатчика при изменении входного сопротивления и других дестабилизирующих факторов.

В усилителе предварительном формируется постоянное напряжение $U_{вх}$ определённой величины, пропорциональное амплитуде напряжения высокой частоты.

На передней панели усилителя предварительного расположены индикаторы наличия напряжения питания усилителя, например: «+27 В», «+5 В», «+15 В», «-15 В».

Усилитель предварительный состоит из:

- 1) высокочастотного устройства;
- 2) устройства управления;
- 3) стабилизатора;
- 4) устройства термостабилизации;
- 5) фильтров;
- 6) устройства регулировок.

Объединение всех функциональных узлов, входящих в состав усилителя предварительного, производится посредством жгутового соединения. Для связи усилителя с внешними устройствами используются соединительные кабели. С этой целью на заднюю панель вынесены все необходимые разъёмы.

В разработанном техническом задании приводятся технические характеристики проектируемого РЭС.

Рассмотрим пример технического задания.

Наименование изделия: усилитель предварительный.

Назначение: блок предназначен для усиления полностью сформированного высокочастотного сигнала.

Комплектность изделия: один блок.

Технические параметры:

- диапазон рабочих частот;
- количество рабочих поддиапазонов;
- уровень входного напряжения;
- номинальная выходная мощность;
- эффективное выходное сопротивление;
- номинальное выходное напряжение;
- уровень высших гармонических составляющих;
- возможность работы с половинной выходной мощностью;
- напряжения питания: постоянное напряжение;
- потребляемая мощность;
- габаритные размеры;
- масса.

Характеристика внешних воздействий:

- окружающая температура;
- относительная влажность воздуха при заданной температуре;
- удары с определёнными длительностью и ускорением;

- вибрации в определённом диапазоне частот и с ускорением;
- атмосферное давление;

Приводится среднее время наработки на отказ, тип производства, объём производства продукции в год.

3.2.2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

В характеристике внешних воздействий для режима работы изделия РЭС, например, для усилителя предварительного, проводятся следующие климатические воздействия и условия эксплуатации.

По климатическим воздействиям устройство может, например, относиться к группе УХЛЗ.1 по ОСТ15150–79:

- 1) эксплуатация в макроклиматических районах с умеренным климатом;
- 2) эксплуатация в нерегулярно отапливаемых помещениях (категория 3.1);
- 3) температура воздуха при эксплуатации:
 - а) рабочие: верхнее значение $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, нижнее значение $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, среднее значение $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - б) предельные: верхнее значение $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, нижнее значение $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - 4) относительная влажность: 80% при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительность воздействия 12 м.

Изделие может предназначаться для эксплуатации в условиях, определённых группой 1 по ГОСТ 15150–69. Категория аппаратуры – стационарная. В качестве примера можно привести следующие характеристики:

- 1) характеристика механических воздействий:
 - а) вибрационные нагрузки: диапазон частот (60 ± 1) Гц, максимальное ускорение $(0,8 - 2)$ g;
 - б) амплитуда виброускорения $(39,2 \pm 0,2)$ м/с².
- 2) испытания на воздействие внешних факторов:
 - а) длительность ударного импульса 10 мс;
 - б) частота ударов в минуту 10...60;
 - в) пиковое ударное ускорение $10\text{ g} \pm 10\%$;
 - г) общее число ударов, не менее 12 000.

Для определения технологического соответствия элементной базы, применяемой в проектируемом блоке РЭС, составляется таблица характеристик элементной базы.

Исходя из заданных условий эксплуатации, формируется вывод о том, что все элементы, используемые в разрабатываемом устройстве РЭС, соответствуют заданным условиям эксплуатации и обладают требуемыми электрическими параметрами.

3.2.3. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

При проектировании блока РЭС и разработке технологии производства изделия рекомендуется применять следующие информационные средства и технологии.

Рекомендуется использовать новые разработки программных продуктов для технологической подготовки производства. Например, применять программу **T-FLEX Технология**, разработанную компанией «Топ Системы» [6]. Программа позволяет разработать технологические проекты, технологическую документацию. С помощью программы САПР – TFLEX CAD 3D возможно проектирование технологического оборудования и оснастки [6].

В подсистеме управления предприятием в АСТПП предлагается использовать программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП, предназначенный для формирования базы данных технологических процессов [7].

Автоматизация конструкторско-технологической подготовки осуществляется с помощью программы ADEM-VX: разработка конструкторской документации, проектирование техпроцессов, составление технологической документации [8]. 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 [9].

Компания «Клио-Софт» разрабатывает современное программное обеспечение для управляющих программ ЧПУ, разработки изделий, технологической подготовки производства и управления жизненным циклом изделия [10].

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 [11].

Пояснительную записку рекомендуется выполнять с помощью текстового редактора «Microsoft Word 2007».

Для разработки графического материала курсового проекта (работы) предлагается использовать САПР «AutoCAD 2010»;

При разработке печатной платы и размещения элементов радиоэлектронных средств следует применять программы РСВ пакета P-CAD 2006 и руководствоваться соответствующими ГОСТами и нормативными материалами.

3.3. ОПИСАНИЕ БЛОКА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

3.3.1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БЛОКА РЭС

Описание принципа действия блока радиоэлектронного средства рассмотрим на примере усилителя предварительного [12]. Образец выполнения принципиальной электрической схемы (на примере усилителя предварительного) приведён в прил. И настоящего пособия, перечень элементов представлен в прил. Ж.

При описании усилителя предварительного указывают его назначение, например, представляет собой внешне управляемый усилитель мощности, предназначенный для предварительного усиления сигнала высокой частоты.

С точки зрения конструкции, усилитель предварительный можно разделить на следующие конструктивы:

- 1) высокочастотное устройство;
- 2) устройство управления;
- 3) стабилизатор;
- 4) устройство термостабилизации;
- 5) устройство фильтров;
- 6) регулирующее устройство.

С точки зрения функциональности, усилитель предварительный состоит из следующих устройств:

- 1) детектора входного сигнала;
- 2) ограничителя входного сигнала;
- 3) четырёхкаскадного регулируемого усилителя;
- 4) мостового делителя;
- 5) термoneзависимого источника питания транзисторов окончного каскада;
- 6) двухтактных окончных усилителей;
- 7) мостового сумматора мощности;
- 8) детектора выходного напряжения;
- 9) фильтра подавления гармоник;
- 10) устройства управления, содержащее:
 - а) пиковый детектор;
 - б) усилитель напряжения смещения;
 - в) регулируемый ограничитель;
 - г) схема контроля питающих напряжений;
 - д) инерционное звено.
- 11) стабилизатора напряжения.

Пример выполнения спецификации для блока РЭС (усилителя предварительного приведён в прил. Е) данного пособия.

Определяются функции разрабатываемого блока РЭС, например, в усилителе предварительном:

- 1) формирование постоянного напряжения;
- 2) усиление сигнала;
- 3) регулировка коэффициента передачи усилителя;
- 4) суммирование сигналов с выходов оконечных усилителей;
- 5) ослабление высших гармоник в выходном сигнале усилителя с помощью фильтра;
- 6) детектирование выходного сигнала в детекторе выходного напряжения;
- 7) формирование напряжения смещения транзисторов.

При описании и анализе работы проектируемого блока подробно излагается его назначение, указываются контактные соединения при подключении источника питания и величины подключаемых напряжений к каждому модулю и устройству, входящих в состав блока. Приводится функциональное назначение используемых интегральных микросхем (ИМ), электрорадиоэлементов (ЭРЭ), микропроцессоров (МП), микроконтроллеров (МК), а также входящих в состав блока модулей и устройств. Указываются технические характеристики и параметры ИМ, ЭРЭ, МП, МК в разрабатываемой электрической схеме РЭС. Детально рассматривается алгоритм функционирования разрабатываемых модулей и устройств, приводятся графики характерных зависимостей и диаграммы работы. Выполняется анализ алгоритма функционирования проектируемого РЭС, выходных параметров и характеристик и их соответствие техническому заданию на курсовое проектирование [13].

3.3.2. ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

В курсовом проекте (работе) при разработке РЭС осуществляется анализ схмотехнического проектирования, заключающегося в разработке электрической принципиальной схемы устройства РЭС, её анализе, синтезе и расчёте с целью обеспечения заданного и оптимального алгоритма функционирования проектируемого изделия РЭС. Разработанное устройство при его эксплуатации должно обеспечивать пользователю надёжность функционирования, устойчивость к воздействию внутренних и внешних дестабилизирующих факторов, ремонтпригодность. Вследствие этого в выходных схмотехнических номиналь-

ных параметрах устройства должны быть предусмотрены допуски на предельно-допустимые условия его эксплуатации.

Если на защиту в курсовом проекте (работе) выносятся в качестве специального задания для разработки печатной платы устройство, входящее в состав блока РЭС или технической системы, то приводится структурная электрическая схема всего блока или системы, а для разрабатываемого устройства – функциональная и принципиальная электрическая схема, для которой проводится анализ, синтез и её расчёт.

При анализе разработанной электрической схемы РЭС необходимо, в первую очередь, изучить в результате проведения патентных исследований аналоги проектируемого устройства, их недостатки и преимущества. Проектирование должно быть направлено на устранение отмеченных недостатков. Далее рассматривается принцип построения устройства РЭС, на основе которого составляется структурная схема и проводится её анализ на соответствие техническому заданию.

Если схема удовлетворяет требованиям, то изучается функциональная схема устройства, отражающая алгоритм функционирования РЭС, последовательность выполнения функций устройства. На функциональной схеме показываются также связи взаимодействия между составляющими компонентами, на которых указываются параметры и характеристики передаваемых сигналов. На основе функциональной схемы далее исследуется принципиальная электрическая схема проектируемого РЭС. Устройство может быть цифровым или аналоговым или совмещать аналоговые и цифровые блоки и элементы.

Цифровые устройства отличаются от аналоговых высокой технической эффективностью, определяемой такими техническими характеристиками, как высокая надёжность, помехоустойчивость, технологичность. Основным преимуществом аналоговых устройств является более высокое, чем у цифровых устройств, быстродействие [14].

При разработке электрической схемы реализуется следующая методика проектирования:

- 1) в соответствии с функциональной схемой выбирается элементная база;
- 2) разрабатывается принципиальная электрическая схема и приводится в пояснительной записке подробное её описание и назначение всех элементов;
- 3) выполняется анализ принципа действия устройства;
- 4) проводится расчёт параметров схемы: элементной базы и устройств (усилителей, генераторов, фильтров, аналого-цифровых преобразователей и др.);

5) если параметры схемы не соответствуют требованиям технического задания, то проводится повторный анализ работы электрической схемы устройства и замена элементов, не удовлетворяющих требованиям по параметрической группе.

Схемотехническая разработка устройства РЭС осуществляется с использованием современной элементной базы – микропроцессоров, микроконтроллеров, ЭВМ и схемотехнической практической реализации разработанных устройств РЭС.

При разработке электрических схем РЭС рекомендуется использовать программы их моделирования, например Electronics Workbench [15, 16].

При анализе электрической схемы студент обязан знать физические процессы, происходящие в элементах и устройствах РЭС, их параметры и характеристики.

Важным при схемотехническом проектировании является согласование по входным и выходным параметрам разрабатываемой электрической схемы с другими структурными компонентами схемы, чтобы не нарушить алгоритм функционирования всего блока или электронной системы. Поэтому помимо анализа расчётных параметров необходимо анализировать осциллограммы выходных сигналов аналоговых и цифровых устройств.

При выборе элементной базы следует использовать новейшую современную элементную базу и приводить сравнительный анализ их параметров и характеристик при обосновании выбора микропроцессоров, микроконтроллеров и других интегральных микросхем, а также транзисторов, усилителей и других аналоговых элементов.

Расчёт электрической схемы заключается в определении номиналов пассивных элементов схемы – резисторов, конденсаторов, индуктивностей – и расчёте параметров и характеристик активных элементов и устройств – усилителей, блоков питания, фильтров и других. В результате расчёта цифровых устройств определяются их параметры: быстродействие, коэффициенты объединения по входу и разветвления по выходу, а также реализуемые логические функции.

Результаты расчёта и анализа позволяют сформировать рекомендации для тепловых расчётов, надёжности, электромагнитной совместимости при разработке конструкции и технологии изготовления проектируемого РЭС.

Примеры разработки и расчёта аналоговых и цифровых устройств приведены во многих учебниках и справочниках, в которых необходимо также изучить принцип действия элементов и устройств, теорию электрических цепей и сигналов, радиотехники [17 – 23].

В качестве примера описание принципиальной электрической схемы приведено в прил. И данного пособия, перечень элементов представлен в прил. Ж.

Схемотехническое проектирование предполагает также модернизацию схемы аналога разработки. Например, совершенствование и модернизация усилительных устройств является неотъемлемой частью разработки радиоэлектронных средств. Совершенствование усилительных устройств рекомендуется осуществлять по следующим основным направлениям:

1. *Улучшение качественных характеристик усилителя:* точности выходных параметров и характеристик, стабильности и устойчивости работы, надёжности. Для повышения устойчивости усилительных устройств необходимо использовать разнообразную топологию печатных плат, которая влияет на ёмкость монтажа.

2. *Оптимизация качественно-количественных характеристик усилителя:* расширение диапазона усиливаемых частот, увеличение выходной мощности.

3. *Разработка архитектуры усилительных устройств* на основе широкого использования обратных связей для формирования входного и выходного сопротивлений, амплитудно-частотных характеристик, обеспечения стабильности коэффициента усиления, стабилизации рабочей точки активного элемента и других параметров, а также уменьшения искажений сигнала на выходе усилителя.

4. *Улучшение конструктивно-технологических* показателей связано с разработкой конструкции усилителя в микроминиатюрном исполнении с соблюдением требований стандартов по дизайну, эргономике, ремонтпригодности и применением элементной базы, созданной на основе новых физических процессов и технологий изготовления, применением высокотехнологических методов для изготовления печатной платы при изготовлении усилителя.

5. *Проведение математического моделирования* на компьютере при разработке усилительных устройств с целью выбора оптимального варианта схемотехнического решения, расчёта параметров и характеристик усилителя, выполнения метрологического анализа погрешностей измерения, анализа частотных и переходных характеристик с учётом отклонения и нестабильности параметров и характеристик усилителя при воздействии дестабилизирующих факторов.

6. *Разработка принципиальных электрических схем* усилителей с использованием новой современной элементной базы, отличающейся высокой стабильностью параметров, надёжностью и устойчивостью к воздействию дестабилизирующих факторов.

7. *Оптимизация схемотехнических решений* необходима для решения важнейшей задачи при передаче входных сигналов в усилителе – повышение линейности проходных передаточных характеристик усилителя, уменьшение шумов в усилителе и повышение чувствительности по входу.

8. *Для улучшения технико-экономических характеристик* рекомендуется замена в усилителе дорогостоящих компонентов с последующей модернизацией усилителя.

В курсовом проекте (работе) при анализе схемотехнической разработки рекомендуется выполнить, например, анализ зависимости точности изготовления используемой элементной базы на выходные параметры электрической схемы проектируемого устройства РЭС, или влияния условий эксплуатации РЭС на его структурные компоненты и выходные параметры.

Схемотехнический анализ, расчёт и моделирование РЭС рекомендуется выполнять с использованием стандартных известных пакетов прикладных программ. В настоящее время существуют программно-аппаратные средства, которые позволяют реализовать процесс разработки РЭС от этапа схемотехнической разработки в соответствии с техническим заданием, моделирования РЭС до этапа создания полного комплекта конструкторской документации на проектируемое изделие [24, 25].

Для изучения прибора и разработке на его базе устройств РЭС предлагаются оценочные и демонстрационные платы – Evaluation & demonstration board. Универсальным аппаратно-программным средством для замещения собой эмулируемого в электрической схеме микроконтроллера является In-circuit emulator. Имитировать работу микроконтроллера можно с помощью программного симулятора Simulator. Отладка программы микроконтроллера для реализации алгоритма функционирования разрабатываемого РЭС осуществляется отладчиком Debugger. Для замещения постоянно-запоминающих устройств (ПЗУ) при отладке схемы РЭС используются эмуляторы ПЗУ – ROM emulator. Программирование микроконтроллеров, запоминающих устройств, программируемых логических интегральных схем осуществляется с помощью программаторов Programmer. Для разработки микроконтроллеров широко используются интегрированные среды Integrated Development Environment, представляющие собой совокупность программных средств для разработки программного обеспечения и последующей компиляции [24, 25, 28].

Схемотехническая реализация проектируемых РЭС в настоящее время осуществляется в основном на базе микроконтроллеров, разработчиками и изготовителями которых являются Microchip, Motorola, Atmel, Philips, STMicroelectronics, Texas Instruments.

Таким образом, в результате схмотехнического проектирования необходимо:

- 1) выполнить анализ электрических структурной и функциональной схем РЭС;
- 2) выбрать и обосновать применение используемой элементной базы;
- 3) выполнить расчёт электрической принципиальной схемы РЭС, заключающийся в нагрузочном расчёте электрической принципиальной схемы, определении максимальной мощности, рассеиваемой блоком, и тока потребления блоком;
- 4) описать подробно принцип работы проектируемого РЭС;
- 5) подготовить рекомендации для разработки конструкции блока РЭС.

Итогом схмотехнического анализа является выработка рекомендаций для разработки конструкции проектируемого изделия РЭС и технологии его изготовления на основе разработанной электрической схемы на современной элементной базе в соответствии с техническим заданием и условиями эксплуатации.

3.3.3. СПЕЦИАЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

В качестве специального задания в курсовом проекте (работе) выполняется разработка и усовершенствование технологических процессов изготовления детали (печатной платы) и сборки блока РЭС.

При разработке технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС студенты должны изучить учебную и справочную литературу по технологии изготовления изделий РЭС.

Необходимо выполнить анализ типовых технологических процессов по производству аналогичных деталей и сборочных единиц с целью коррекции и синтеза разрабатываемых технологических процессов.

Следует изучить стандарты единой системы технологической подготовки и этапы разработки технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС.

Для оформления маршрутных технологических процессов, подготовки комплектов технологической документации необходимо изучить единую систему технологической документации.

Разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС должна сопровождаться соответствующим технико-экономическим обоснованием технологических процессов и операций.

Таким образом, разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока РЭС включает следующие этапы:

- 1) выбор типовых технологических процессов изготовления изделия РЭС;
- 2) коррекция типовых технологических процессов в соответствии с техническим заданием и условиями эксплуатации изделия РЭС;
- 3) разработка маршрутных технологических процессов изготовления детали и сборки блока радиоэлектронного изделия и определение технологических требований;
- 4) технико-экономическое обоснование технологических процессов производства изделия РЭС;
- 5) выбор оптимальных технологических процессов при изготовлении изделия;
- 6) выбор технологического оборудования и оснастки для производства изделий РЭС;
- 7) разработка технического задания на изготовления специального технологического оборудования и оснастки;
- 8) расчёт технологических режимов, выполнение технического нормирования работ;
- 9) обоснование выбора квалификации рабочих;
- 10) разработка комплекта технологической документации согласно единой системе технологической документации.

В заключении к специальной разработке следует отразить технико-экономические преимущества разрабатываемых технологических процессов по сравнению с существующими типовыми технологическими процессами изготовления деталей и сборки блока РЭС.

3.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА В КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ (РАБОТЕ)

Технологический процесс является одним из основных этапов производственного процесса, в результате которого целенаправленно изменяется физическое состояние предмета производства.

В технологической части курсового проекта (работы) выполняется оценка технологичности конструкции РЭС, разрабатываются технологические процессы сборки блока РЭС, а также изготовления детали. Технологический процесс разрабатывается для изготовления печатной платы, на которой размещаются элементы разрабатываемой электрической принципиальной схемы. Кроме того, приводится экономическое обоснование выбранного варианта сборки блока, обосновывается применяемое технологическое оборудование и оснастки.

Разработка технологических процессов безусловно предполагает применение механизации и автоматизации технологических процессов производства РЭС.

При разработке технологии производства РЭС студент должен определить, в первую очередь, тип производства, так как в зависимости от этого будет проводиться построение технологических процессов, оценка технологичности конструкции РЭС. Оценка технологичности проводится на основе рассчитанного комплексного показателя технологичности, который должен соответствовать нормативному показателю технологичности для соответствующего типа производства, рассматриваемого в курсовом проекте (работе) [26, 27].

Проектирование технологического процесса изготовления печатной платы основывается на расчёте конструкторско-технологических параметров печатного монтажа с проведением их анализа по постоянному и переменному току. В зависимости от рассчитанных параметров выбирается технологический метод изготовления печатных плат: аддитивный, субтрактивный или комбинированный.

Разработка технологических процессов начинается с анализа существующих техпроцессов для выбранного типа производства, сравнения их по производительности, себестоимости, качеству изготовления изделий РЭС, а также рассматривается возможность применения типового техпроцесса сборки блока и изготовления печатной платы.

Технологический процесс сборки изделия РЭС включает процессы механической сборки, электрического монтажа, настройки, регулировки и контроля.

В результате разработки технологических процессов сборки блока РЭС и изготовления печатной платы создаётся комплект технологической документации. В соответствии с ГОСТ ЕСТД составляются маршрутные карты, ведомости материалов и оснастки.

При выборе технологического оборудования и оснастки следует осуществлять механизацию и автоматизацию технологических операций изготовления печатной платы сборки, монтажа, контроля и регулировки проектируемого изделия РЭС.

3.5. 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.

Технологическая подготовка производства осуществляется на основе единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) [28]. 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 наукоемких технологий изготовления радиоэлектронных средств и методов управления ТПП.

Основные задачи ЕСТПП:

- 1) обеспечение подготовки производства к выпуску изделий в сокращённые сроки,
- 2) 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 подготов-

ки производства РЭС, является информационной базой и основой информационного обеспечения для создания автоматизированных систем технологической подготовки и управления производством.

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 [28] (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.

Основным направлением повышения качества выпускаемой продукции и обеспечение конкурентоспособности промышленной предприятий является повышение технической и экономической эффективности технологической подготовки производства [29].

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.

3.6. ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ БЛОКА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Технологичность конструкции РЭС – это совокупность конструкторско-технологических требований, позволяющая 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).

При технологической подготовке производства обеспечение технологичности конструкции достигается в результате: отработки конструкции изделия на технологичность на всех этапах разработки изделия РЭС; количественной оценке 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. [30, 31, 32].

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

В таблице 3.1 приведены нормативные показатели (K_{TK}) технологичности блоков РЭС в зависимости от класса блока, вида изделия и типа производства [31, 32].

Качественная оценка технологичности изделия осуществляется с помощью типовых качественных характеристик на этапе эскизного проекта: регулируемости, контролепригодности, взаимозаменяемости и др.

Оценка технологичности выполняется по комплексному показателю технологичности [31, 32]

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

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

3.1. Нормативные показатели блоков РЭС

Класс блоков РЭС	K_{TK}		
	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

Конструкция изделия РЭС считается технологичной, если рассчитанное значение комплексного показателя технологичности соответствует нормативному диапазону для рассматриваемого класса блока (табл. 3.1).

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

1. Коэффициент использования интегральных микросхем и микросборок

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

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

2. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа ЭРЭ

$$K_{\text{АиМ}} = \frac{H_{\text{АиМ}}}{H_{\text{м}}},$$

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

3. Коэффициент механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{\text{МП}} = \frac{H_{\text{МП}}}{H_{\text{ЭРЭ}}},$$

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

4. Коэффициент механизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{\text{МКН}} = \frac{H_{\text{МКН}}}{H_{\text{КН}}},$$

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

5. Коэффициент повторяемости ЭРЭ

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

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

6. Коэффициент применяемости ЭРЭ

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

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

7. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D},$$

где $D_{\text{пр}}$ – 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 [33]: 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.

3.7. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

Печатные платы являются деталями, без которых невозможно представить ни одно изделие радиоэлектронных средств. В связи с этим разработаны типовые технологические процессы изготовления различных печатных плат: односторонних, двухсторонних, многослойных и гибких. Все методы изготовления печатных плат делятся на три группы: субтрактивные, аддитивные и комбинированные [34].

Поскольку применение типовых технологических процессов снижает трудоёмкость и себестоимость изделий, для изготовления печатной платы выбираем типовой технологический процесс изготовления печатной платы, например, комбинированным позитивным методом, который включает следующие операции:

- заготовительную,
- контрольную,
- фолитографическую,
- заготовительную,
- контрольную,
- ретушировальную,
- гальваническую,
- контрольную,

- контрольную,
- штамповочную,
- сверлильную,
- контрольную,
- подготовительную,
- гальваническую,
- контрольную,
- подготовительную,
- фотолитографическую,
- экспонирование,
- получение рисунка схемы ПП,
- ретушировальную,
- контрольную,
- снятие фоторезиста,
- травильную,
- проявочную,
- контрольную,
- удаление ретуши,
- контрольную,
- маркировочную,
- контрольную,
- упаковочную.

Сущность комбинированного позитивного метода состоит в том, что металлизацию отверстий в печатной плате производят аддитивным методом, а печатные проводники на плате получают субтрактивным методом – вытравливанием фольги с пробельных мест.

Аддитивный метод основан на избирательном осаждении токопроводящего покрытия на диэлектрическое основание, которое предварительно подготавливается проведением операции сенсбилизации и активации.

Сенсбилизация – процесс создания на поверхности диэлектрика пленки ионов двухвалентного олова, которые впоследствии обеспечат восстановление ионов активатора металлизации.

Активирование заключается в том, что на поверхности сенсбилизированной SnCl_2 , происходит реакция восстановления ионов каталитического металла. Обработку проводят в растворах платиновых металлов, преимущественно палладия, в течение 5 – 7 мин, затем промывают холодной водой.

Рисунок печатных проводников на плате получают методом фотолитографии с использованием позитивного фоторезиста.

Получение рисунка печатной платы методом фотолитографии проводится в следующей последовательности:

- 1) очистка подложки (с нанесённой на неё слоем меди);
- 2) нанесение фоторезиста методом центрифугирования;
- 3) сушка фоторезиста проводится в два этапа – при температуре 40 и 90 °С;
- 4) совмещение фотошаблона;
- 5) засвечивание в ультрафиолете в течение 10 – 15 мин;
- 6) проявление фоторезистора в 0,5 растворе КОН.

Схема технологического процесса изготовления печатной платы выполняется студентом в чертёжно-графической форме (схема представляется также в бумажном варианте формата А1). Пример выпол-

нения схемы технологического процесса изготовления печатной платы приведён в прил. Л пособия.

Подробно технологический процесс изготовления печатных плат представляется в приложении к пояснительной записке курсового проекта (работы) на маршрутных картах (пример выполнения приведён в прил. Н пособия), а также приводится ведомость используемых материалов (образец ведомости материалов в прил. О пособия) [5].

3.8. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Экономическое обоснование технологического процесса сборки блока РЭС проводится на основе определения себестоимости и трудоёмкости. Расчёт себестоимости выполняется в денежных затратах на изготовление изделия. В расчётах учитываются расходы на амортизацию оборудования, специальную технологическую оснастку и инструменты.

Себестоимость определяется по следующей формуле [35]:

$$C = \sum_i^p M + \sum_i^m \left[O + П + И + \left(1 + \frac{a_1 + a_2}{100} \right) \cdot З \right],$$

где M – стоимость материалов, расходуемых на единицу продукции, за вычетом стоимости реализуемых отходов, р.; O – расходы на амортизацию и содержание оборудования (на единицу продукции), р.; $П, И$ – расходы на содержание, соответственно, приспособлений и инструмента (на единицу продукции), р.; a_1 – процент начислений по заработной плате на социальные расходы (как правило, 13,5%); a_2 – процент накладных расходов, начисляемых на расходы по заработной плате; p – количество различных марок материалов, расходуемых на единицу изготавливаемой продукции; m – количество операций, требующихся для изготовления единицы продукции; $З$ – заработная плата.

Стоимость материалов, расходуемых на единицу продукции, рассчитывается по формуле [32]:

$$M = \sum_1^p g_1 q_1 - \sum_1^p g_2 q_2,$$

где g_1 – масса материала каждого вида, используемого на единицу продукции, кг; q_1 – стоимость 1 кг расходуемого материала, р.; g_2 и q_2 – соответственно масса и стоимость 1 кг реализуемых отходов.

Заработная плата (на единицу продукции) рассчитывается по формуле [35]:

$$З = \sum_1^m \left(\frac{S z_1}{f_1} + \frac{S z_2}{f_2} \right) \frac{t}{60},$$

где S – часовая ставка рабочего первого разряда; z_1 – разрядный коэффициент работы (определяется по квалификационному справочнику); f_1 – количество станков или оборудования определённого типа, или рабочих мест, обслуживаемых одним рабочим; z_2 – разрядный коэффициент работы, выполняемой наладчиком; f_2 – количество станков или оборудования определённого типа, обслуживаемых одним наладчиком; t – трудоёмкость (время, затрачиваемое на операцию, мин).

Трудоёмкость t устанавливается для каждой технологической операции и учитывается при расчёте себестоимости. При расчёте трудоёмкости технологического процесса определяется сумма трудоёмкостей по всем технологическим операциям.

Трудоёмкость операции t включает подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ (на единицу продукции) и штучное время – $T_{шт}$, используемое на выполнение данной операции [35]:

$$t = T_{пз} / n + T_{шт},$$

где $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на изучение чертежа, технологического процесса, консультацию с мастером, технологом, для наладки станка и т.д. Подготовительно-заключительное время определяется для всей партии изделий n .

Штучное время рассчитывается по формуле

$$T_{шт} = t_{от} + t_{в} + t_{об} + t_{д},$$

где $t_{от}$ – основное технологическое время; $t_{в}$ – вспомогательное технологическое время; $t_{об}$ – время обслуживания рабочего места; $t_{д}$ – время перерывов на отдых и личные надобности рабочего.

Суммарное основное технологическое и вспомогательное время составляет оперативное время $t_{оп}$:

$$t_{оп} = t_{от} + t_{в}.$$

При обозначении

$$\frac{t_{об} + t_{д}}{t_{оп}} \cdot 100 = K$$

штучное время будет рассчитываться по следующей зависимости:

$$T_{шт} = t_{оп} (1 + K/100),$$

где K определяется в процентах от оперативного времени.

В технологической операции трудоёмкость t называется технической нормой времени.

Величина, обратная технической норме времени, называется нормой выборки $Q = 1/t$ (шт. в единицу времени).

Производительность технологического процесса Q_1 рассчитывается, исходя из количества деталей или узлов, изготавливаемых за единицу времени (час, смену) [35]:

$$Q_1 = \Phi / \sum t,$$

где Φ – фонд рабочего времени; $\sum t$ – сумма трудоёмкостей по всем операциям технологического процесса.

При реализации в технологическом процессе технологической операции механической обработки для определения значений величин, входящих в формулу определения $T_{шт}$, используются таблицы справочника по нормированию станочных работ, а для сборочно-монтажных и регулировочных работ – из таблиц примерных норм времени.

Определение затрат времени на ручные приёмы в некоторых случаях производится с помощью хронометра. После обработки полученных данных рассчитывается среднее время.

Экономическое обоснование разрабатываемого технологического процесса изготовления радиоэлектронного средства с использованием методов, снижающих трудоёмкость изготовления печатной платы, позволяет значительно снизить себестоимость радиоэлектронного изделия.

При изготовлении изделий РЭС необходимо применять типовые технологические процессы, которые широко используются на производстве и для реализации которых реализуются стандартные оснастка, инструмент и оборудование.

Суммарная трудоёмкость разрабатываемого технологического процесса сборки блока РЭС определяется в результате суммирования трудоёмкостей всех технологических операции при сборке радиоэлектронного изделия [35]:

$$\sum t_{ср} = \sum T_{из} / n + \sum T_{шт}.$$

Рыночная цена при производстве изделий РЭС рассчитывается по следующим показателям:

- стоимости материалов и покупных комплектующих изделий;
- стоимости услуг сторонних организаций (теплоснабжение, энергосбережение, газоснабжение);
- собственных затрат, связанных с производством изделия РЭС (зарботная плата основных и вспомогательных рабочих);
- накладных расходов, связанных с производством;
- общепроизводственных и транспортных расходов;
- планируемой прибыли.

В курсовом проекте (работе) в пояснительной записке приводятся два варианта технологического процесса сборки блока РЭС. Для каждого варианта проводится экономическое обоснование технологического процесса сборки. При этом рассчитываются суммарные себестоимости и трудоёмкость. Оптимальный вариант сборки выбирается, исходя из наименьшей себестоимости и трудоёмкости технологических операций при сборке радиоэлектронного блока.

3.9. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНАТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

При выборе технологического оборудования и оснастки руководствуются возможностью применения автоматизации и механизации технологических процессов изготовления изделий РЭС, в частности, применением автоматизированных линий сборки. При разработке технологического процесса выбирается и разрабатывается технологическое оснащение – оснастка, оборудование, а также измерительные приборы для проведения технологических операций контроля, регулировки и настройки.

Средства технологического оснащения включают:

- 1) технологическое оборудование;
- 2) технологическую оснастку;
- 3) средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Обоснование выбора средств технологического оснащения производится на основе анализа:

- 1) типа производства и его организационной структуры;
- 2) вида изделия и программы его выпуска;
- 3) особенностей выбранной технологии изготовления изделия РЭС;
- 4) возможности группирования операций;
- 5) максимального применения стандартной оснастки и оборудования;
- 6) равномерной загрузки имеющегося оборудования.

Выбор технологического оборудования согласно ГОСТ 14.304–83 должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном количестве изделий.

Выбор оборудования производят по главному параметру, который является наиболее показательным для выбираемого оборудования.

В курсовом проекте (работе) приводится оборудование, которое применяется для производства разрабатываемого блока РЭС, например, станок специальный, сверлильно-фрезерный; автоматическая линия металлизации печатных плат АГ-38М; линия травления печатных плат ЛТ-901.

Общие правила выбора технологической оснастки регламентируются ГОСТ 14.301–73.

Технологическая оснастка включает дополнительные или вспомогательные устройства, необходимые для выполнения технологических операций, например: механической обработки, холодной штамповки, изготовления деталей из пластмасс, развальцовки, заклёпки и других процессов [35].

Выбор технологической оснастки должен быть основан на анализе затрат на реализацию технологического процесса в установленный промежуток времени при заданном качестве изделий. При выборе технологической оснастки должны учитываться конкретные производственные условия, при которых применение различных систем технологической оснастки будет наиболее рациональным.

Изготовление радиоэлектронных изделий сопровождается обособлением особенностей технологической подготовки производства. При выборе специального технологического оснащения преимущество отдаётся оснастке для прессового оборудования.

При производстве изделий наиболее часто применяется технологическая оснастка: штампы, пресс-формы, кондукторы, приспособления сборки и контроля.

Разработка технологической оснастки проводится для выполнения следующих технологических операций:

- 1) подготовка выводов элементов к монтажу – обрезка, формовка, лужение);
- 2) соединение деталей – пайка, сварка, накрутка, склеивание;
- 3) установка и закрепление электрорадиоэлементов на печатных платах – полуавтоматы установки, укладочные головки и др.;
- 4) подготовка проводов к монтажу – снятие изоляции, лужение, маркировка;

5) выполнение механических операций – расклёпка, развальцовка, сборка резьбовых соединений;

6) проведение регулировочных и контрольных операций – испытательные стенды, автоматы и полуавтоматы контроля монтажа и др.

В оснащении технологического процесса, который разрабатывается в курсовом проекте (работе), рекомендуется применение следующих стандартных приспособлений: устройства для подготовки к сборке микросхем в плоских корпусах ГГ-1875, устройства для подрезки выводов микросхем ГГ-1939, приспособления для формовки выводов ЭРЭ ГГ-1994, приспособления для установки выводов на печатные платы ГГ 0867-4029, установки для рихтовки и обрезки выводов трансформаторов ГГ-2293, установки для зачистки проволочных выводов ЭРЭ ГГ-1614, полуавтомата для укладки ЭРЭ и микросхем на печатные платы, модель УР-10 ГГ-2487.

При реализации технологических процессов изготовления изделий РЭС применяются следующие инструменты: плоскогубцы с различной шириной губок, круглогубцы, острогубцы, ножницы, отвёртки различной длины для винтов с различным шлицом, электро-механические отвёртки, пинцеты, паяльники, молотки, кернера, ножи и скальпели.

В курсовом проекте (работе) при описании технологических процессов приводятся основные материалы, используемые при производстве изделия РЭС, например, аммиак ГОСТ 6403–78, аммоний серноокислый ГОСТ 6451–78, бумага конденсаторная ГОСТ 1908–82, бумага фильтровальная ГОСТ 23436–83, краска ЧМ черная ТУ 29-02-859–78, лак НЦ ТУ 6-10-1291–77, лак канифольный ОСТ4 ГО.033.200–81, медный купорос (раствор) ГОСТ 3652–74, проявитель ГОСТ 6535–74, раствор активирования ГОСТ 2137–81, серная кислота ГОСТ 65321–78, спирто-бензиновая смесь ОСТ4 ГО.029-233–84, сплав «Розе» ГОСТ 6403–78, флюс ФКСП ОСТ4 ГО.033.200–81, эмаль НЦ-25 ГОСТ 5406–84.

Перечень основных используемых материалов приводится в ведомости материалов в приложениях и к пояснительной записке курсового проекта (работы).

3.10. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

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 средства механизации и автоматизации. Составляется схема сборочного состава изделия РЭС с указанием деталей, сборочных единиц, их уровня сложности.

Наиболее часто применяют при сборке РЭС схемы технологических процессов сборки с базовой деталью (рис. 3.1) и веерного типа (рис. 3.2) [35]. 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.

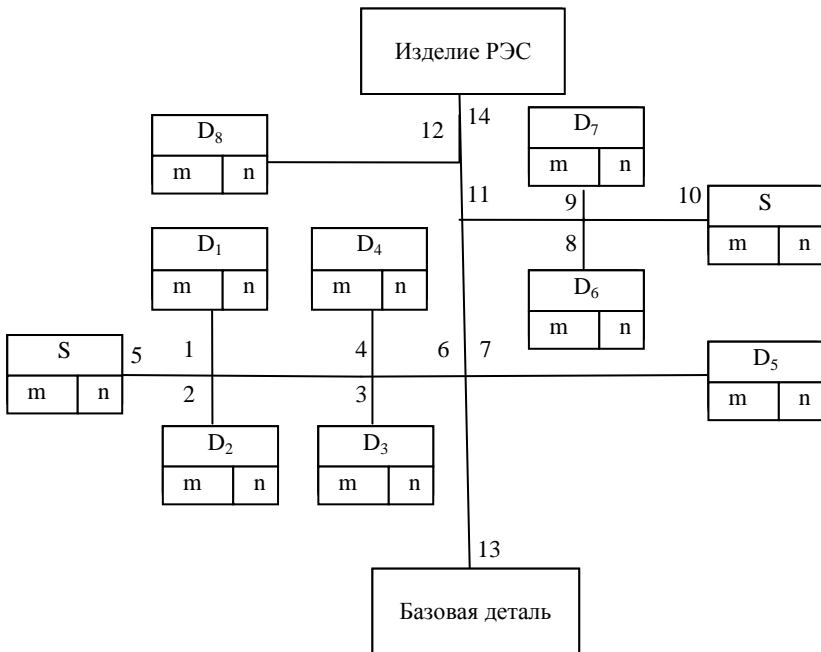


Рис. 3.1. Схема технологического процесса сборки с базовой деталью

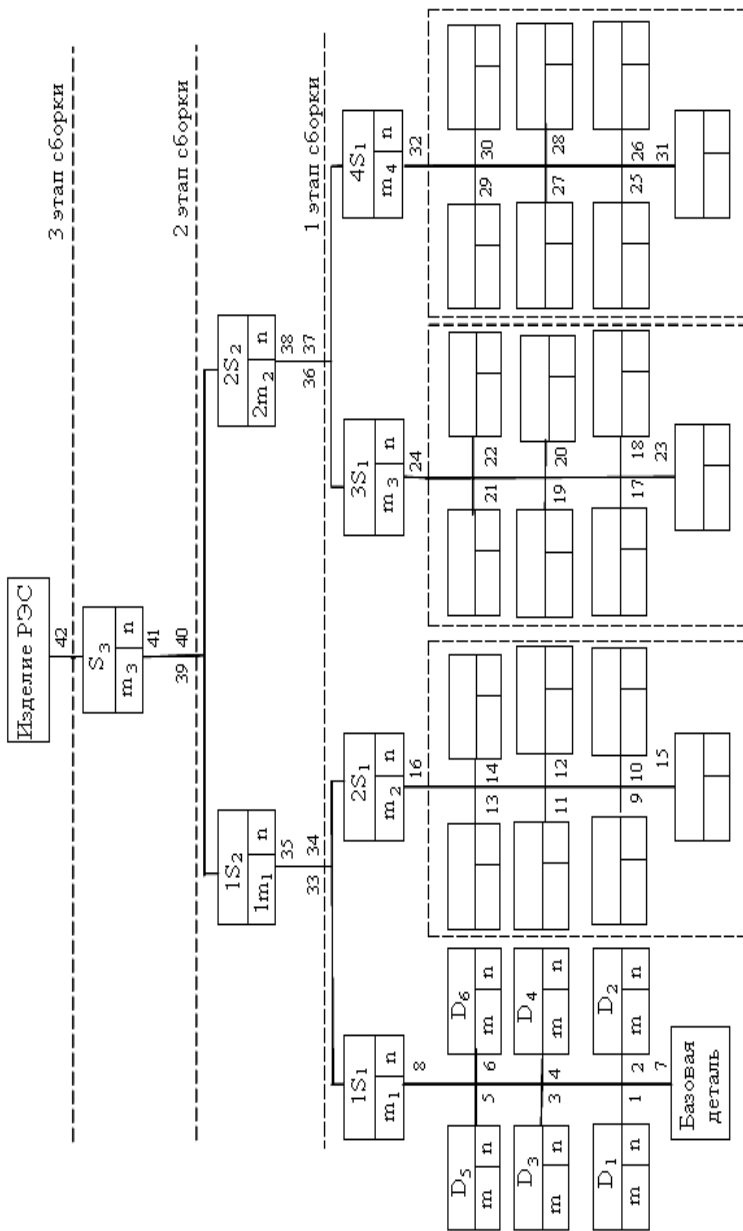


Рис. 3.2. Схема сборки сверного типа

На рисунках 3.1 и 3.2 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.

Технологический процесс сборки узла на ПП состоит из следующих операций:

- 1) комплектации электрорадиоэлементов;
- 2) входного контроля ЭРЭ;
- 3) подготовки ЭРЭ к монтажу (рихтовка выводов производится согласно требованиям к сборочному чертежу);
- 4) подготовки поверхностей ЭРЭ и печатной платы к пайке и фиксация ЭРЭ на плате;
- 5) нанесения дозированного количества припоя и флюса;
- 6) при пайке осуществляется нагрев ЭРЭ до заданной температуры и выдержка в течение 2...3 с;
- 7) очистки соединений от флюса;
- 8) контроля качества пайки и монтажа.

Технологический процесс сборки изделия РЭС проводят в следующей последовательности:

1. *Механические соединения:*

- 1) осуществляют неразъёмные соединения деталей и сборочных единиц с рамой, шасси и платами изделия;
- 2) устанавливаются крепёжные детали;
- 3) устанавливаются перемещающиеся сборочные единицы блока;
- 4) проводится технологическая операция контроля.

2. *Электрические соединения:*

- 1) осуществляется подготовка электрорадиоэлементов ИМС, жгутов, кабелей и проводов к монтажу;
- 2) проводится установка ЭРЭ и ИМС на печатную плату;
- 3) выполняется сборка узла на печатной плате, электрическое соединение отдельных узлов и подсоединение жгутов к разъёмам блока;
- 4) проведение технологической операции регулировки и настройки;
- 5) выполнение операции контроля.

3. *Заключительный этап общей сборки:*

- 1) устанавливаются регулировочные детали;
- 2) устанавливаются корпуса, кожухи.

При разработке маршрутных технологических процессов следует выполнять следующие рекомендации:

- 1) предшествующие операции не должны препятствовать выполнению последующих;

2) необходимо применять наиболее прогрессивные формы организации производства, групповые и типовые технологические операции и процессы;

3) разбивка технологического процесса на отдельные операции должна выполняться в соответствии с ритмом сборки;

4) после выполнения технологических операций сборки, настройки и регулировки необходимо проводить операцию контроля.

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 [36]. 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 цех, 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;
Н_{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 составляются 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.

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

Разрабатываются схемы технологических вариантов компоновок оборудования для различных схем технологических процессов сборки изделия. Выбирается оптимальный вариант технологического процесса сборки блока РЭС на основе расчёта производительности труда. При этом выполняется техническое нормирование операций технологических процессов с учётом заданного типа производства.

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

Схема технологического процесса сборки блока выполняется студентом в чертёжно-графической форме (схема представляется также в бумажном варианте формата А1). Пример выполнения схемы технологического процесса сборки блока РЭС приведён в прил. М пособия.

Подробно технологический процесс сборки блока представляется в приложении к пояснительной записке курсового проекту (работы) на маршрутных картах (пример выполнения приведён в прил. П пособия), а также приводится ведомость используемых материалов (образец ведомости материалов представлен в прил. Р данного пособия).

3.11. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Развитие производства РЭС непосредственно связано с автоматизацией и механизацией технологической подготовки производства [37]. Предприятие называется автоматизированным, если основные технологические операции выполняются с использованием полуавтоматов или автоматов. Предприятие называется автоматическим, в котором все виды технологических операций, транспортных и вспомогательных работ выполняются с использованием автоматов при контроле человека за этими процессами. При реализации автоматизированных и автоматических производств применяются технологические линии, которые включают комплекс основного, вспомогательного и транспортного оборудования по направлению выполнения технологического процесса.

Предприятие называется механизированным, если часть технологических операций выполняется с применением механизмов и машин, которые управляются вручную с использованием энергии от внешних источников.

При разработке автоматизированной системы ТПП (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» [38]. Программа позволяет разработать технологические проекты, технологическую документацию. С помощью программы GAIP-TFLEX CAD 3D возможно проектирование технологического оборудования и оснастки [38].

В подсистеме управления предприятием в АСТПП предлагается использовать программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП, предназначенный для формирования базы данных технологических процессов [39].

Автоматизация конструкторско-технологической подготовки осуществляется с помощью программы ADEM-VX: разработка конструкторской документации, проектирование техпроцессов, составление технологической документации [40]. 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 [41].

Компания «Клио-Софт» разрабатывает современное программное обеспечение для управляющих программ ЧПУ, разработки изделий, технологической подготовки производства и управления жизненным циклом изделия [42].

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 [45].

Автоматизация проектирования технологической документации осуществляется в соответствии с рекомендациями P50-54-71–88 [46] 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 ГОСТы, 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 [47].

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 [39]. 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 [48] 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 передаётся 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 комплекса 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 [49]. 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 ГОСТами. 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 чертёж 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 [50]. Автоматизация осуществляется на основе совместного использования систем параметрического проектирования TFLEX CAD и автоматизированного проектирования техпроцессов TFLEX / T-FLEX / Техно Про. Конструктор создаёт чертежи в TFLEX CAD, поступающие к технологу, который на основе T-FLEX CAD и T-FLEX / Техно Про вносит недостающую информацию в чертежах. После этого проектируется технологическая документация на изделие. T-FLEX / Техно Про 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Пособие по курсовому проектированию при подробном его изучении позволит студентам решить важную задачу – выполнение и защита курсового проекта (работы) по технологии радиоэлектронных средств.

Следует составить график проектирования, чтобы курсовой проект (работа) были выполнены в срок в соответствии с графиком учебного процесса.

В пособии приводятся рекомендации по написанию основных разделов курсового проекта (работы); приводятся примеры выполнения отдельных расчётов по технологии РЭС, оформления чертёжно-графической документации, информационно-удостоверяющих листов для сдачи материалов курсового проектирования в электронном виде, архив.

Для решения поставленной перед студентами задачи недостаточно материалов настоящего пособия. Необходимо использовать полученные в процессе учебы в университете знания по дисциплинам «Технология радиоэлектронных средств», «Конструирование радиоэлектронных средств», «Основы радиоэлектроники и связи», «Схемотехника электронных средств» и представленный в пособии список рекомендуемой учебно-методической и справочной литературы в курсовом проектировании.

В результате курсового проектирования следует отразить новизну схемотехнических, конструкторских и технологических решений в курсовом проекте и новизну теоретических исследований при курсовой работе.

При подготовке заключения по выполненному курсовому проекту (работе) следует указать выводы по всем разделам:

- выполнен анализ исходных данных на технологическое проектирование изделия РЭС;

– в результате патентного поиска выбран аналог проектируемого изделия с точки зрения технологической подготовки изделия РЭС к выпуску, определены его недостатки и, в соответствии с этим, определено направление проектирования;

– выполнен анализ и изучена схмотехническая реализация проектируемого изделия РЭС;

– изучена разработанная конструкция РЭС с применением новых материалов и технологий изготовления, с учётом электромагнитной совместимости, ремонтпригодности и отвечающая современным требованиям дизайна и эргономики и представленные необходимые конструкторские расчёты: надёжности, тепловой, на механические воздействия и др.;

– осуществлена технологическая подготовка производства: выполнена оценка технологичности конструкции РЭС – конструкция технологична, так как комплексный показатель технологичности соответствует нормативному диапазону для проектируемого типа блока и соответствующего производства; разработаны технологические процессы сборки блока (указать тип сборки) и изготовления печатной платы (указать способ изготовления печатной платы);

– выполнено технико-экономическое обоснование технологических процессов изготовления детали и сборки блока РЭС;

– разработана система автоматизации при проектировании технологических процессов, изготовлении изделий РЭС, оформлении технологической документации (указываются применяемые программные продукты, средства автоматизации; автоматизированные и автоматические линии, станки с числовым программным управлением, роботизированные комплексы и др.);

– при проектировании использованы современные информационные технологии (указать какие).

В заключении по курсовому проекту (работе) указываются направления дальнейшего усовершенствования технологической подготовки производства изделий РЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования направления подготовки дипломированного специалиста 654300 «Проектирование и технология электронных средств». Министерство образования РФ. Москва. 2000 г.
2. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования направления подготовки дипломированного специалиста 211000 «Конструирование и технология электронных средств». Министерство образования и науки РФ. Москва. 2009 г.
3. Стандарт предприятия. СТП ТГТУ 07–97. Проекты (работы) дипломные и курсовые. Правила оформления / сост. С.Н. Кузнецов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 40 с.
4. Комплексная программа производственной практики : метод. указ. / сост. : З.М. Селиванова, Д.Ю. Муромцев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 20 с.
5. Селиванова, З.М. Технология радиоэлектронных средств : учеб. пособ. / З.М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 80 с.
6. T-FLEX Технология. – URL : <http://www.tflex.ru>.
7. Программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП. – URL : <http://temp-system.narod.ru>.
8. ADEM-VX. Проектирование техпроцессов, подготовка технологической документации. – URL : <http://www.adem.ru>.
9. B2B-Energo. Программно-технические комплексы для автоматизации и проектирования. – URL : <http://www.b2b-energ.ru>.
10. Клио-Софт. Управляющие программы для станков с ЧПУ и технологической подготовки производства. – URL : <http://www/clio-soft.ru>.
11. САПР ТП SWR-Технология. Система подготовки технологической документации. – URL : <http://www.solidworks.ru>.
12. Ежков, Ю.А. Справочник по схемотехнике усилителей / Ю.А. Ежков. – 2-е изд. перераб. – М. : ИП РадиоСофт, 2002. – 272 с.
13. Проектирование и технология радиоэлектронных средств : учеб. пособие / З.М. Селиванова, Д.Ю. Муромцев, Т.И. Чернышова, О.А. Белоусов, В.Н. Митрофанова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 164 с.

14. Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства / В.И. Бойко, А.Н. Гуржий, В.Я. Жуйков и др. – СПб. : БХВ – Петербург, 2004. – 496 с.

15. Электроника и микропроцессорная техника. Дипломное проектирование систем автоматизации и управления : учебник / под ред. д-ра техн. наук, проф. В.И. Лачина. – Ростов на/Д. : Феникс, 2007. – 576 с.

16. Селиванова, З.М. Схемотехника электронных средств : учеб. пособ. / З.М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

17. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; пер. с англ. – 7-е изд.. – М. : Мир, БИНОМ, 2009. – 704 с.

18. Радиовещание и электроакустика : учебник для вузов / С.И. Алябьев, А.В. Выходец, Р. Гермер и др. ; под ред. Ю.А. Ковалгина. – М. : Радио и связь, 2000. – 792 с.

19. Дэвис, Дж. Карманный справочник радиоинженера / Д. Дэвис, Дж. Дж. Карр ; пер с англ. Т.И. Сенниковой. – М. : Издательский дом «Додэка–XXI», 2006. – 544 с.

20. Селиванова, З.М. Общая электротехника и электроника : учеб. пособие по курсовому проектированию / З.М. Селиванова, Ю.Л. Муромцев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 120 с.

21. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г.И. Волович. – М. : Издательский дом «Додэка–XXI», 2007. – 526 с.

22. Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника : учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. – М. : Радио и связь, 2002. – 768 с.

23. Корис, Р. Справочник инженера-схемотехника / Р. Корис, Х. Шмидт-Вальтер. – М. : Техносфера, 2006. – 608 с.

24. Гурин, А. Программно-инструментальные средства разработки и отладки / А. Гурин, П. Перевозчиков. – URL : <http://www.glostan.ru>.

25. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник для вузов / К.Н. Билибин, А.И. Власов, А.В. Журавлева и др. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

26. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры / под ред. В.А. Шахнова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.

27. Баканов, Г.Ф. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Ф. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский ; под. ред. И.Г. Мироненко – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.

28. ГОСТ 14.004–83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.

29. Крылов, В.П. Технологическая подготовка и сопровождение производства электронных средств [Электронный ресурс] / В.П. Крылов, 2008. – URL : http://window.edu.ru/window/catalog?p_mode=1&p_qstr.

30. Медведев, А.М. Сборка и монтаж электронных устройств: учеб. пособие / А.М. Медведев. – Изд-во Техносфера, 2007. – 256 с.

31. Селиванова, З.М. Технология радиоэлектронных средств : лаб. практ. / З.М. Селиванова, А.В. Петров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

32. Грошев, В.Н. Технология радиоэлектронных средств : учеб. пособие / В.Н. Грошев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.

33. Белевцев, А.Т. Технология производства радиоаппаратуры / А.Т. Белевцев. – М. : Энергия, 1971. – 554 с.

34. 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.

35. Павловский, В.В. Проектирование технологических процессов изготовления РЭА / В.В. Павловский, В.И. Васильев, Т.Н. Гутман. – М. : Радио и связь, 1982. – 160 с.

36. ГОСТ 3.1118–82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт.

37. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для вузов / Г.П. Плетнев. – Изд-во МЭИ, 2007. – 352 с.

38. T-FLEX Технология. – URL : <http://www.tflex.ru>.

39. Программно-методический комплекс технологической подготовки производства ТЕМП. – URL : <http://temp-system.narod.ru>.

40. ADEM-VX. Проектирование техпроцессов, подготовка технологической документации. – URL : <http://www.adem.ru>.

41. B2B-Energy. Программно-технические комплексы для автоматизации и проектирования. – URL : <http://www.b2b-energy.ru>.

42. Клио-Софт. Управляющие программы для станков с ЧПУ и технологической подготовки производства. – URL : <http://www/clio-soft.ru>.

43. Локтева, С.Е. Станки с программным управлением / С.Е. Локтева. – М. : Машиностроение, 1979. – 288 с.
44. Ратмиров, В.А. Основы программного управления станками / В.А. Ратмиров. – М. : Машиностроение, 1978. – 343 с.
45. САПР ТП SWR-Технология. Система подготовки технологической документации. – URL : [http:// www.solidworks.ru](http://www.solidworks.ru).
46. P50-54-71–88. Рекомендации. Единая система технологической документации. Автоматизированное формирование форм технологических документов на основе баз данных.
47. Система автоматизированной подготовки производства САМ. – URL : <http://www.ru.wikipedia>.
48. ASCON. Автоматизация проектирования техпроцессов и выпуска технологической документации. – URL : <http://www.itshop.ru>.
49. Разработка технологической документации (CAPP). – URL : [http:// www.qk-it-consult.ru](http://www.qk-it-consult.ru).
50. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства на базе программных продуктов T-FLEX. – URL : <http://www.cad.dp.ua/obzors/tflex.php>.

При изучении материалов по технологии РЭС студентам необходимо пользоваться периодической литературой и Internet-ресурсами:

- реферативным журналом «Электроника»;
- реферативным журналом «Радиотехника»;
- журналом «Микроэлектроника»;
- <http://www.e.lanbook.com>. Электронно-библиотечная система;
- <http://window.edu.ru/>;
- <http://elibrary.ru>. Научная электронная библиотека.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)

Министерство образования и науки Российской Федерации	
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет»	
Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»	
УТВЕРЖДАЮ	
Зав. кафедрой	

подпись, инициалы, фамилия	
« ____ » _____ 20 __ г	
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	
К курсовому проекту (работе) по <u>Технологии радиоэлектронных средств</u> _____	
На тему: <u>Разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока</u> _____	
Автор проекта (работы) _____	Иванов И.И. _____ группа Р-51
подпись, дата, инициалы, фамилия	
Специальность <u>210201 Проектирование и технология радиоэлектронных средств</u> _____	
Обозначение курсового проекта (работы) <u>ТГТУ.468362.024</u> _____	
Руководитель проекта (работы) _____	
подпись, дата, инициалы, фамилия	
Проект (работа) защищен (а) _____	Оценка _____
Члены комиссии:	
_____	Подпись, дата
_____	Подпись, дата
_____	Подпись, дата
Нормоконтролер: _____	
Подпись, дата	
Тамбов 20 __ г	

Приложение Б

ВЕДОМОСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

№ с-ян	формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1						
2			<u>Документация общая</u>			
3						
4			Вновь разработанная			
5						
6	A1	ТГТУ.468362.024 СБ	Сборочный чертеж	1		
7	A1	ТГТУ.468362.024 ТП	Схема технологического			
8			процесса сборки блока	1		
9		ТГТУ.468362.024	Технологический процесс			
10			сборки блока			
11	A4	ТГТУ.468362.024 ПЗ	Пояснительная записка	81		
12						
13						
14			<u>Документация по деталям</u>			
15						
16			Вновь разработанная			
17						
18	A1	ТГТУ.758725.024	Плата печатная	1		
19	A1	ТГТУ.758725.024 ТП	Схема технологического			
20			процесса изготовления платы	1		
21		ТГТУ.758725.024	Технологический процесс			
22			изготовления печатной платы			
23						
24						
25						
26						
27						
28						
				ТГТУ.468362.024 ВП		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Иванов И.И.				Лит.	Лист
Пров.					1	1
Н.контр.					КРЭМС гр. Р-51	
Утверд.					Разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока Ведомость курсового проекта	

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

подпись, инициалы, фамилия

" ____ " _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на курсовой проект

Студент Иванов И.И. код ЭР5 4924 210201 группа Р – 51

1. Тема Разработка технологических процессов изготовления печатной платы и сборки блока

2. Срок предоставления курсового проекта к защите

« » _____ 20__ г.

3. Исходные данные для выполнения курсового проекта

4. Перечень разделов курсового проекта:

4.1 _____

4.2 _____

4.3 _____

4.4 _____

4.5 _____

4.6 _____

4.7 _____

4.8 _____

5. Перечень графического материала: _____

Руководитель курсового проекта: _____
Подпись, дата, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____
Подпись, дата, И.И. Иванов
инициалы, фамилия

Приложение Г

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА ИНФОРМАЦИОННО-УДОСТОВЕРЯЮЩЕГО ЛИСТА

				200	
Номер п/п	Обозначение документа	Наименование документа, вид документа		Примечание	
				Обозначение основного документа	
	Цель выпуска	Дата выдачи задания	Дата защиты		
	Разработка дипломного проекта				
	Разработал				
	Проверил				
	Т. контроль				
	Н. контроль				
	Утвердил				

			Лист	Листов	

Приложение Д

**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКУМЕНТОВ, СДАВАЕМЫХ
В АРХИВ КАФЕДРЫ КРЭМС**

№ п/п	Название документа	Обозначение документа	Количество штук	Количество листов
1	Дипломный проект на CD-диске	ТГТУ. 465636.024 ДЭ	1	–
2	Информационно-удостоверяющий лист	ТГТУ.465636.024 УЛ	1	12
3	Рецензия	–	1	1
4	Отзыв	–	1	1

Дипломный проект сдал
согласно перечню

дата, подпись

А.В. Иванов

Дипломный проект принял
согласно перечню

дата, подпись

С.Н. Петрова

Разработано службой
метрологии и
стандартизации

С.Н. Кузнецов

Согласовано:

Проректор
по методической работе и
качеству образования

Проректор
по научно-инновационной
деятельности

Заведующая архивом

Приложение Е

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЕ

	Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание					
Лист 1	<u>Конденсаторы</u>								
	С1	К10-17а-Н90 0,1 мкФ ОЖО.460.107ТУ	1						
	С2	К10-17а-Н90 0,068 мкФ ОЖО.460.107ТУ	1						
	С3	К52-1Б 220мкФ×25В±20% ОЖО.464.039ТУ	1						
	С4	К73-16а 0,22мкФ×250В±20% ОЖО.461.108ТУ	1						
	С5	К10-17а-Н90 470пФ ОЖО.460.107ТУ	1						
Лист 2	С6	К73-16а 0,22мкФ×250В±20% ОЖО.461.108ТУ	1						
	<u>Микросхема</u>								
	DA1	К145АП28КО.347.560-01ТУ	1						
	<u>Лампа накаливания</u>								
	EL1	Б220-235-60М ТУ16.675.178-86	1						
	<u>Предохранитель</u>								
Лист 3	FU1	ВП1-1 ОЮО.480.003ТУ-Р	1						
	<u>Светодиод</u>								
Лист 4	HL1	АЛ102В аА.339.311ТУ	1						
	<u>Дроссель</u>								
Лист 5	L1	Д201-274 ОЮО.475.013ТУ	1						
	ТГТУ. 648133. 004 ПЭЭ								
Лист 6	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство управления Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.							1	2
	Пров.								
	Т.Контр.								
	Н.Контр.								
Утв									
							КРЭМС гр. Р-52		

Продолжение прил. Е

	Обоз.	Наименование	Кол.	Примечание
АВТО СЛУЖБА	<u>Резисторы ШКАБ.434110.005 ГЧ</u>			
	R1,R2	C2-33M-0,5 5,1 МОм±20%	2	
	R3	C2-33M-0,125 1,2 МОм±20%	1	
	R4	C2-33M-0,125 10 КОм±20%	1	
	R5	C2-33M-0,125 470 КОм±20%	1	
	R6	C2-33M-0,125 1 КОм±20%	1	
	R7	C2-33M-0,5 100 Ом±20%	1	
	R8	C2-33M-1 1 КОм±20%	1	
	R9	C2-33M-0,5 1,2 МОм±20%	1	
	R10	C2-33M-0,5 240 Ом±20%	1	
СЛУЖ. И	<u>Кнопка</u>			
	SB1	КП-1, 1ТВР0.360.002ГЧ	1	
	<u>Диоды</u>			
	VD1,VD2	КС15А СМЭ.362.823ГЧ	2	
	VD3	КС22А СМЭ.362.823ГЧ	1	
	VD4,VD5	КД105Б ТРЭ.360.075ГЧ	2	
	<u>Симистор</u>			
	VS1	КУ208Г ТТ0.343.003ГЧ	1	
	<u>Транзистор</u>			
	VT1	КТ630А ЮФЭ.365.043ГЧ	1	
Изм. № 00000				Лист
	ТГТУ. 648133. 004			2
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

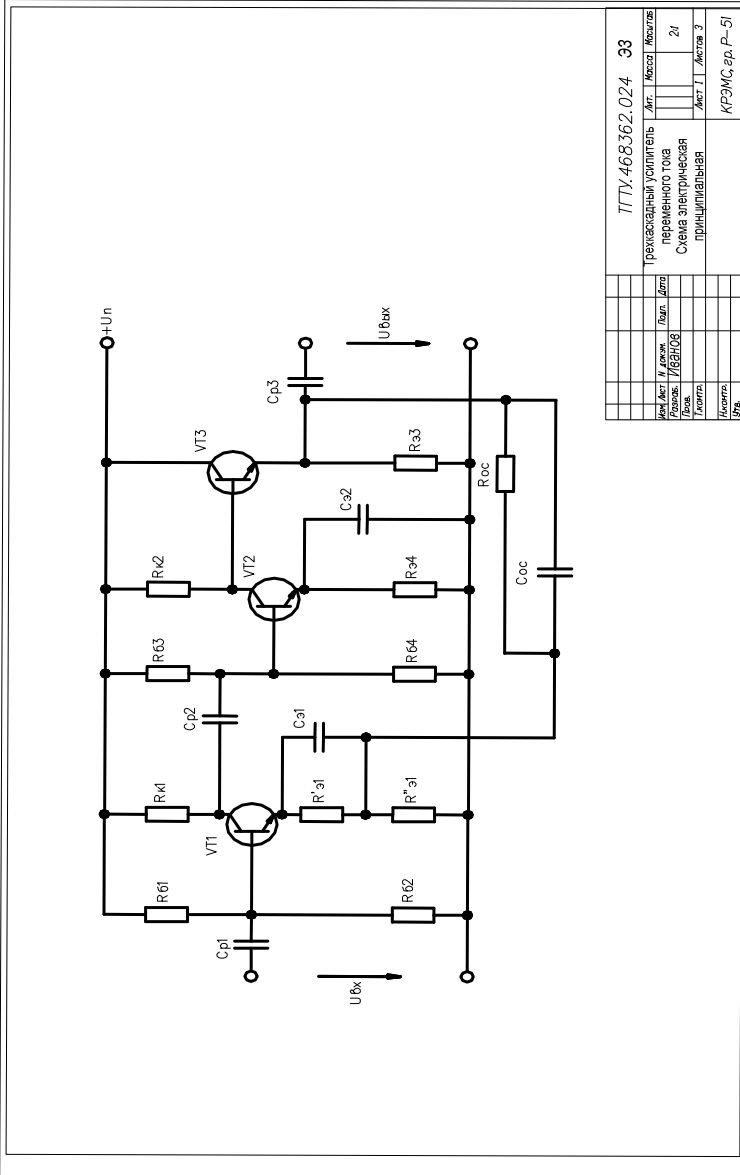
СПЕЦИФИКАЦИЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																																										
<i>Документация</i>																																																
А3			ТГТУ. 648133. 004 ЭЭ	Схема электрическая принципиальная																																												
А3			ТГТУ. 648133. 004 СБ	Сборочный чертёж																																												
<i>Детали</i>																																																
А3			ТГТУ. 758725. 004	Плата печатная	1																																											
<i>Прочие изделия</i>																																																
<i>Диоды</i>																																																
		1		КД105Б ТРЭ.360.075ТУ	2	VD4, VD5																																										
		2		КС515А СМЭ.362.823ТУ	2	VD1, VD2																																										
		3		КС522А СМЭ.362.823ТУ	1	VD3																																										
<i>Дроссель</i>																																																
		4		Д201-274 ОЮО.475.013ТУ	1	L1																																										
<i>Кнопка</i>																																																
		5		КП-1, 1ТВРО.360.002ТУ	1	SB1																																										
<i>Конденсаторы</i>																																																
		6		К52-1Б 220мкФ×25В±20%																																												
				ОЖО.464.039ТУ	1	С3																																										
ТГТУ. 648133. 004																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Изм</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Т.Контр</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Н.Контр</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Утв</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>							Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Разраб.							Проб.							Т.Контр							Н.Контр							Утв						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																												
Разраб.																																																
Проб.																																																
Т.Контр																																																
Н.Контр																																																
Утв																																																
Устройство управления					Лит.	Лист	Листов																																									
						1	3																																									
					КРЭМС гр. Р-52																																											

Продолжение прил. Ж

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Лист №						К10-17а-Н90 ОЖО.4.60.107ТУ			
				7		К10-17а-Н90 0,1 мкФ	1	С1	
				8		К10-17а-Н90 0,068 мкФ	1	С2	
				9		К10-17а-Н90 470пФ	1	С5	
						К73-16а ±20% ОЖО.4.61.108ТУ			
				10		К73-16а 0,22мкФ×250В	2	С4,С6	
	Станд №						<u>Лампа накаливания</u>		
							Б220-235-60М		
					11		ТУ16.675.178-86	1	ЕL1
							<u>Микросхема</u>		
						К145АП2			
				12		δКО.347.560-01ТУ	1	DA1	
						<u>Предохранитель</u>			
				13		ВП1-1 ОЮО.480.003ТУ-Р	1	FU1	
						<u>Резисторы</u>			
						С2-33М±20%			
Лист №						ШКАБ.4.34.110.005ТУ			
				14		С2-33М-0,125 1 кОм	1	R6	
				15		С2-33М-0,125 10 кОм	1	R4	
				16		С2-33М-0,125 470кОм	1	R5	
				17		С2-33М-0,125 1,2МОм	1	R3	
				18		С2-33М-0,5 100 Ом	1	R7	
				19		С2-33М-0,5 240 Ом	1	R10	
				20		С2-33М-0,5 1,2 МОм	1	R9	
				21		С2-33М-0,5 5,1 МОм	2	R1,R2	
				22		С2-33М-1 1 кОм	1	R8	
Лист №									
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТГТУ. 648133. 004		Лист 2	

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА



Изм.	№	Дата	Исполн.	Проверен.	Дата

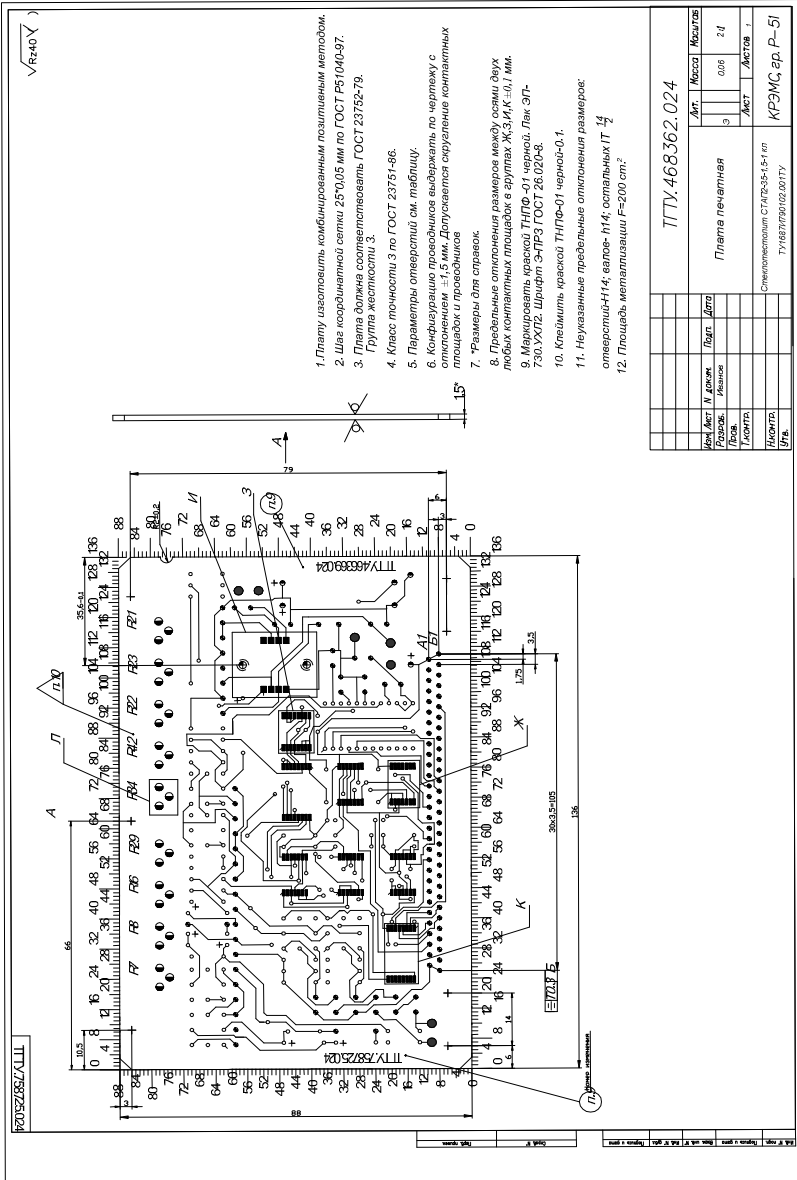
ТТМ 468362.024 33

Трёхстадийный усилитель
первичного тона
Схема электрическая
принципиальная

Дет. лист	№	Исполн.	Дата
Роль:	1/68362		24
Лист:			
Листов:			
Лист 1			Листов 3

КРЭМС, ар. Р-51

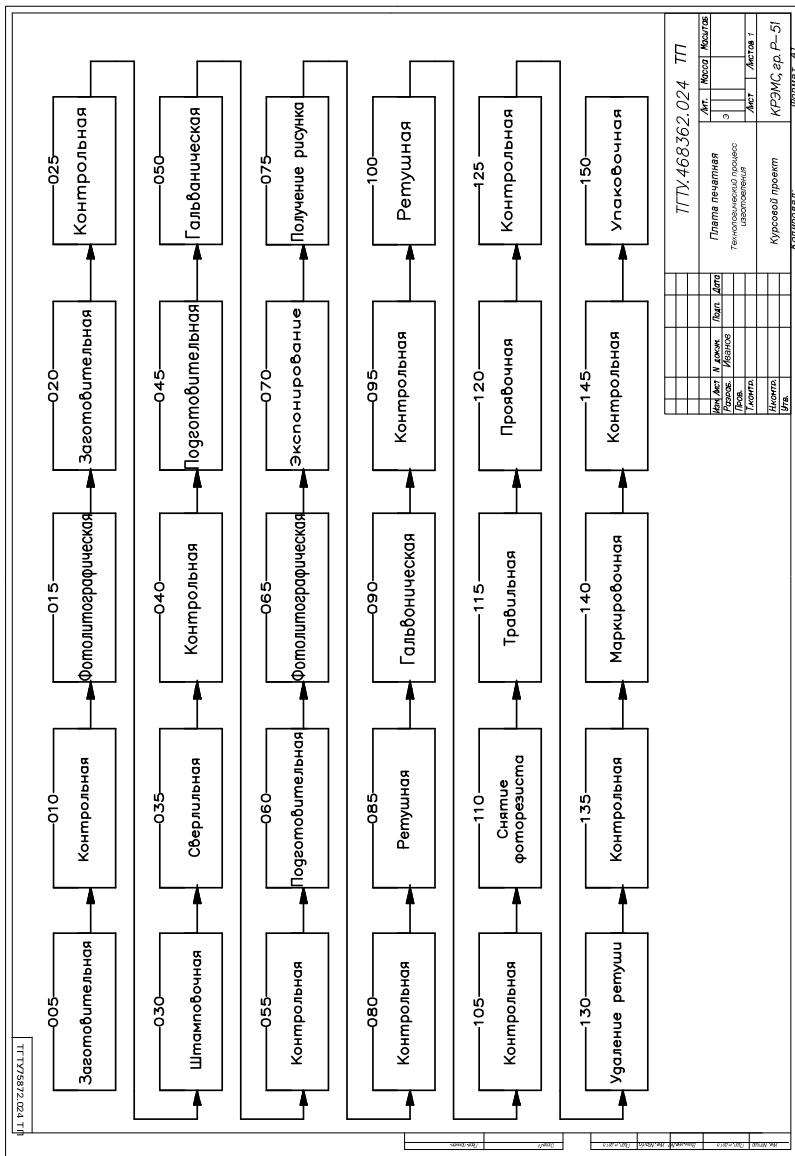
ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА



1. Плату изготовить комбинированным позиционным методом.
2. Шаг координатной сетки 25/0,05 мм по ГОСТ Р51049-97.
3. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-79.
4. Класс точности 3 по ГОСТ 23751-86.
5. Параметры отверстий см. таблицу.
6. Конфигурация сквозных выдержки по чертежу с отклонением ±1,5 мм. Допускается скругление контактных площадок и сквозников
7. Размеры для справок.
8. Предельные отклонения размеров между осями двух любых контактных площадок в группах Ж.З.И.К.—1 мм.
9. Маркировка краской ТНПО-01 черной. Лак ЭП-730.УХЛ2. Шрифт ЭПРЗ ГОСТ 26.020-8.
10. Клеймить краской ТНПО-01 черной-0.1.
11. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстия-Н14; вылов- Н14; остальные НТ 7
12. Площадь металлизации F=200 кв.м.

ТТУ.468362.024			
Изм.	Лист	Исполн.	Материал
9	006	2/1	
Лист	Листов	Лист	Листов
9	1		
Плата печатная			
Материал: СЛПЗ-35-15-1 пер			
ТУ:168178102.001ТУ			
КРЭМС, сер. Р-51			

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ



СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЁЖ БЛОКА РЭС

Первичн. применение	ТТУ.468362.024СБ				
Справ. №	<p>1.*Размеры для справок 2.**Размеры обеспечиваются инструментом. 3.***Размеры, обеспечиваемые установкой необходимого количества прокладок поз.48. 4.Покрытие крепежных деталей на передней панели лак АК-113.02, остальных—лак АК-113 с 8% ПАП-2.02. 5.На поверхностях Ж допускается нарушение покрытия. 6.Детали поз.36 установить в деталях поз.33,34 за счет упругой деформации. 7.Маркировать краской ТНПФ-01 черной на светлом фоне и краской ТНПФ-84 белой на темном фоне. Шрифт 3-ПРЗ, кроме указанного, ГОСТ 26.020-80 8.Маркировать шрифт 3-ПРЗ ГОСТ 26.008-85. Покрытие маркировки эмаль ПФ-115 черная УХЛ 1. 9.Клеймить краской ТНПФ-01 черной 01. 10.Электромонтаж выполнять по ТТУ.468362.039МЭ. 11.Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.015.</p>				
Подп. и дата					
Взам. инв. №					
Инв. №					
Подпись и дата	ТТУ.468362.024 СБ				
И/инв. №					
№ подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
	Т	Иванов			
Пров.					
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					
Блок управления		Лит.	Масса	Масштаб	
Сборочный чертёж		Т	6	1:1	
Курсовой проект		Лист 1		Листов 3	
КРЭМС, гр. Р-51					
Копировал Формат А4					

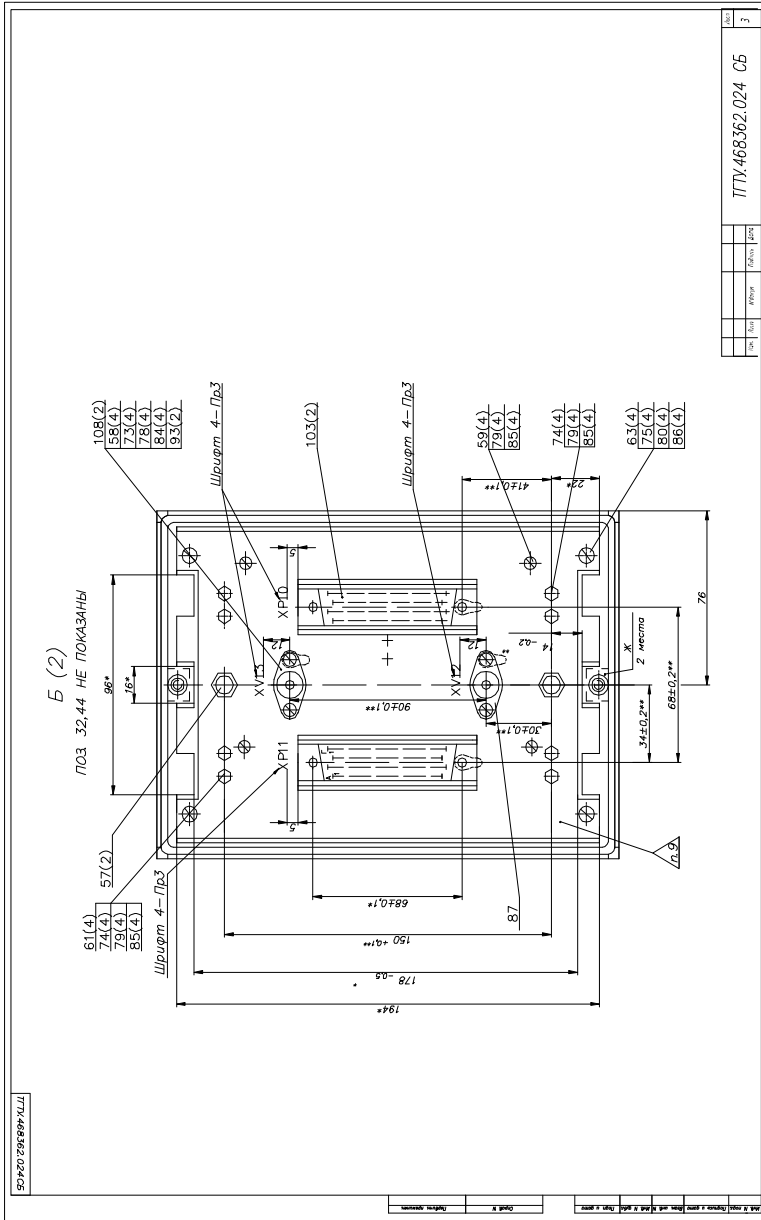
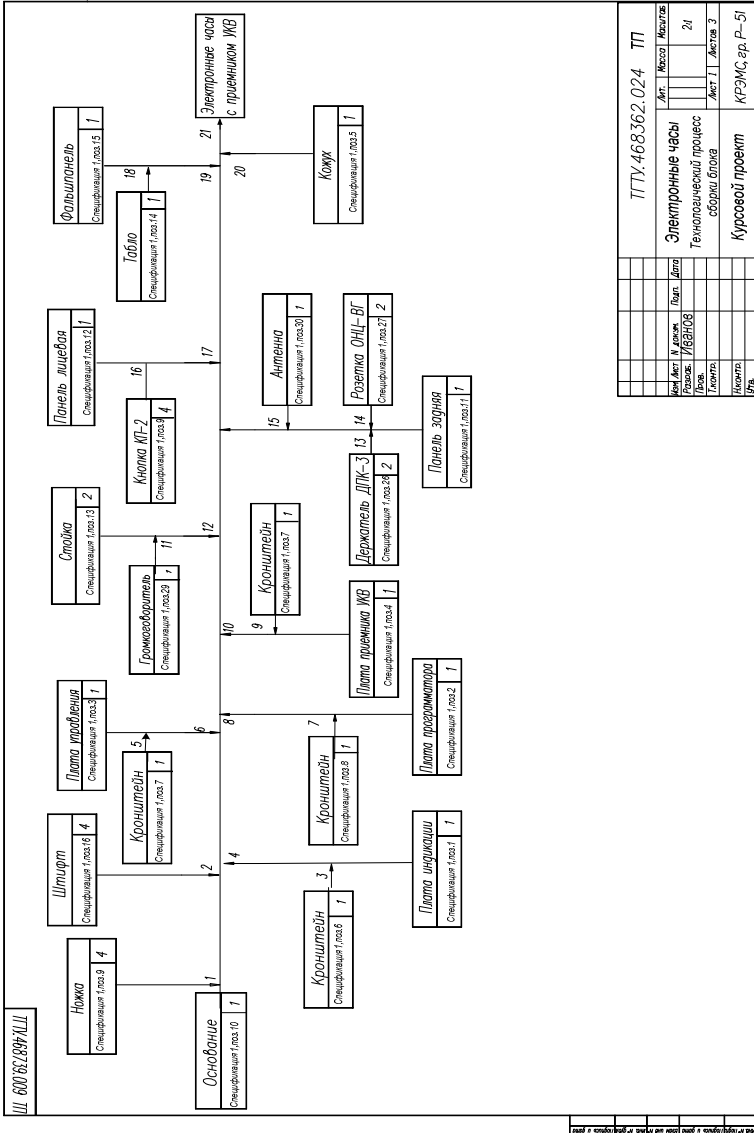


СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
СБОРКИ БЛОКА РЭС



МАРШРУТНЫЕ КАРТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ УЗЛА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ (маршрутная карта)

в з/м подл.		МАРШРУТНАЯ КАРТА										ГОСТ 3.118-82, форма 5А				
		ТТУ-468333.043														
		Обозначение документа										2				
Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц			
К/М	Наименование детали сб. единицы и материалов			Обозначение код.										ЕН	КИ	Нрас
01																
02	А		005	Комплектовочная ИОТ № 32												
03	Б			Стол рабочий												
04	О			Получить необходимые детали, материалы и сборочные единицы согласно чертежу и комплектовочной карте.												
05				Проверить их на отсутствие повреждений и соответствие маркировке.												
06	Т			Тара цеховая												
07																
08	А		010	Расконтрационная ИОТ №109_140												
09	Б			Стол рабочий, шкаф вытяжной ДПП-НЖ												
10	О			Измельчить плату из тары. Удалить консервирующее покрытие путем последовательного погружения платы в 3 ванны со спирто-нефрасовой смесью с периодическим перемещением платы или перемешиванием растворителя.												
11				Время промывки в каждой ванне (30-120 с.)												
12				2. Сухнуть плату от 15 до 20 мин.												
13				3. Проверить визуально качество удаления консервирующего покрытия, отложить плату в тару.												
14				Примечание: 1. Дальнейшее транспортирование и хранение платы производить в цеховой таре.												
15				2. Отмытую плату брать только за торцы, исключая касания ее поверхности руками.												
17	Т			Ванны цех (3), пинцет ПП -120 РД107.290.600.034-89; кисть КОФК-8 ГОСТ 10597-87, подготовка для сушки печатных плат, тара для печатных плат.												
18																
19																
20	А		015	Электромонтажная ИОТ №109_140												
21	Б			Стол рабочий.												
22	О			Определение вязкости ПП.												
23				на 8-10 металлизированных отверстий и на 5-10 контактных площадок, по диагоналям платы.												
24				1. Измельчить плату из тары, флюсовать проверяемые отверстия флюсом ФКСП1 и паять однократным прикосанием жала паяльника к контактным площадкам отверстия, не перекрывая полностью отверстие стержнем паяльника.												
25				Паять припой ПОС-61, Т пайки (250-280°С), время пайкиг 3 с., остатки флюса удалить спирто-нефрасовой смесью.												
26																
27																
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата						Лист	1	

В.Зав. Подл.		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ПТУ.468333.043				ГОСТ 3.118-82, форма 5А				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа						Расц	
Р					СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц	
КМ	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение кол.				ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Нрас
01														
02					2. Проверить визуально качество заполнения отверстия припоем. Не менее 95% метал. отв. Должно быть с удовлетворительной паяемостью.									
03														
04					3. Подобрать 5-10 контактных площадок, расположенных по диагоналям платы. Флюсовать контактные площадки флюсом ФКСП и лудить однократным прикасанием жала паяльника, выдерживая параметры режима:									
05					Т. жала паяльника (250-280°C), время касания (2-3 с.), лудить припоём ПОС-61, остатки флюса удалить спирто-нефрасовой смесью.									
06														
07														
08					4. проверить визуально качество лужения контактных площадок печатной платы: контактные площадки со сторон лужения должны быть покрыты гладким непрерывным слоем припоя. При неудовлетворительной паяемости оплавить всю партию плат на доработку. Уложить в тару.									
09														
10														
11				Т										
12					Полставка АД 0891-4001; эл. паяльник ПЭГ-50 с терморегулятором РТП 2М, пинцет ШПМ 120									
13					Р.Д. 107.290.600.034-89, прибор для контроля I _{наб} стержня паяльника Г 8779-4003, кисть КФК-8									
14					ГОСТ 10597-87; тампон из салфетки, тары для печатных плат.									
15				А	020	Сборочная ИОТ №108								
16				Б		Стол рабочий								
17				О		Произвести формовку выводов элементов поз.4-9								
18														
19				А	025	Электромотажная ИОТ № 109								
20				Б		Оборудование по ТПП.								
21				О		Произвести монтаж в отверстия ЭРЭ поз. 2-11 (16 шт.)								
22				Т		По ТПП АД 0228.0010								
23														
24				А	030	Контроль ОТК ИОТ №50								
25				Б		Стол ОТК-100%. Проверить плату на соответствие ТТ чертежа. Клеймить эмалью ЭП -572, черной, УХЛ1.								
26				О		Клеймо ОТК								
27				Т		Отправить «Стабилизатор напряжения» для проведения испытаний в ОТК								
	Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата				Лист	
													2	

**ВЕДОМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

Ведомость материалов							
	Вид материала	ГОСТ	Номер операции	Поставка	Единицы измерения	Норма расходов	
						На 1шт.	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							

МАРШРУТНЫЕ КАРТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКА РЭС

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ БЛОКА УСИЛИТЕЛЯ (маршрутная карта)

В зам подл.	МАРШРУТНАЯ КАРТА				ГОСТ 3.1118-82, форма 5А									
								ПТУУ-468333,043						
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции					Обозначение документа				
Р	Код наименования 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		А		005	Комплектовочная ИОТ №32									
03		Б			Стол рабочий									
04		О			Скомплектовать плату узлами, деталями, комплектующими согласно комплектовочной карте частного технопроцесса и проверить внешним осмотром на отсутствие видимых механических повреждений.									
05					соответствие номиналов ЭРУ чертежу и сроки их годности.									
06					Тара цеховая, тара для микросхем									
07		Т												
08														
09		А		010	Проверка платы на паяемость ИОТ №109									
10		Б			Стол рабочий									
11		О			1. Проверку печатных плат на паяемость производить выборочно в количестве 3% от каждой партии, но не менее 3 штук.									
12														
13					2. Контроль на паяемость производить на 8-10 металлизированных отверстиях, расположенных по диагонали платы, и на 5-10 контактных площадках, расположенных также по диагонали платы.									
14					3. Извлечь плату из тары, установить на тех. стойки.									
15					4. Паять отверстия припоем ПОС-61 однократным прикасанием жала паяльника к контактным площадкам отверстий, не перекрывая полностью отверстия жалом паяльника. Температуру жала паяльника (250-280) °С, время пайки – 3 секунды									
16														
17														
18														
19					5. Жудить контактные площадки однократным прикасанием стержня паяльника. Температура жала паяльника (250-270) °С, время касания – 2-3 секунды. Поверхность контактных площадок должна быть покрыта гладким непрерывным слоем припоя.									
20														
21														
22					6. Удалить остатки флюса тампоном, смоченным в спирто-бензиновой смеси (1:1).									
23					7. Проверить визуально качество заполнения припоем металлизированных отверстий и качество лужения контактных площадок печатных плат. Поверхность контактных площадок должна быть покрыта гладким непрерывным слоем припоя. Не менее 95% металлизированных отверстий должно быть удовлетворительной									
24														
25														
	Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист
														1

в зам подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ТТГУ.468333.043				ГОСТ 3.1118-82 форма 5А				
Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции	СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расс	
				Наименование детали сб. единиц и материалов	Обозначение документа									
К/М	спиртоэфрасовой смеси. Сушить 10-15 мин. при T= 25±10 °С.													
01	4. Нанести клей ВК-9 с наполнителем (нитрид бора в количестве 60 в.ч. По ОСТ.029.204)													
02	на склеиваемые поверхности прокладок и платы.													
03	5. Установить прокладку на плату согласно чертежу. Удалить излишки клея спиртоэфрасовой смесью.													
04	Отверждать клей в течение 24-25 часов при температуре T= 25±10 °С													
05														
06	Т	Пинлет ПТТМ-120 ОСТ 4Г0.409.365-85. Ножницы ГОСТ 7210-75. Линейка 500 ГОСТ 427-75. Емкости для смеси клея.												
07														
08														
09	А	Контрольная ОТК - 100% ИЮТ №50												
10	Б	Стол ОТК												
11	О	Проверить правильность и качество приклеенных прокладок.												
12														
13	А	035 Подготовка выводов ЭРЭ и ИМС к монтажу ИЮТ №109												
14	Б	Стол рабочего												
15	О	1. Извлечь ЭРЭ и ИМС из тары. Правильно выводить элементов. 2. Формовать и обрезать выводы элементов по ГОСТ9137-91; конденсаторы поз. 10-15 -вар. 180.00.0000.00.00; резисторы поз. 23, 24, 26, 28, 45, дроссели поз.19, диоды поз.58-61 -вар. 140.02.0301.00.00; резисторы поз.20-22,25, 27,29-37,39,40,42-44,47-57 по виду Г; ТТГУ.468333.043 СБ; резисторы поз.38,41,46 – по виду В; ТТГУ.468333.043 СБ; транзисторы поз. 62,63 -вар. 240.09.1001.00.00; микросхемы поз. 16- вар. 230.09.1001.00.00Ф; микросхемы поз. 17,18 – вар. 360.18.1111.21.00.												
16														
17														
18														
19														
20														
21	Т	Пинлет ПТТМ -120 ОСТ 4Г 0.409.365-85. Острогубцы ОБ/АРП 54161-022 ТУ. Приспособление для формовки выводов ИС ТТ600-4180. Приспособление для формовки выводов ИС ТТ6000-4127.												
22														
23														
24	А	040 Контрольная ОТК - 100% ИЮТ №50												
25	Б	Стол ОТК												
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата						
									Лист 2					

в ч.м подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ТТУУ.468333.043				ГОСТ 3.1118-82 форма 5А					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа						
Р	Код наименования оборудования				СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	ЕН	Расц	
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.				ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Нрас	
01	О				Проверить правильность и качество формовки и обрезки выводов ЭРЭ и ИМС на соответствие чертежу. Формовка и обрезка выводов должна обеспечить требуемую конфигурацию выводов согласно чертежу и ГОСТ 29137-91.										
03					Браслет заземления.										
04	Т														
05															
06	А			045	Лудильная ИОТ №109										
07	Б				Стол рабочего с вытяжной вентиляцией.										
08	О				1. Лудить выводы элементов: резисторов поз. 23, 24, 26, 28, 45, 27, 29-37, 39, 40, 42-44, 47-57, 38, 41, 46; дросселей поз. 19; диодов поз. 58-61; конденсаторов поз. 10-15; транзисторов поз. 62, 63.										
09					притоком ПОС 61 с флюсом ФКСп. Продолжительность лужения каждого вывода не более 5 сек.										
10					Удалить остатки флюса спирто-нефрасовой смесью.										
11					2. Лудить выводы микросхем поз. 16, 17, 18 притоком ПОС 61 с флюсом ФКСп.										
12					Температура стерна паяльника Т= 140-165°С. Продолжительность лужения каждого вывода не более 3 сек. Остатки флюса удалить спирто-нефрасовой смесью.										
14					Электропаяльник 36/40 Вт Т7875-4012. Браслет антистатический Т 7874-4009. Стойки технологические для п/л.										
15	Т				Дозатор для флюса цеховой.										
16															
17															
18	А			050	Контроль ОТК-100% ИОТ №50										
19	Б				Стол ОТК										
20	О				Проверить качество лужения выводов микросхем.										
21															
22	А			055	Склеивание ИОТ №140										
23					Стол рабочий										
24	О				1. Обезжирить поверхности склеивания на прокладках поз. 2-13 шт., на микросхемах поз. 17, 18 спирто-нефрасовой смесью. Сушить при температуре Т=25±10 °С в течение 15-30 мин.										
25															
Изм	Лист	№ докум	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	
														3	

В з/вм подп.		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ПТУ.468333.043				ГОСТ 3.1118-82, форма 5А					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа								
Р					СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц		
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.				ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Н рас	
01					2. Нанести клей ВК-9 с наполнителем (нитрил бора в количестве 60в.ч. ОСТАГО 29.204) на склеиваемые поверхности прокладок и элементов.										
03					3. Установить приклеиваемые элементы на плату: резисторы поз.38,41,46 по виду В, ПТУ468333.043СБ, микросхемы поз. 17,18 по ГОСТ 19137-91 вариант -360.18.111.2.1.00 совместив первый вывод микросхем с контактной площадкой квадратной формы.										
06					Оверждать клей при температуре T=25±10 ° С в течение 24-25 часов.										
07					Пинцет ПППМ120 АРПМ 6,890,001. Шпатель пеховой. Емкости для клея и смеси.										
08															
09					Контрольная ОТК- 100% ИОТ № 50										
10					Стол ОТК										
11					Проверить правильность установки и качество приклейки ЭРЭ внешним осмотром.										
12					Наличие клея на выводах ЭРЭ в том числе микросхем, на контактных площадках и в металлизированных отверстиях печатных плат не допускается.										
13															
14															
15					Монтажная ИОТ №109										
16					Стол рабочий.										
17					1. Извлечь ИМС из тары.										
18					2. Установить последовательно микросхемы поз. 16-6 шт по вар. 230.09.1001.00.00 ГОСТ 29137-91 на плату, совместив первый вывод микросхем с контактной площадкой квадратной формы.										
19					3. Паять последовательно выводы микросхем поз.16,17,18 припоме ПОС 61 с флюсом ФКСл.										
20					При пайке микросхем поз.17,18 использовать тепловод. Температуру стержня паяльника T= 400-165 ° С.										
21					Продолжительность пайки каждого вывода не более 3 сек. Для обеспечения необходимого расстояния между корпусом ИМС и платой- использовать прокладки технологические. Остатки флюса удалять спирто-нефрасовой смесью										
22															
23															
24															
25															
	Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	
														4	

В ЗМ подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ПТУ-468333.043				ГОСТ 3.1118-82 форма 5А					
Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа				Расц			
R				Код наименования оборудования	СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	ЕН	КИ	Н рас
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов				Обозначение код.				ОП	Л	ЕВ	ЕН	КИ	Н рас	
01	А		070	Контрольная ОТК -100% ИОТ №50											
02	Б			Стол ОТК											
03	О			Проверить качество паяных соединений на соответствие чертежу методом визуального осмотра.											
04															
05															
06	А		075	Монтажная ИОТ №109											
07	Б			Стол рабочий											
08	О			1. Извлечь ЭРЭ из тары.											
09				2. Установить последовательно элементы по ГОСТ29137-91: резисторы поно23,24,26,28,45, дрессели поз. 19, диоды поз. 58-61- вар. 140.02.0301.00.00; резисторы поз. 20-22,25,27,29-37,389,40,42-44,47-57 - по виду Г,											
10				Конденсаторы поз. 10-15- вар. 180.00.00000.00.00; транзисторы											
11				поз.62,63 – вар. 240.09.1001.00.00.											
12				При установке элементов на печатную плату использовать технологические прокладки.											
13				3. Паять выводы припоем ПОС 61 с флюсом ФКСп. Остатки флюса удалить спирто-нефрасовой смесью.											
14				Электропаяльник 36/40 Вт Т7875-4012. Подставка под паяльник Т 7874-4009. Браслет антистатический.											
15	Т			Стойки технологические ЯР33-Э11138. Пинцет ПТГМ-120 ОСТ 4Г 0.409.365-85. Острогубцы											
16				ОБТ АРП 154161-022 ТУ. Прокладки технологические пеховые. Дозатор для флюса.											
17															
18															
19															
20	А		080	Контрольная ОТК -100% ИОТ № 50											
21	Б			Стол ОТК											
22	О			Проверить качество паяных соединений на соответствие чертежу, методом визуального осмотра.											
23				После удаления паяльных флюсов на плате не должно быть видимых остатков флюса и белого налета.											
24															
25															
				Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист		
													5		

в 3-м подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ТТУУ.468333.043				ГОСТ 3.1118-82 форма 5А						
Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа						Расц				
R				СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц				
К/М	Наименование детали сб. единиц и материалов			Обозначение код.									ОПЛ	ЕН	КИ	Н рас
01	A		085	Сборочная ИОТ № 108												
02	Б			Стол рабочий												
03	О			1. Извлечь плату из тары												
04				2. Установить на плату вилку ГРПМШ поз.64-1 шт. и закрепить временно крепежом согласно чертежу.												
05				3. Установить сборку с пер.2 в шаблон взаимозаменяемости, закрепить шаблон слес. прижимами, подогнать сборку по шаблону и закрепить винты окончательно. Установить накладку поз. 1- 1 шт. Винты стопорить по												
06				ОСТ4Т0.019.200 эмалью ЭП-51 Зеленой, предварительно обезжирив места стопорения тампоном, смоченным в												
07				спирто- бензиновой смеси. Сушить эмаль при температуре (25±5)° от 3 до 3,2 часа.												
08				4. Снять шаблон и пеховое приспособление.												
09				5. Уложить плату в тару, предварительно надев на вилку ГРПМШ поз.64-1 шт. защитный кожух.												
10	Т			Тара для печатных плат, отвертка 7810-0314 ГОСТ 17199-71, браслет заземления.												
11																
12																
13																
14	A		090	Контрольная ОТК -100% ИОТ №140												
15	Б			Стол ОТК												
16	О			1. Проверить визуально правильность сборки, отсутствие на вилке ГРПМШ механических повреждений												
17				2. Проверить наличие стопорения крепежных деталей.												
18																
19	A		095	Монтажная ИОТ №109												
20	Б			Стол рабочий												
21	О			1. Извлечь плату из тары и установить на стойки технологические.												
22				2. Распаять контакты вилки ГРПМШ поз. 64-1 шт. на плате согласно чертежу. Паять припоём ПОС -61 с												
23				флюсом ФЛ.Сп. Обрезать до распайки вилки контакты вилки до размера 1,5 max согласно чертежу.												
24				3. Удалить остатки флюса тампоном, смоченным в спирто-бензиновой смеси (1:1).												
25				4. Уложить в тару, одев защитный кожух на вилку.												
	Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	
														6		

в зам подл		МАРШРУТНАЯ КАРТА				ТТГУ.468333.043				ГОСТ 3.1118-82 форма 5А				
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции		Обозначение документа							
Р	Код наименования оборудования		СМ	Проф	Р	КТС	КР	КОИД	ЕН	ТПЗ	Расц			
К/М	Наименование деталей сб. единиц и материалов				Обозначение код.				ОПЛ	ЕВ	ЕН	КИ	Н рас	
01	Т	Стойки технологические, тара для печатных плат, острогубцы Об-1 АРП154161-022ТУ, эл. Паяльник ЭПН-132 с заземленным жалом, пинцет ППМ 120 АРПМБ.890.001 ТУ, брашлет 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 поверхность, 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				Сдаточная ИОТ согл. ТУ								
23	Б					Оборудование по ТУ								
24	О					Сдача процесс ПЗ согл. табл. приёмо-сдаточным испытаниям в присутствии ОТК.								
25	Т					Брашлет заземления								
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Лист	№ докум	Подп.	Дата			Лист			
												7		

**ВЕДОМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА СБОРКИ БЛОКА РЭС**

Ведомость материалов						
	Вид материала	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Единицы измерения	Норма расходов		
				На 1шт.	На партию (100 шт)	
01	Лакоткань 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 СЗ 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. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	6
2. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	8
2.1. Общие требования к курсовому проекту (работе)	8
2.2. Выбор и обоснование темы курсового проекта (работы)	14
2.3. Рекомендуемое содержание и объём курсового проекта (работы)	17
2.4. Порядок выполнения курсового проекта (работы)	19
2.4.1. Исходные данные для выполнения курсового проекта (работы)	19
2.4.2. Методика выполнения курсового проектирования	20
2.4.3. Защита курсового проекта (работы)	23
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСНОВНЫМ РАЗДЕЛАМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАБОТЫ)	27
3.1. Патентный поиск по технологии производства радиоэлектронных средств	27
3.2. Анализ исходных данных на разработку технологии радиоэлектронных средств и применение информационных технологий	27
3.2.1. Назначение, технические характеристики и параметры радиоэлектронного изделия	28
3.2.2. Условия эксплуатации радиоэлектронных средств	30
3.2.3. Применяемые информационные технологии при проектировании радиоэлектронных средств	31
3.3. Описание блока радиоэлектронного средства	32
3.3.1. Принцип действия блока РЭС	32

3.3.2. Описание принципиальной электрической схемы	33
3.3.3. Специальная разработка при технологическом проектировании радиоэлектронного средства	38
3.4. Технология производства радиоэлектронного средства в курсовом проекте (работе)	39
3.5. Технологическая подготовка производства	40
3.6. Оценка технологичности конструкции блока радиоэлектронного средства	43
3.7. Разработка технологического процесса изготовления печатной платы	46
3.8. Экономическое обоснование технологического процесса сборки блока радиоэлектронного средства	48
3.9. Выбор технологического оборудования и оснастки для производства изделия радиоэлектронного средства	51
3.10. Технологический процесс сборки радиоэлектронного средства	53
3.11. Автоматизация технологической подготовки производства радиоэлектронного средства	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	66
ПРИЛОЖЕНИЯ	70
Приложение А. Титульный лист курсового проекта (работы)	70
Приложение Б. Ведомость курсового проекта	71
Приложение В. Задание на курсовое проектирование	72
Приложение Г. Рекомендуемая форма информационно-достоверяющего листа	74
Приложение Д. Перечень документов для сдачи в архив кафедры КРЭМС	75
Приложение Е. Перечень элементов к электрической схеме	76

Приложение Ж. Спецификация	78
Приложение З. Принципиальная электрическая схема.....	80
Приложение И. Печатная плата.....	81
Приложение К. Схема технологического процесса изготовления печатной платы	82
Приложение Л. Сборочный чертёж блока РЭС	83
Приложение М. Схема технологического процесса сборки блока РЭС.....	85
Приложение Н. Маршрутные карты технологического процесса изготовления печатной платы	86
Приложение О. Ведомость материалов изготовления печатной платы	88
Приложение П. Маршрутные карты технологического процесса сборки блока РЭС	89
Приложение Р. Ведомость материалов технологического процесса сборки блока РЭС	96

Учебное издание

СЕЛИВАНОВА Зоя Михайловна

ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 23.10.2012
Формат 60 × 84/16. 5,81 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 542

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14