

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения  
Направление подготовки Управление в технических системах  
Кафедра автоматики и компьютерных систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование и изготовление многослойной печатной платы в САПР Dip Trace на принтере графической печати.</b>

УДК 004896:621.3.04.002:004.356.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8A11	Стулова Ольга Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Яковлева Е.М.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Фадеев А.С.	к.т.н., доцент		

## Календарный план

Перечень работ	Исполнитель	Трудоёмкость, чел/дней	Численность, чел	Длительность, дней	Продолжительность работ, недель															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ознакомление с заданием	И	4	2	4	■															
	Р	1			■															
Разработка ТЗ	И	10	1	10		■	■	■	■	■										
Согласование и утверждение ТЗ	И	2	2	2				■												
	Р	1						■												
Сбор информации, изучение литературы	И	8	1	8				■	■	■										
Выявление возможных вариантов конструкции	И	10	1	10						■	■	■	■	■						
Уточнение исходных данных	И	2	2	2							■									
	Р	1										■								
Конструкторская часть	И	12	2	12								■	■	■	■					
	Р	2											■							
Технологическая часть	И	8	2	8										■	■					
	Р	1													■					
Экономическая часть	И	3	1	3											■					
Разработка вопросов безопасности жизнедеятельности	И	3	1	3												■	■			
Оформление документации	И	8	2	8													■	■		
	Р	1																■		
Подготовка отчета	И	6	1	6													■	■		
Защита проекта	И	1	1	1														■		
Итого	И	77																		
	Р	7																		

■ — Инженер  
 ■ — Руководитель

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт электронного обучения  
Направление подготовки (специальность) Управление в технических системах  
Кафедра автоматизации и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-8A11	Стулова Ольга Николаевна

Тема работы:

Проектирование и изготовление многослойной печатной платы в САПР Dip Trace на принтере трафаретной печати.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

15 апреля 2016 г., №2917/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

*Для проектирования многослойной печатной платы была выдана схема электрическая принципиальная усилителя мощности (УМ-015) входящий в состав вторичного источника питания (ВИП). Выполненный из сборочных единиц, деталей и элементов.*  
*Требования к изделию: УМ-015 входящий в состав вторичного источника питания (ВИП) должен сохранять работоспособность в следующих условиях:*

- газовая среда – осушенный воздух или азот с точкой росы не выше минус 55°С;
- давление газовой среды при эксплуатации прибора в штатных условиях 1,2 атм с возможным постепенным снижением до 0,1 атм;
- рабочая температура установочной поверхности находится в пределах от минус 10 до 40°С, при квалификации от минус 20 до 50°С. Температура окружающего газа от 0 до 50°С, при квалификации от

	<p>минус 10 до 60°C.          Разработка КД должна вестись с обязательным соблюдением требований, исключающих возникновение ситуаций, которые могут вызвать неконтролируемую опасность для обслуживающего персонала. Требования безопасности должны закладываться на этапе проектирования, и включают рассмотрение всех аспектов, где существует потенциальная опасность для персонала и населения, оборудования, сооружений, объектов любых видов собственности, а также окружающей среды в результате выполнения процессов, процедур или работ с продукцией.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Микросборка УМ-015 должна уложиться в заданный размер заказчика 24×30 мм. Добиться меньшей выбраковки активных элементов и обеспечить высокую надежность микросборки.</i></p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Ассистент кафедры менеджмента: Николаенко Валентин Сергеевич
«Социальная ответственность»	Профессор кафедры ЭБЖ: Назаренко Ольга Брониславовна
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Яковлева Е.М.	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8А11	Стулова Ольга Николаевна		







## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
ПК1	Способностью представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.
ПК2	Способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.
ПК3	Готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.
ПК4	Способностью владеть методами решения задач анализа и расчета характеристик электрических цепей.
ПК5	Способностью владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.
ПК6	Способностью собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии (ПК-6); способностью владеть элементами начертательной геометрии и инженерной графики, применять современные программные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско- технологической документации.
ПК7	Способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления.
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
ОК1	Способностью владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.
ОК2	Способностью логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь.
ОК3	Способностью осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
ОК4	Способностью использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социальнозначимые проблемы и процессы.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ рис.,  
20 \_\_\_\_\_ табл., 33 источников, 7 прил.

Ключевые слова: Толсто пленочные и тонко пленочные платы, технологические процессы по изготовлению плат и сборки микросхемы.

Объектом исследования является – изготовление плат для усилителя мощности (УМ-015), который входит в состав источника питания (ВИП).

Цель работы – создание толсто пленочной и тонко пленочной плат для усилителя мощности, входящий в состав источника питания (ВИП) с минимальными массогабаритными показателями.

В процессе исследования проводились – системный анализ объекта проектирования, обоснование конструкции изделия, оценка теплового режима, оценка массы, оценка технологичности конструкции изделия, технико-экономическое обоснование, рассмотрение вопросов охраны труда.

В результате исследования была спроектирована толсто пленочная и тонко пленочная платы для микросборки усилителя мощности, входящей в состав источника питания (ВИП). Был изготовлен комплект фотошаблонов для тонко пленочных и толсто пленочных плат и написан технологический процесс их изготовления, сборки и монтажа. Был определен перечень различных испытаний для микросборки.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: микросборка УМ-015 должна уложиться в заданный размер заказчика 24×30 мм. Добиться меньшей выбраковки активных элементов и обеспечить высокую надежность микросборки, напряжение питания +35 В.

Степень внедрения: участвовала в разработке микросборки усилителя мощности УМ-015 и её изготовлении.

Область применения: для бортовых космических систем.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработка прибора необходима в связи с отсутствием аналогов удовлетворяющих всем требованиям ТЗ.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ТИ 0217149.25000.00247 Производственные помещения.
2. ТИ 0217149.25001.00126 Очистка средств технологического оснащения.
3. ТИ 02171149.25001.00127 Очистка СТО.
4. ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата.
5. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
7. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
8. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
9. ГОСТ 12.2.007-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.»
10. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.»
11. ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.»
12. ГОСТ ИСО 14644-1-2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.
13. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
14. ГОСТ 8.014-72 Государственная система обеспечения единства измерений. Методы и средства проверки фотоэлектрических люксометров.
15. ГОСТ 12.0.003-76 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
16. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов.

В данной работе были применены следующие сокращения:

МПП - многослойная печатная плата

ЭРИ – электрорадиоизделие

РЭА- радиоэлектронная аппаратура

ВИП - вторичный источник питания

КА – космический аппарат

МБИС- малогабаритный блок измерения угловой скорости

## Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы .....	18
1.1 Выбор конфигуратора.....	19
1.2 Составление списка участников проблемной ситуации .....	19
Составление проблемного массива .....	20
1.3 Исследование проблемы и путей достижения выявленных целей .....	21
2 Проектирование толстопленочной платы в САПР Dip Trace.....	22
2.1 Система разработки схем и печатных плат в САПР Dip Trace .....	22
2.2 Настройка конфигурации редактора Dip Trace Schematic.....	23
2.3 Создание схем электрических принципиальных .....	25
2.4.1 Настройка графического редактора Dip Trace PCB Layout.....	26
2.4.2 Ширина проводников .....	26
2.4.3 Подключение библиотек.....	27
2.4.4 Размещение компонентов на плате.....	27
3 Процесс изготовления плат .....	28
3.1 Изготовление эмульсионных фотошаблонов.....	28
3.1.1 Съемка фотопластинки.....	28
3.1.2 Химическая обработка фотооригиналов .....	29
3.1.2.1 Негативная химико-фотографическая обработка .....	29
3.1.2.2 Химико-фотографическая обработка в режиме обращения .....	30
3.1.3 Требования по изготовлению фотошаблонов.....	33
3.2 Изготовление трафаретов на основе «Дирасол».....	34
3.2.1 Нанесение эмульсии .....	35
3.2.2 Экспонирование .....	35
3.2.3 Проявление .....	35
3.2.4 Дублирование трафарета.....	36
3.3 Процесс изготовления толстопленочной платы на принтере трафаретной печати .....	36
3.3.1 Изоляционный слой на пасте Д0703 .....	36

3.3.2 Проводящий слой на пасте ПЗЛ-М.....	37
3.3.3 Промывка толсто пленочной платы.....	37
3.4 Процесс изготовления тонкопленочных плат.....	37
3.4.1 Травление слоев никеля и меди.....	38
3.4.2Изготовление защитного слоя.....	39
3.5 Процесс изготовления микросборки.....	39
3.6 Расчет технологической трудоемкости изготовления микросборки УМ-015.....	50
3.7 Элементная база для усилителя мощности УМ-015.....	51
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	52
5 Социальная ответственность.....	65
Заключение.....	80
Список используемых источников.....	82
Приложение А.....	84
Приложение Б.....	86
Приложение В.....	88
Приложение Г.....	90
Приложение Д.....	91
Приложение Е.....	92
Приложение Ж.....	93
Приложение И.....	95
Приложение К.....	97

## Введение

В настоящее время индустрия микроэлектронных компонентов для космических аппаратов (КА) развивается огромными темпами в направлении увеличения производительности и функциональности, при этом размеры самих компонентов год от года уменьшаются. Увеличение интеграции микросхем побуждает к поиску новых конструкторских решений в их компоновке и к увеличению плотности выводов на корпусе. Производство же электронной аппаратуры для КА, и в частности монтажных подложек, неизбежно будет следовать за развитием элементной базы. Это значит, что все конструктивно-технологические нормы проектирования межсоединений вынуждены развиваться параллельно и теми же темпами, что и микроэлектроника, поскольку это диктуется в первую очередь конструкциями корпусов электронных компонентов.

С появления вторичных источников электропитания (ВИП) прошло очень много времени. Наука и разработка новых конструкторских решений в области построения ВИП прошли большие темпы развития. Многие из того, что было приемлемо раньше уже совершенно устарело и не используется в наше время.

ВИП для бортовых космических систем являются одними из самых распространенных узлов. Они выполняют преобразование первичного напряжения питания бортовой сети в напряжения постоянного и переменного тока различной формы необходимые для питания различной аппаратуры. Достаточно часто необходимо питать один и тот же блок самыми различными напряжениями. В некоторых случаях требуется изменение величины и формы выходных напряжений, например при переходе из одного рабочего режима в другой. Видно, что многие ВИП являются сложными многофункциональными приборами. К надежности системы электропитания предъявляются жесткие требования, т.к. она определяет время эксплуатации КА. Вторичные источники электропитания должны иметь высокий КПД, малые габариты и вес.

Целью данной бакалаврской работ является разработка конструкторской документации микросборки УМ-015 для (ВИП) на основе технического задания и принципиальной электрической схемы. Разработка микросборки необходима в связи с отсутствием аналогов удовлетворяющих всем требованиям ТЗ.

## 1 Обзор литературы

Создание малых космических аппаратов (МКА) – одна из важных тенденций развития мировой космической техники. Их очевидные плюсы – небольшие габариты и относительно невысокая стоимость, а также возможность организации группового запуска нескольких таких аппаратов, что ещё больше снижает расходы по реализации конкретного космического проекта. Малые спутники незаменимы при отработке новых инженерных и технологических решений, проведении научных экспериментов, тем более, если для них требуется определённая оперативность, которая достигается за счет сокращения времени на изготовление МКА. [30], [31].

В связи с созданием нового малогабаритного блока измерения угловой скорости космических платформ возникла необходимость в создании ВИП для него. Он предназначен для питания постоянным и переменным током электронных и электромеханических устройств входящих в состав малогабаритного блока измерения угловой скорости (МБИС). К нему также предъявляются требования по ограничению массы и габаритов.

Общий гарантийный срок сохранности эксплуатационных характеристик ВИП должен быть не менее 19,5 лет, из них:

- 15 лет – эксплуатация на орбите в составе прибора;
- 1,5 года – хранение в составе прибора и КА;
- 1,5 года – испытания в составе прибора и КА;
- 0,5 года – запас времени для эксплуатации на орбите при проведении запуска, начальных режимов, для обеспечения выхода из нештатных ситуаций и проведения заключительных операций с КА;
- 1 год – хранение в упаковке изготовителя.

Таким образом, мы имеем потребность в создании усилителя мощности для ВИП с возможно меньшими массой и размерами обладающего высокой надежностью.

Назначение объекта проектирования – усилитель мощности, входящий в состав для малогабаритного блока измерения угловой скорости космической платформы и КА.

ВИП является узкоспециализированным прибором космической аппаратуры. Недостатком предшествующих аналогов является большие масса и габариты не позволяющие использовать их в составе нового прибора. Проблема состоит в необходимости создания микросборки усилителя мощности с меньшими размерами для ВИП.

### 1.1 Выбор конфигуратора

В описании УМ-015 могут быть использованы следующие языки:

1) профессиональный. Сюда относится теория электрических цепей, электродинамика, аналоговая и цифровая электроника, теория конструирования и технологичности, теория надежности;

2) алгоритмический. Для анализа работы схемы интерфейса можно использовать пакеты прикладных программ MicroCAP, PSpise, PCAD, Dip Trace при конструировании – AutoCAD, PCAD, Dip Trace при расчетах могут быть использованы алгоритмические языки и математический пакет моделирования MathCAD;

3) финансовый. Используются понятия себестоимости, розничной цены;

4) технический. В процессе проектирования и производства необходимо использовать системы ЕСКД и ЕСТД, ГОСТы и ОСТы, СТП, регламентирующие качество аппаратуры специального назначения.

### 1.2 Составление списка участников проблемной ситуации

Процесс проектирования, производства и эксплуатации УМ-015 затрагивает следующих участников проблемной ситуации:

- 1) разработчики, специалисты по проектированию РЭА;
- 2) изготовители (технологи, организаторы производства, рабочие);
- 3) заказчик;

Составление проблемного массива

Результаты анализа сведем в таблицу 1

Таблица 1 – Массив по проблеме создания УМ-015

Участники проблемной ситуации	Проблемы участников
<p>1 Разработчики</p> <p>а) схемотехники; б) конструкторы.</p>	<p>1.1 Обеспечить минимальное число элементов схемы при высоком качестве изделия.</p> <p>2.1 Не применять остродефицитные и драгоценные материалы.</p> <p>3.1 Обеспечить высокую технологичность схемы и конструкции.</p> <p>4.1 Обеспечить высокую эксплуатационную надежность и ремонтпригодность.</p> <p>5.1 Обеспечить перспективность разработки.</p> <p>6.1 Уложится в заданные ограничения по размеру.</p>
<p>2 Изготовители</p> <p>а) технологи; б) организаторы производства; в) рабочие.</p>	<p>2.1 Обеспечить минимальную трудоемкость изготовления и сборки изделия.</p> <p>2.2 Рационально организовать процесс изготовления изделия.</p> <p>2.3 Обеспечить низкий уровень брака.</p> <p>2.4 Обеспечить высокую экологическую чистоту производства.</p>

Продолжение таблицы 1

3 Заказчик	3.1 Получить изделие, удовлетворяющее требованиям ТЗ.
4 Служба сервиса	4.1Комплектация запасными частями. 4.2 Обеспечение оборудованием для ремонта.
5 Окружающая среда	5.1Экологическая чистота эксплуатации и утилизации.
6 Прошлое поколение	6.1Преемственность накопленных знаний и опыта. 6.2Соблюдение традиций.
7 Будущее поколение	7.1Получение в наследство от предыдущих поколений среду обитания, природные ресурсы, технологии в наилучшем виде
8 Непосредственный потребитель	8.1Грамотно эксплуатировать прибор.

### 1.3 Исследование проблемы и путей достижения выявленных целей

Вновь создаваемая микросборка предназначена для прибора специального назначения. Аналогом этой микросборки является УМ-013 изготовленная на этом же предприятии. Аналог не удовлетворяет требованиям по размеру и некоторым функциональным характеристикам. При сопоставимых требованиях проектируемая микросборка должна иметь меньший размер примерно в два раза по сравнению с аналогом.

Путей достижения выявленных целей в данном случае достаточно много. Функциональные и другие характеристики определяются схемными и конструктивными решениями. Для того чтобы уместиться в заданные размеры необходимо пересмотреть ряд схемных и конструктивных решений и изменение элементной базы.

## 2 Проектирование толсто пленочной платы в САПР Dip Trace

### 2.1 Система разработки схем и печатных плат в САПР Dip Trace

Программа состоит из следующих модулей: Schematic (основное назначение графического редактора Schematic - построение электрических принципиальных схем радиоэлектронных устройств), PCB Layout (для разработки плат с помощью ручной или автоматической трассировки и систем оптимизации расположения компонентов и размеров плат), Pattern Editor и Component Editor (для редактирования корпусов и компонентов соответственно). DipTrace содержит минимально возможное количество управляющих элементов, при работе редактируемые объекты подсвечиваются, что позволяет наглядно оценивать ситуацию. Изменение одного элемента схемы или платы отражается на всех зависящих от него объектах. Автотрассировщик справляется со сложными многослойными платами, имеющими различные типы радиодеталей, а поддержка файлов Spectra DSN/SES дает возможность подключить сторонний разводчик. Программа проводит многочисленные проверки проекта (новых элементов в библиотеке, допустимости и целостности соединений, зазоров, размерностей) на разных этапах работы, что позволяет обнаружить и исправить ошибки сразу. Создание SPICE netlist позволяет промоделировать проект на любом внешнем симуляторе, функции экспорта/импорта делают возможным продолжить работу в других приложениях (P-CAD, PADS, OrCAD, Eagle), а также использовать нетлисты Accel, Mentor, Allegro, Tango и Protel. Dip Trace экспортирует платы в необходимые для производства форматы DXF, Gerber RS-274X (с поддержкой TrueType шрифтов и растровых монохромных изображений), Excellon N/C Drill. Стандартные библиотеки программы включают в себя больше 100 000 элементов от наиболее известных производителей.

## 2.2 Настройка конфигурации редактора Dip Trace Schematic

Настройка параметров конфигурации редактора производится после выполнения команды Options/Configure. В области окна Workspace Size (размер формата) необходимо выбрать стандартный лист D, на который будут выводиться сформированные данные: элементы библиотек и создаваемые электрические схемы. В области Orthogonal Modes установить режим ввода электрических цепей и линий: 90/90 Line-Line - ввод ортогональных линий. При включении данного режима линии проводятся под прямым или произвольным углом. Число, проставленное в окне Increment Value области Net Increment, указывает шаг, на который увеличивается номер электрической цепи, вводимой в схему. В области окна AutoSave устанавливаются режимы автосохранения файла с заменой предыдущей резервной копии. Установленный флажок Enable AutoSave разрешает автоматическое сохранение проекта через количество минут, указанных в окне AutoSave Time Interval (minutes). Флажок Purge Previous Backups разрешает при новом запуске Dip Trace Schematic удалить все резервные копии, сохраненные в предыдущем сеансе работы. В области Units диалогового окна Options/Configure устанавливаем систему единиц измерения - миллиметры (1мм = 40мил). Изменить систему единиц можно на любой фазе работы без потери точности. Флажок DDE Hotlinks устанавливает режим взаимного выделения цепей между графическими редакторами Dip Trace Schematic и Dip Trace PCB. Цвета различных объектов, стили рисования шин и ряд других параметров устанавливаются в меню Options/Display. В закладке Colors окна Options/Display устанавливаются цвета для следующих элементов изображения:

- Wire — электрическая цепь;
- Part - символ компонента;

- Bus — шина (групповая линия связи);
- Junction - точка соединения цепей;
- Pin — вывод компонента;
- Line - линия;
- Polygon - полигональная линия;
- Text — текстовая информация;
- Open End — не подсоединенный (открытый) вывод компонента или цепи.

В области Display Colors назначаются цвета вспомогательным элементам:

- Background - общий фон;
- 1xGrid - нормальная сетка;
- 10xGrid - сетка с крупным шагом, в 10 раз большим нормального;
- Highlight -выделенный объект;
- Selection -выбранный объект;
- Title - линии форматки листа схемы;
- Wire Attr - атрибуты цепей;
- Part Attr - атрибуты компонентов.
- Display Default PinDes — обозначений контакта;

В области Junction Size установим величину точку соединения фрагментов одной и той же цепи- Small - маленькая точка (20 mil). В области Miscellaneous установим флажки у следующих параметров:

- Display Open Ends – не подсоединенные выводы или цепи;
- Display Overridden Errors - ошибки;
- Display Part Gate Number – имена секций компонентов;
- Scroll Bars — линий прокрутки;

## 2.3 Создание схем электрических принципиальных

Электрические схемы выполняются без соблюдения масштаба. Реальное расположение компонентов на монтажно-коммутационном поле не учитывается при рисовании электрических схем. Выбранный размер формата листа, на который выводится рисунок схемы, должен обеспечить компактность и ясность при чтении деталей схемы.

На электрической схеме изображены символы компонентов, электрические связи между ними, текстовая информация, таблицы, буквенно-цифровые обозначения и основные надписи на формате схемы.

Настроить рабочее окно так, чтобы был виден весь формат. После этого открыть нужные библиотеки, нажав кнопку Library/Setup и выбрать из библиотеки Transistors компоненты: BC393-3 шт, 2N2218-7 шт, 2N2221-2 шт, 2N2222-3шт, 2N2369-3 шт, 2N2484-4шт; из библиотеки Discrete компоненты: постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания - RES-3шт, постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт – RES500 – 15шт, постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт – RES400 – 3шт; из библиотеки Diodes компоненты: 1N3016 – 6шт, 1N3017 – 2 шт.

Электрическое соединение контактов размещенных элементов производится после выполнения команды Place/Wire. Ширина линии связи устанавливается по команде Options/Current Wire, выберем узкую линию. Соединим последовательно компоненты в соответствии с электрической схемой приложение Д. И сохраним проект под названием «Схема.sch» приложение Е.

## 2.4 Графический редактор печатных плат Dip Trace PCB Layout

Редактор печатных плат Dip Trace PCB Layout используется для размещения компонентов на монтажно-коммутационном поле для ручной трассировки проводников. В интерактивном режиме курсором отмечается

начало и конец сегмента проводника, который сразу же трассируется с учетом препятствий.

#### 2.4.1 Настройка графического редактора Dip Trace PCB Layout

После запуска графического редактора (файл PCB.EXE) необходимо настроить его конфигурацию, параметры которой устанавливаются в текущем файле и сохраняются для последующих сеансов проектирования печатной платы. Настройка параметров производится при вызове соответствующих опций меню Options в закладках General, Online DRC, Route и Manufacturing. В области Units закладки General, выбираем систему единиц измерения mm. В области Workspase Size указывается размер рабочей области для размещения компонентов и трассировки электрических соединений. В закладке Online DEC включим флажок Enable Online DRC, где производится проверка технологических параметров при вводе связей и размещении компонентов. Закладка Route меню Options/Configure позволяет установить некоторые правила трассировки проводников печатной платы. При включении флажка T-Route Default включается T-образный режим разводки, т. е. трасса цепи подводится к ближайшему фрагменту этой же цепи. Область Highlight While Routing при ручной трассировке задает режим подсвечивания только контактных площадок (Pads Only) или подсвечивания и контактных площадок, и проводников, и линий соединений, принадлежащих одной цепи (Pads, Traces and Connections). Область Miter Mode выбирает способ сглаживания проводников в местах их излома — отрезком прямой (Line) или дугой (Arc).

#### 2.4.2 Ширина проводников

Список требуемых значений ширины проводников и геометрических линий устанавливается по команде Options/Current Line. В окно Line Width введем ширину проводника 0,35 мм и нажмем кнопку Add для внесения проводника в список.

### 2.4.3 Подключение библиотек

Перед размещением компонентов вручную на печатную плату или перед выполнением процедуры упаковки схемы на печатную плату необходимо подключить к проекту библиотеки такие как резисторы, транзисторы и диоды. Для этой цели используется команда Library/Setup. После выбора библиотеки нажимается кнопка Add.

### 2.4.4 Размещение компонентов на плате

Необходимо загрузить файл «Схема.sch» по команде Utils/Load Netlist и по порядку разместить компоненты на плоскости платы. Появляющиеся линии связи помогают ориентироваться при расставлении компонентов. Для меньшей выбраковки готовых плат активные элементы размещены на дополнительных 3-х платах размером 7,2×8,6 мм на случай, если один диод или транзистор выйдет из строя, то бракуется плата с частью элементов, а не весь комплект.

### 3 Процесс изготовления плат

#### 3.1 Изготовление эмульсионных фотошаблонов

Изготовлением фотошаблонов должен заниматься только аттестованный персонал и прошедший инструктаж по охране труда. Эмульсионные фотошаблоны изготавливаются на стеклянных фотопластинках ВР-П для тонко- и толсто пленочных плат микросборок методом фотографирования фотооригинала с 10- кратным уменьшением изображения.

##### 3.1.1 Съемка фотопластинки

В фотокамеру закрепить фотооригинал на экране в рамку, если фотооригинал выполнен на пленке, то прижать его дополнительно прозрачным стеклом. Смахнуть ворсинки, пылинки с эмульсионной стороны фотооригинала кисточкой. Проверить наличие всех элементов на фотооригинале на соответствие чертежу слоя. Установить необходимый фотообъектив для уменьшения размеров элементов в соответствии заданным масштабом. Установить в направляющих фотокамеры кассету с прозрачным или матовым стеклом. Нанести установочным микроскопом фотокамеры резкое изображение матового стекла в соответствии с инструкцией по эксплуатации фотокамеры. Навести объективом резкое изображение фотооригинала на матовом стекле, наблюдая рисунок в установочный микроскоп фотокамеры. Установить фотооригинал параллельно направлению перемещения кассеты по оси X с помощью установочного микроскопа. Снять установочный микроскоп и рамку с матовым стеклом с головки фотокамеры. Вставить фотопластинку в кассету эмульсионным слоем к объективу при неактивном освещении (в камере КМК-9). Обдуть пыль сжатым воздухом с поверхности фотопластинки, установить кассету с фотопластинкой в рамку фотокамеры, нажать кнопку экспозиции и провести экспонирование фотопластинки, ориентировочное время 1 мин. Провести при необходимости мультиплицирование изображения модуля, перемещая

кассету на шаг мультипликации по осям X и Y и повторяя экспонирование. Извлечь при неактивном освещении фотопластинку после экспонирования из кассеты для дальнейшей химической обработки фотоматериалами.

### 3.1.2 Химическая обработка фотооригиналов

#### 3.1.2.1 Негативная химико-фотографическая обработка

Процесс негативной химико-фотографической обработки представлен в таблице 2

Таблица 2 – Процесс химико-фотографической обработки

№ опер	Наименование операции	Описание операции	Оборудование
1	Проявление фотопластинок в растворе проявителя	1.1 Уложить фотопластинки в кассету 1.2 Поместить фотопластины в раствор проявителя (раствор №2). Проявление вести с покачиванием кассеты 20-30 раз в мин., при $t 20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в течении 2-5 мин.	Ванночки, кассета
2	Промывка фотопластинок	2.1 Промыть фотопластинки в дистиллированной воде при $t 17 \pm 3^{\circ}\text{C}$ в течении 5-10 с	
3	Дубление фотопластинок в растворе дубителя	3.1 Поместить кассету с фотопластинками в раствор дубителя и обработать их в течение 3-5 мин при температуре раствора $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$	

Продолжение таблицы 2

4	Повторить операцию №2		
5	Обработка фотопластинок в растворе закрепителя	5.1 Поместить кассету с фотопластинками в закрепитель и обработать их в течение 5-10 мин при температуре $(20\pm 2)$ °С	
6	Повторить операцию №2		
7	Сушка	7.1 Сушить на воздухе до полного испарения влаги при температуре 20-25 °С. 7.2 Для ускорения процесса сушки и получения регламентированных показателей качества пластинок (плотности изображения и контрастности) целесообразно применение сушки в водных спиртовых растворах с последовательно изменяющейся концентрацией 50, 75 или 96 %; продолжительность обработки по 15 с в каждом растворе	

3.1.2.2 Химико-фотографическая обработка в режиме обращения

Процесс химико-фотографической обработки в режиме обращения представлен в таблице 3

Таблица 3 – Процесс химико-фотографической обработки в режиме обращения

№ опер	Наименование операции	Описание операции	Оборудование
1	Проявление фотопластинок в растворе проявителя	1.1 Уложить фотопластинки в кассету для проявления 1.2 Поместить их в раствор проявителя (раствор №1) проявление вести с покачиванием кассеты (20-30 раз в минуту) при температуре раствора (20±0,5) °С в течение 5 мин	Ванночки, кассета
2	Промывка фотопластинок	2.1 Промыть фотопластинки в проточной деионизованной воде или дистиллированной в течении 3 мин при t воды 17±3 °С	
3	Отбеливание фотопластинок в растворе	3.1 Поместить фотопластинки в ванночку с раствором для отбеливания на 1,5 мин при температуре раствора (20±0,5) °С	
4	Повторить операцию №2		
5	Обработка фотопластинок в растворе для осветления	5.1 Поместить фотопластинки в ванночку с раствором для осветления на 3 мин при температуре раствора 20±0,5 °С	
6	Повторить операцию №2		

Продолжение таблицы 3

7	Засветка	7.1 Выполнить засветку фотопластинки лампой накаливания 500 Вт, расположенной на расстоянии 70 см от фотопластинки в течение 1 мин	Лампа накаливания
8	Проявление	8.1 Поместить фотопластинки в ванночку с раствором №2 для проявления на 3 мин при $t 20 \pm 0,5$ °С	Ванночка
9	Повторить операцию №2		
10	Размещение фотопластинок в смачиватель	10.1 Поместить фотопластинки в смачиватель, время подбирается опытным путем до получения более равномерной оптической плотности	
11	Повторить операцию №2		
12	Обработка фотопластинок в растворе закрепителя	12.1 Поместить фотопластинки в закрепитель на 5-10 мин при температуре $(20 \pm 0,5)$ °С.	
13	Повторить операцию №2		

Продолжение таблицы 3

14	Сушка	<p>14.1 Сушить на воздухе до полного высыхания при температуре 20-25 °С. Наряду со спиртовой сушкой допускается двухстадийная ускоренная сушка:</p> <p>1 стадия – сушка в ламинарном потоке воздуха при температуре 20-25 °С в течение 15 мин;</p> <p>2 стадия – дополнительная сушка в потоке воздуха при температуре 38-40 °С в течение 5-10 мин.</p>	
15	Дополнительная опирация при высокой плотности фотошаблона	<p>15.1 При наличии вуали и высокой плотности фотошаблона необходимо обработать в ослабителе в течение 1-5 мин, промыть в проточной воде.</p>	

### 3.1.3 Требования по изготовлению фотошаблонов

Изготовленный фотошаблон должен удовлетворять следующим требованиям:

- оптическая плотность непрозрачных участков должна быть не менее 2,5 ед. Допускается производить контроль оптической плотности путем сравнения с аттестованным эталонным фотошаблоном;

- оптическая плотность вуали должна быть не более 0.2 ед.;
- в рабочей зоне фотошаблона не должно быть сквозных точек, царапин, заусенцев, фотошаблон должен соответствовать топологическому чертежу, в том числе чертежу на экране компьютера;
- погрешность размера единичного изображения схемы не должно превышать  $\pm 0,02$  мм;
- погрешность размера шага мультипликации не должна превышать  $\pm 0,01$  мм;
- допустимые отклонения размеров единичного изображения схемы в комплекте фотошаблонов не должно превышать  $\pm 0,01$  мм друг относительно друга;
- отклонение базовых размеров не должны превышать  $\pm 0,02$  мм (для мультиплицированного фотошаблона  $\pm 0,03$  мм);
- на краях элементов фотошаблона не допускаются отдельные вырывы размером более 20 мкм.

### 3.2 Изготовление трафаретов на основе «Дирасол»

Все работы по изготовлению трафаретов проводить в производственном помещении согласно инструкции 0217149.25000.00247 [1] со следующими дополнениями: освещение в помещении должно быть с малой долей голубого и ультрафиолетового света (допускается одна лампа накаливания), можно применять желтое освещение от лампы вольфрамовой нитью малой интенсивностью. Удобное освещение в рабочем помещении обеспечивается флюоресцентными лампами золотистого света. Естественное освещение исключить нанесением на окна защитного покрытия. Все работы с трафаретами проводить либо в резиновых перчатках, либо в напальчниках, предварительно обезжиренных этиловым спиртом.

Хранение материалов осуществлять следующим образом:

- несенсибилизированную эмульсию «Дирасол» хранить при температуре от 2 до 35 °С в упаковке изготовителя;
- сенсибилизированную эмульсию хранить в упаковке изготовителя с плотно закрытой крышкой при температуре от 2 до 22 °С.

### 3.2.1 Нанесение эмульсии

Установить трафарет в кювету-держатель вертикально, слегка отклонив от себя верхнюю часть, налить эмульсию в кювету-держатель, нанести один или два слоя (полива) эмульсии, влажное по влажному, т.е. без сушки между нанесениями, на лицевую сторону трафарета, а затем дополнительные слои на ракельную (обратную) сторону. Переворачивая трафарет в кювете-держателе, нанести два слоя на ракельную сторону и пять слоев на лицевую сторону. Сушить трафарет после нанесения всех слоев в темноте в горизонтальном положении ракельной стороной вверх. Сушить при помощи тепловентилятора, температура в зоне нахождения трафарета 35-38 °С, продолжительность сушки 20 мин.

### 3.2.2 Экспонирование

Положить трафарет лицевой стороной вверх на рабочий стол, наложить на фоторезист (высушенная эмульсия) фотошаблон эмульсионной стороной к фоторезисту. Совместить фотошаблон по приспособлению и уложить трафарет с фотошаблоном в установку экспонирования. Ориентировочное время экспонирования 700 с. Температура в зоне экспонирования не должна превышать 30 °С.

### 3.2.3 Проявление

Поместить трафарет после экспонирования в емкость с холодной дистиллированной водой на 1-2 мин. Вынуть из воды и выбить струей воды остатки фоторезиста с пробельных мест трафарета. Проверить качество защитного эмульсионного слоя под микроскопом при 7-кратном увеличении.

Сушить трафарет в вертикальном положении с подогревом воздуха, температура в зоне сушки 35-40 °С, время сушки 10 мин.

#### 3.2.4 Дублирование трафарета

Поместить трафарет в установку экспонирования, произвести дублирование трафарета сплошной засветкой УФ-излучением в течении 10 мин сначала с одной , затем с другой стороны. Провести сплошной (100%) контроль трафарета на столе контроля с подсветкой под микроскопом при 7-кратном увеличении. Трафарет не должен иметь отслоений эмульсионного слоя, вздутий, проколов, нарушений целостности изображения в рабочей зоне. Рисунок должен соответствовать чертежу слоя. Допустимая неровность не более  $\pm 35$  мкм.

### 3.3 Процесс изготовления толстопленочной платы на принтере трафаретной печати

#### 3.3.1 Изоляционный слой на пасте Д0703

На каждую плату существует свой комплект трафаретов, перед тем как установить трафарет соответствующий топологии слоя на базовые штифты рабочего стола принтера, его качество необходимо проверить на соответствие требованиям, если есть дефекты (проколы в фоторезисте, забитые пастой ячейки сетки) на рабочей поверхности трафарета, то такой трафарет не пригоден для работы. Уложить технологическую подложку в ложемент стола, подложку укладывать в правый нижний угол ложемента нерезанными кромками. Загрузить шпателем небольшое количество диэлектрической пасты Д0703 за рисунком схемы и одновременным нажатием на две кнопки мыши привести в движение ракель и произвести нанесение рисунка на подложку, снять ее с ложемента стола и проверить с помощью микроскопа расположение рисунка схемы относительно реперных знаков. При необходимости произвести совмещение рисунка схемы трафарета с подложкой путем независимых перемещений по осям «Х» и «У»

и поворота вокруг оси относительно трафарета. Перемещение стола производится при помощи регулировочных рукояток, установленных на плите рабочего стола. Проверить под микроскопом при 16-ти кратном увеличении качество, четкость, равномерность покрытия. Сушить подложку с нанесенной пастой в печи инфракрасной сушки при температуре 120-150 °С с продолжительностью 10-15 мин и вжечь в печи конвейерного типа ПЭК-8 в соответствии режиму вжигания паст. Контролировать отсутствие трещин в диэлектрическом слое размерами более 200 мкм, схватывающих по периметру контактную площадку.

### 3.3.2 Проводящий слой на пасте ПЗЛ-М

Необходимо установить трафарет соответствующей топологии слоя, загрузить небольшое количество золотосодержащей пасты на рисунок трафарета перед схемой, произвести настройку по осям на принтере трафаретной печати и нанести рисунок на подложку. Рисунок слоя должен соответствовать чертежу. Кратность нанесения данного слоя равна двум. Вжигать в печи ПЭК-8. Изготовление последующих слоев выполнять согласно топологии чертежа приложение Е.

### 3.3.3 Промывка толсто пленочной платы

Промыть плату в двух объемах по 150 мл изопропилового спирта с помощью кисти и уложить на салфетку или фильтровальную бумагу до полного высыхания.

## 3.4 Процесс изготовления тонкопленочных плат

На подложках необходимо проверить качество напыленного слоя, он должен быть однородного цвета. Не допускаются капли напыленного материала, трещины, отпечатки пальцев, сколы, сквозные отверстия и отслоения напыленного слоя. Нанесения фоторезиста осуществляется на установке ПНФ-6Ц-Д-130-3 при скорости от 1500 до 2500 об/мин в течение

40±10с. Проверить качество нанесения фоторезиста: поверхность подложки должна быть глянцевой, без пузырей, соринок, инородных включений и покрыта сплошным слоем фоторезиста. Подложки необходимо просушить при температуре 90±5 °С в шкафу, в течение 15-20 мин. На подложку наложить фотошаблон рабочей (эмульсионной) стороной и совместить их относительно друг друга. Экспонирование выполнять на установке ЭМ-517 при освещенности 40000±10000 люкс, 20-50 с. Проявление проводников и контактных площадок осуществляется в растворе при покачивании подложки в течение до 60±5 с и при температуре 18-25 °С. Произвести промывку подложки проточной деионизованной водой 60±5с. Сушить подложку на центрифуге 30±5 с. Проверить качество проявленного изображения схемы под микроскопом при увеличении 16<sup>x</sup>. В микроскоп необходимо установить нейтральный фильтр либо уменьшить напряжение лампы, чтобы не засветить фоторезист. Изображение должно быть четким с ровными краями, без повреждений фоторезиста (вырывы, проколы, царапины). При наличии недопроявленных участков провести дополнительное проявление. Дубить при температуре 130±5 °С в течение 30±5 мин.

#### 3.4.1 Травление слоев никеля и меди

Проводить травление при легком покачивании подложки в растворе при температуре от 18 до 25 °С до появления блестящей пленки хрома. Ориентировочное время травления 30-60 с при толщине слоя до 1 мкм. Промыть подложку в деионизованной воде, сушить на центрифуге (скорость вращения 2000-3000 об/мин). Проверить качество травления под микроскопом при увеличений 16<sup>x</sup>. Изображение рисунка схемы должно быть четким, без разрывов и перемычек. Поместить годную подложку в чашку с нагретым раствором до температуры 50±5 °С для травления хрома. Коснуться поверхности хромовой пленки в нескольких местах алюминиевой проволокой, по окончании выделения пузырьков газа с поверхности подложки извлечь ее из раствора, промыть подложку в воде, сушить на

центрифуге. Затем годную подложку положить в раствор для травления резистивного слоя K50C при температуре 18-25 °С в течение 10-60 с до появления белой поверхности подложки. Промыть и просушить подложку. Поместить годную подложку в раствор для снятия фоторезиста, предварительно нагретый до температуры 80±10 °С, время снятия 30-60 с. Промыть и просушить подложку на центрифуге в течение 20-30 с, скорость вращения 2000-3000 об/мин.

#### 3.4.2 Изготовление защитного слоя

Поместить подложку на столик центрифуги и провести нанесение фоторезиста, затем просушить и экспонировать в установке ЭМ -517. Провести проявление рисунка защитного слоя и дубить при температуре 150-200 °С в течение 1-2 ч.

#### 3.5 Процесс изготовления микросборки

Технологический процесс изготовления микросборки представлен в таблице 4

Таблица 4 - Технологический процесс изготовления микросборки

№ опер	Наименование операций	Описание операций	Оборудование
1	Комплектование	1.1 Скомплектовать сборочные единицы, детали, прочие изделия, материалы.	Браслет антиэлектростатический, тара для оснований, тара для ЭРИ, тара для проволоки, тара для плат, тара для дисков
2	Пайка	2.1 Паять ЭРИ на плату согласно чертежу.	ЭРИ. платы, припой

Продолжение таблицы 4

3	Промывка	3.1 Промыть основания и крышки.	
4	Склеивание плат с основанием	4.1 Склеить платы с основанием.	Резинка с абразивной крошкой, груша обдувочная, емкость для спирта, кисть беличья
5	Склеивание плат с платами	5.1 Склеить плату с платой согласно чертежу.	
6	Сварка проволочных проводников на внешние выводы, основание	6.1 Разварить проволочные проводники с контактных площадок платы на внешние выводы основания микросборки, общий вывод на основание микросборки и на контактную площадку платы.	Микросборка после операции 5, проволока
7	Приклеивание ЭРИ	7.1 Приклеивание ЭРИ.	Микросборка после операции 6, ЭРИ, клей

Продолжение таблицы 4

8	Сварка, сваропайка проволочных элементов	8.1 Выполнить сварку и сваропайку проволочных проводников, выводов ЭРИ на контактные площадки платы и на контактные площадки ЭРИ.	Микросборка после операции 7, проволока
9	Приклеивание перемычек	9.1 Закрепить каплей клея перемычки (проволочные проводники) в местах, указанных в чертеже знаком «Х».	Микросборка после операции 8, клей
10	Контроль внешнего вида	10.1 Проконтролировать внешний вид открытой микросборки.  10.2 Контроль перекрестный, выполнять двум операторам.	Микросборка
11	Отрубка перемычек выводов	11.1 Отрубить перемычки выводов микросборки.  11.2 Уложить микросборки в эксикатор.	Напальчники резиновые, емкость для спирта, штамп Браслет антиэлектростатический Эксикатор Э-250 ГОСТ 25336-82

Продолжение таблицы 4

12	Контроль функционирования	<p>12.1 Осмотреть контактирующее устройство на отсутствие повреждений, посторонних частиц и загрязнений.</p> <p>12.2 Установить испытуемую микросборку в контактирующее устройство, при необходимости подправляя пинцетом выводы микросборки.</p> <p>12.3 Провести контроль функционирования микросборки.</p>	<p>Напальчники, емкость для спирта, устройство контактирующее на микросборки, пинцет</p> <p>Оснастка на микросборку</p> <p>Тара, эксикатор Э-250</p> <p>ГОСТ 25336-82</p>
13	Испытания термические (термотренировка)	<p>13.1 Уложить микросборку в многоразовую тару и поместить ее в шкаф при нормальной температуре.</p> <p>13.2 Повысить температуру в шкафу до значения, указанного в</p>	<p>Шкаф сушильный с температурой до 100°, микросборка после операции 12, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректифицированный технический сорт высший, спирт этиловый</p>

		<p>ТУ.</p> <p>13.3 Выдержать микросборку в шкафу в течение времени, указанного в ТУ. По истечении указанного времени температуру в камере понизить до нормальной.</p> <p>13.4 Выдержать микросборку при нормальной температуре не менее 1ч.</p>	<p>ректификованный марки «Люкс», силикагель индикаторный, силикагель КСКГ</p>
14	Испытания электротермические	<p>14.1 Осмотреть контактирующее устройство на отсутствие повреждений, посторонних частиц и загрязнений.</p> <p>14.2 Установить испытуемую микросборку в контактирующее устройство, при необходимости подправляя пинцетом выводы микросборки.</p> <p>14.3 Поместить микросборку в камеру</p>	<p>Шкаф сушильный с температурой до 100°, микросборка после операции 13, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректификованный технический сорт высший, спирт этиловый ректификованный марки «Люкс», силикагель индикаторный, силикагель КСКГ</p>

		<p>тепла при нормальных климатических условиях.</p> <p>14.4 Провести измерение электрических параметров, указанных в ТУ, после чего снять с микросборки электрический режим, а температуру в камере снизить до нормальной.</p>	
15	Контроль электрического сопротивления изоляции	<p>15.1 Подключить микросборку к устройству проверки НД-001 и сопротивления изоляции микросборок тераметру (мегаметру).</p> <p>15.2 Проконтролировать электрическое сопротивление изоляции согласно ТУ на микросборку.</p>	<p>Стол рабочий, микросборка после операции 14, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректифицированный технический сорт высший, спирт этиловый ректифицированный марки «Люкс», силикагель индикаторный, силикагель КСКГ.</p> <p>Устройство проверки НД-001 и сопротивления изоляции микросборок тераметр (мегаметр).</p>

Продолжение таблицы 4

16	Контроль внешнего вида	16.1 Провести контроль внешнего вида открытой микросборки согласно чертежу.	
17	Сварка крышки с основанием	17.1 Произвести сварку основания микросборки с крышкой.	Микросборка после операции 16, крышка.
18	Испытания на герметичность (без выдержки под давлением)	18.1 Произвести испытание на герметичность микросборки с приваренной крышкой.	
19	Пайка диска	19.1 Паять диск.	
20	Испытания на герметичность (без выдержки под давлением)	20.1 Произвести испытание на герметичность микросборки с припаянным диском.	
21	Контроль внешнего вида загерметизированной микросборки	21.1 Провести контроль внешнего вида герметизированной микросборки согласно чертежу.	

Продолжение таблицы 4

22	Формовка выводов основания	<p>22.1 Проверить заземление пресса.</p> <p>22.2 Взять микросборку за торцы, не имеющие выводов, и уложить в штамп.</p> <p>22.3 Формовать выводы микросборки.</p>	<p>Стол рабочий, пресс настольный Т9.890.024, микросборка после операции 21, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректификованный технический сорт высший, спирт этиловый ректификованный марки «Люкс», силикагель индикаторный, силикагель КСКГ, штамп.</p>
23	Испытания механические на воздействие вибрации	<p>23.1 Установить микросборку в приспособление. Микросборку в приспособлении жестко прикрепить к платформе установки (стенда).</p> <p>23.2 Провести испытание согласно ТУ на микросборку.</p>	<p>ОМИ 2591-218 приспособление для механических испытаний микросборок, напальчники резиновые, емкость для спирта.</p>

Продолжение таблицы 4

24	Испытания механические на воздействие многократных ударных нагрузок	<p>24.1 Установить приспособление с микросборкой на платформу стенда.</p> <p>24.2 Провести испытания согласно ТУ на микросборку.</p>	<p>ОМИ 2591-218, ОМИ 2591-218С</p> <p>приспособление для механических испытаний микросборок.</p>
25	Испытания климатические на воздействие пониженной температуры	<p>25.1 Поместить контактирующее устройство с микросборкой в камеру при нормальных климатических условиях.</p> <p>25.2 Выдержать микросборку при пониженной температуре 0,5ч, после чего без изъятия микросборки из камеры измерить электрические параметры, указанные в ТУ на микросборку.</p> <p>25.3 Извлечь контактирующее устройство с микросборкой из камеры и выдержать ее в</p>	<p>Камера холода и тепла 12КХТ-0.063-016, микросборка после операции 24, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректификованный технический сорт высший, спирт этиловый ректификованный марки «Люкс», силикагель индикаторный, силикагель КСКГ, Напальчники резиновые, емкость для спирта, устройство контактирующее на микросборки.</p>

		нормальных климатических условиях не менее 0,5ч.	
26	Испытания климатические на воздействие повышенной температуры	26.1 Поместить контактирующее устройство с микросборкой в камеру при нормальных климатических условиях. 26.2 Повысить температуру в камере до значения, указанного в ТУ на микросборку 26.3 Выдержать микросборку при повышенной температуре 0,5ч, после чего без изъятия микросборки из камеры измерить электрические параметры, указанные в ТУ на микросборку.	Камера холода и тепла 12КХТ-0.063-016, микросборка после операции 25.
27	Маркирование	27.1 Обезжирить хлопчатобумажным тампоном, смоченным спиртом и отжатым, напальчниками, затем поверхности	Установка местного обеспыливания УМО-1 с местной вытяжной вентиляцией, микросборка после операции 26, эмаль или

		<p>микросборок под маркировку. При обезжиривании и маркировании крышки микросборки брать за торцы, не имеющие выводов, при обезжиривании и маркировке торцов основания микросборки брать за дно и крышку, соблюдая осторожность, не допуская деформации крышки и выводов.</p> <p>27.2 Маркировать эмалью (краской) с помощью кисти или пером основание и крышку в соответствии с требованиями чертежа.</p> <p>27.3 Сушить замаркированную микросборку в шкафу в течение 40 мин при температуре 60 – 65°С или на воздухе в течение 6ч.</p>	<p>краска, ткань хлопчатобумажная белая, спирт этиловый ректификованный технический сорт высший, спирт этиловый ректификованный марки «Люкс».</p>
--	--	---	---

Продолжение таблицы 4

28	Лакирование	<p>28.1 Взять микросборку за торцы, не имеющие выводов, и с помощью кисти нанести приготовленный лак на маркировку крышки и на основание в один слой.</p> <p>28.2 Сушить в вытяжном шкафу при нормальной температуре 0,5 ч, затем в термошкафу при температуре <math>(60 \pm 5)^{\circ}\text{C}</math> – 1,5 ч.</p>	<p>Шкаф вытяжной 2Ш-НЖ, шкаф «Электродело» №3, микросборка после операции 27, лак УР-231, силикагель КСКГ, силикагель индикаторный.</p>
----	-------------	---	---

### 3.6 Расчет технологической трудоемкости изготовления микросборки

Расчёт технологической трудоёмкости изготовления микросборки выполнен согласно нормам времени АО «НПЦ «Полюс».

Результаты расчёта штучного на изготовление микросборки по времени представлены в таблице 5

Таблица 5 - Результаты расчёта времени на изготовление микросборки

Название операции	Оборудование	Кол-во приемов	Время на ед. работы, мин	T <sub>шт</sub> , мин
Изготовление плат	Клей, проволока, сварочный аппарат, тара «Спутник»	4	360	1440

Продолжение таблицы 5

Тестирование плат по электрическим параметрам	Приборы ИТЦ	4	60	240
Подготовка клея	-	-	-	30
Приклейка плат	Клей ВК-9	5	6	30
Сушка плат	-	5	24	120
Разварка внешних выводов	Сварочный аппарат	44	2,72	120
Подготовка ЭРИ	Пинцет	18	5	90
Приклейка ЭРИ	Клей ВК-9	18	6,67	120
Сушка ЭРИ	-	18	6,67	120
Разварка выводов ЭРИ	Сварочный аппарат	67	1,79	120
Приклейка выводов ЭРИ	Клей ВК-9	5	6	30
Контроль внешнего вида	Микроскоп	-	-	30
Проверка функционирования	Пульт проверки микросборок	-	-	120
Ремонт (если требуется)	Пинцет	-	-	60
Итого				2670

Штучное время изготовления микросборки получилось равным 2670 мин.

### 3.7 Элементная база для усилителя мощности УМ-015

Перечень элементов для усилителя мощности УМ-015 сведены в приложение А.

Сборочные единицы для микросборки УМ-015 сведены в приложение Б.

Перечень элементов на 173 плату приведен в приложении В.

Перечень элементов для 210 платы приведены в приложении Г.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Целесообразность разработки

В данном проекте разрабатывается конструкторская документация (КД) на усилитель мощности УМ-015 по заказу 361043.

Данная разработка является модификацией усилителя мощности УМ-017 по заказу 34012.

Эксплуатационно-технический уровень (ЭТУ) научно-технического продукта – это обобщающая характеристика его эксплуатационных свойств, возможностей, степени новизны, являющихся основой качества продукта.

Для обобщающей характеристики ЭТУ продукта можно использовать обобщающий индекс эксплуатационно-технического уровня  $J_{\text{ЭТУ}}$ , который рассчитывается как произведение частных индексов. Частный индекс определяется как отношение каждого показателя разрабатываемого научно-технического продукта к показателю продукта-аналога. Для учета отдельных параметров используется бально-индексный метод. При использовании этого метода комплексный показатель качества разрабатываемого продукта по группе показателей рассчитывается по формуле (6.1).

$$J_{\text{ЭТУ}} = \sum_{i=1}^n B_i \cdot X_i \quad (6.1)$$

где  $J_{\text{ЭТУ}}$  – комплексный показатель качества разрабатываемого продукта по группе показателей;

$n$  – число рассматриваемых показателей;

$B_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя в долях единицы, устанавливаемый экспертным путем;

$X_i$  – относительный показатель качества, устанавливаемый экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для целей оценки  $J_{\text{ЭТУ}}$  применена 10-балльная шкала оценивания.

Результаты экспертной оценки приведены в таблице 6

Таблица 6 – Результаты экспертной оценки качества продуктов

Показатели качества научно-технического продукта	Коэффициент весомости $B_i$	УМ-015		УМ-017	
		$X_i$	$B_i X_i$	$X_i$	$B_i X_i$
1. Габарит	0,1	7	0,7	8	0,8
2. Масса	0,2	6	1,2	7	1,4
3. Срок службы	0,3	8	2,4	6	1,8
4. Надежность	0,4	9	3,6	7	2,8
		$J_{эту} = 7,9$		$J_{эту} = 6,8$	

Из таблицы видим, что УМ-015 имеет более высокий показатель эксплуатационно-технического уровня по сравнению с УМ-013.

Основанием для разработки является договор ФГУП АО «НПЦ «Полюс» на разработку.

Стоимость любого электронного изделия зависит от стоимости покупных элементов, стоимости материалов и затрат на изготовление деталей и проведение сборочных и регулировочных работ. Практически все радиоэлементы, использованные в устройстве, дорогие.

При изготовлении несущей конструкции устройства должны использоваться прогрессивные технологические типовые процессы, такие как литье, штамповка или фрезеровка.

#### 4.2 Организация и планирование работы

Планирование работ заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленных задач, определении исполнителей каждой работы, установление продолжительности работ в рабочих днях, построение линейного графика.

Для определения трудоемкости выполнения работ прежде составляется перечень всех основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

Большое значение в процессе анализа имеет выявление возможностей параллельного выполнения отдельных видов работ, так как это позволяет существенно сократить общую длительность проведения. По каждому виду работ определяется также квалификационный уровень исполнителей (должности).

Распределение работ по этапам, видам и должностям приведено в таблице 7. Здесь и далее использованы следующие обозначения:

Р – руководитель;

И – инженер.

Для определения ожидаемой продолжительности работы применяется вариант, основанный на использовании двух оценок  $t_{\text{макс}}$  и  $t_{\text{мин}}$ :

$$t_{\text{ож}} = (3 \cdot t_{\text{мин}} + 2 \cdot t_{\text{макс}}) / 5, \quad (6.2)$$

где:  $t_{\text{ож}}$  – наиболее вероятное время, за которое может быть выполнена работа;

$t_{\text{мин}}$  – минимальное время, необходимое для выполнения работы;

$t_{\text{макс}}$  – максимальное время, которое может быть затрачено на выполнение работы.

Таблица 7 – Распределение работ по этапам

Наименование работ	Исполнители (должность)	Количество о человек	Продолжительность работ		
			$t_{\text{мин}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{ож}}$
Ознакомление с заданием	Р, И	2	1	3	2
Разработка ТЗ	И	1	10	12	11
Согласование и утверждение ТЗ	Р, И	2	3	5	4
Сбор информации, изучение литературы	И	1	12	15	14

Продолжение таблицы 7

Выявление возможных вариантов конструкции	И	1	7	12	10
Уточнение исходных данных	Р, И	2	3	5	4
Конструкторская часть	Р,И	2	26	30	27
Технологическая часть	Р, И	2	7	11	9
Экономическая часть	И	1	7	11	9
Разработка вопросов безопасности жизнедеятельности	И	1	7	11	9
Оформление документации	Р, И	2	7	12	10

Планирование работ произведем с помощью ленточного графика. Ленточный график - это графическая модель с указанием перечня работ и организационно-экономических характеристик всех работ, сроков и последовательности их выполнения, отражаемых совокупностью упорядоченных во времени горизонтальных линий. Достоинствами ленточного графика являются относительная простота, наглядность и возможность отражения содержания работ.

#### 4.3 Расчёт затрат на проектирование

##### 4.3.1 Калькуляция себестоимости опытного образца

Так как АО НПЦ «Полюс» является режимным предприятием, то в качестве опытного образца служит готовый комплект конструкторской документации (КД) УМ-015.

Себестоимость комплекта документов будет складываться из следующих составляющих:

- затраты на сырье, комплектующие и материалы;
- основная заработная плата производственных рабочих;
- заработная плата с учетом районного коэффициента и коэффициента учитывающего вредные условия труда производственных рабочих;
- отчисления по единому социальному налогу;
- расходы на эксплуатацию и содержание оборудования;
- затраты на аренду;
- затраты на электроэнергию;
- накладные расходы;
- прочие расходы.
- 

#### 4.3.1.1 Расчет затрат на сырье, материалы и комплектующие

Расчет затрат на сырье, материалы и комплектующие сведены в таблицу 8

Таблица 8 – Затраты на комплектующие и материалы

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.	Итого, руб.
1 Запоминающее устройство, 2 Gb	150	1	150
2 Тетрадь (48 л.)	20	1	20
3 Бумага А4 (500)	159	1уп.	159
4 Бумага А3 (200)	817,87	1уп.	817,87
$C_m$ , руб.	-	-	1146,87

Затраты на сырье, материалы и комплектующие составляет 1146,87 руб.

#### 4.3.1.2 Расчет основной заработной платы

$$C_{\text{озп}} = C_{\text{зи}} \cdot T_i, \quad (6.3)$$

где  $C_{\text{зи}}$  – дневная заработная плата  $i$ -го работника, в данном случае инженера, руб.;

$T_i$  – время, затраченное работником  $i$ -той квалификации, инженером, дней.

Дневную заработную плату работника найдём по формуле:

$$C_{\text{зи}} = C_{\text{ми}}/K, \quad (6.4)$$

где  $C_{\text{ми}}$  – месячный оклад  $i$ -го работника, руб.;

$K$  – количество рабочих дней в месяце,  $K = 22$  дня.

$$C_{\text{зи}} = 16648,32/22 = 756,74 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{озп}} = 756,74 \cdot 70 = 52971,8 \text{ руб.}$$

Таблица 9 – Основная заработная плата исполнителя

Исполнители (категория)	Месячный оклад, руб.	Дневная ставка, руб.	Трудоемкость, дней	Основная заработная плата, руб.
Инженер (3 категория)	16648,32	756,74	70	52971,8
Итого:				52971,8

#### 4.3.1.3 Расчет заработной платы с учетом районного коэффициента и

коэффициента учитывающего вредные условия труда

$$C_{\text{дзп}} = C_{\text{озп}} \cdot (K_p + K_d), \quad (6.5)$$

где:  $K_p$  – районный коэффициент,  $K_p = 0,3$ ;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий вредные условия труда,  $K_d = 0,1$ .

$$C_{\text{дзп}} = 52971,8 \cdot (0,3+0,1) = 21188,72 \text{ руб.}$$

Отчисления по единому социальному налогу вычисляются по формуле:

$$C_{\text{есн}} = C_{\text{озп}} \cdot K_{\text{есн}}, \quad (6.6)$$

где  $K_{\text{есн}}$  – коэффициент, учитывающий отчисления по единому социальному налогу

Примем  $K_{\text{есн}} = 35,6 \%$ , тогда по формуле:

$$C_{\text{есн}} = C_{\text{озп}} \cdot K_{\text{есн}} = 52971,8 \cdot 0,356 = 18857,96 \text{ руб.}$$

Таблица 10 – Заработная плата

Основная заработная плата, руб.	Заработная плата с учетом $K_p$ и $K_d$ , руб.	Отчисления по единому социальному налогу, руб.	Итого, з/п, руб.
52971,8	21188,72	18857,96	93018,48

#### 4.3.1.4 Расходы на амортизацию оборудования

По формуле затраты на амортизацию:

$$C_{\text{МАШ}} = \frac{C_{\text{БАЛ}} \cdot T_{\text{РАБ}}}{\text{СПИ} \cdot \Phi_{\Gamma}}, \quad (6.7)$$

где  $C_{\text{БАЛ}}$  – балансовая стоимость вычислительной техники (35000 руб.);

$T_{\text{РАБ}}$  – время работы ( $T_{\text{РАБ}} = 70$  дней);

$\text{СПИ}$  – коэффициент амортизации техники ( $\text{СПИ} = 3$  года);

$\Phi_{\Gamma}$  – действительный годовой фонд рабочего времени работника ( $\Phi_{\Gamma} = 230$  дней):

$$C_{\text{МАШ}} = \frac{35000 \cdot 70}{3 \cdot 230} = 35507,2 \text{ руб.}$$

#### 4.3.1.5 Затраты на аренду помещения

Затраты на аренду помещения за один день определяются по формуле:

$$C_{\text{арг}} = S \cdot K_p \quad (6.8)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $S = 12 \text{ м}^2$ ;

$K_p$  – ежедневная арендная плата за один квадратный метр и коммунальные услуги,  $K_p = 46 \text{ руб.}$ ;

Затраты на аренду помещения во время создания комплекта КД на микросборку определяются по формуле:

$$C_{ар} = C_{арг} \cdot T_{п}, \quad (6.10)$$

где  $T_{п}$  – время разработки КД,  $T_{п} = 70$  дней.

В результате получаем:

$$C_{арг} = 12 \cdot 46 = 552 \text{ руб.}$$

$$C_{ар} = 552 \cdot 70 = 38640 \text{ руб.}$$

#### 4.3.1.6 Расчёт затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_{эл} = W_y \cdot t_g \cdot S_{эл}, \quad (6.11)$$

где  $W_y$  – установленная мощность (0,5 кВт);

$t_g$  – время работы оборудования (560 часов);

$S_{эл}$  – тариф на электроэнергию (1,53 руб. за кВт•ч).

$$C_{эл} = 0,5 \cdot 560 \cdot 1,53 = 428,4 \text{ руб.}$$

#### 4.3.1.7 Накладные расходы

Накладные расходы рассчитываются по формуле:

$$C_{нак} = (C_m + C_{озп} + C_{дпз} + C_{есн} + C_{маш} + C_{ар} + C_{эл}) \cdot K_n, \quad (6.12)$$

где  $K_n$  - коэффициент, учитывающий накладный расходы,  $K_n = 0,2$ .

$$\begin{aligned} C_{нак} &= (1146,87 + 52971,8 + 21188,72 + 18857,96 + 3550,72 + 38640 + 428,4) \cdot 0,2 = \\ &= 27356,89 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 4.3.1.8 Прочие расходы

Прочие расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{пр} = (C_m + C_{озп} + C_{дпз} + C_{есн} + C_{маш} + C_{ар} + C_{эл}) \cdot K_{пр}, \quad (6.13)$$

где  $K_{пр}$  – коэффициент, учитывающий прочие непредвиденные расходы,  
 $K_{пр} = 0,05$ .

$$C_{пр} = (1146,87 + 52971,8 + 21188,72 + 18857,96 + 3550,72 + 38640 + 428,4) \cdot 0,05 = 6839,22 \text{ руб.}$$

#### 4.3.1.9 Калькуляция себестоимости комплекта документов

Калькуляция себестоимости комплекта документов рассчитывается по следующей формуле:

$$C = C_M + C_{озп} + C_{дпз} + C_{сн} + C_{маш} + C_{нак} + C_{пр} + C_{ар} + C_{эл} + C_{нак} + C_{пр}, \quad (6.14)$$

$$C = 1146,87 + 52971,8 + 21188,72 + 18857,96 + 3550,72 + 38640 + 428,4 + 27356,89 + 6839,22 = 170980,58 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости комплекта конструкторской документации представлена в таблице 11:

Таблица 11 – Калькуляция себестоимости комплекта конструкторской документации

	Статьи затрат	Сумма, руб.
1	Затраты на материалы, сырье, комплектующие	1146,87
2	Основная заработная плата исполнителей	52971,8
3	Заработная плата исполнителей с учетом $K_p$ и $K_d$	21188,72
4	Отчисления по единому социальному налогу	18857,96
5	Расходы на амортизацию оборудования	3550,72
6	Затраты на электроэнергию	428,4
7	Затраты на аренду	38640
8	Накладные расходы	27356,89
9	Прочие расходы	6839,22
Итого, руб.		170980,58
Прибыль 30%		51294,17
З <sub>2</sub> , Всего, руб.		222274,75

### 4.3.2 Расчет годовых текущих издержек

В состав затрат на проектирование включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет годовых эксплуатационных издержек производится по формуле:

$$C_{\text{экс}} = C_{\text{з.п.}} + C_a + C_{\text{эл}} + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{т.р.}} \quad (6.15)$$

Таблица 12– Расчет годовых текущих издержек

Наименование составляющих издержек	Формула для расчета	Сумма затрат по вариантам, руб/год	
		УМ-015	УМ-017
Заработная плата обслуживающего персонала с начислениями	$C_{\text{з.п.}} = \sum_i^n \text{Ч}_{\text{обс}} \cdot t_i \cdot S_n \cdot \left( \left( \frac{1+H_d}{100} \right) \cdot \left( \frac{1+H_{\text{с.с.}}}{100} \right) \right)$	2070,78	2070,78
Амортизационные отчисления	$C_a = \sum_j^n \frac{\text{Ц}_{\text{бал}} \cdot H_A \cdot g \cdot t}{\Phi_{\text{эф}}}$	264000	280500
Затраты на потребляемую электроэнергию	$C_{\text{эл}} = W_y \cdot T_g \cdot S_{\text{эл}}$	49,92	53,04
Затраты на вспомогательные материалы	$C_{\text{в.м.}} = m_{\text{в.м.}} \cdot \text{Ц}_{\text{в.м.}}$	–	–
Затраты на текущие ремонты	$C_T = \frac{\text{Ц}_{\text{бал}} \cdot H_{\text{тр}}}{100}$	–	–
ИТОГО:		266120,7	282623,82

где  $\text{Ч}_{\text{обс}}$  – численность обслуживающего персонала,

$t_i$  – время, затраченное работником  $i$ -той квалификации, час,

$S_n$  – среднедневная зарплата работника  $i$ -той категории,

$n$  – количество категорий работников,

$H_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, в долях у основной зарплате.  $H_d = 0,3$ ,

$H_{с.с.}$  – коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды.  $H_{с.с.} = 0,3$ ,

$C_{бал}$  – балансовая стоимость  $j$ -го вида оборудования, руб.,

$H_A$  – норма годовых амортизационных отчислений, %,

$g_j$  – количество единиц  $j$ -го вида оборудования,

$t_{рj}$  – время работы  $j$ -го вида оборудования,

$\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час,

$W_y$  – установленная мощность, кВт,

$T_g$  – время работы оборудования, час,

$S_{эл}$  – тариф на электроэнергию,  $S_{эл} = 2,6$  руб,

$m_{в.м.}$  – количество вспомогательных материалов,

$C_{в.м.}$  – цена на вспомогательные материалы,

$H_{т.р.}$  – норма отчислений на текущий ремонт.

С учетом того, что разработать конструкцию УМ-015 может инженер 3-ей категории, то рассчитаем годовые текущие издержки.

Издержки на заработную плату, при составлении КД на УМ-017 и УМ-015:

$$C_{з.п.} = 1 \cdot 736 \cdot 1664832 \cdot \left( \left( \frac{1+0.3}{100} \right) \cdot \left( \frac{1+0.3}{100} \right) \right) = 207078 \text{ руб./год}$$

На амортизацию (УМ-017):

$$C_a = \frac{35000 \cdot 11 \cdot 408}{560} = 280500 \text{ руб}$$

На амортизацию (УМ-015):

$$C_a = \frac{35000 \cdot 11 \cdot 384}{560} = 264000 \text{ руб}$$

На электроэнергию (УМ-017):

$$C_{эл} = 0.05 \cdot 408 \cdot 2.6 = 53.04 \text{ руб}$$

На электроэнергию (УМ-015):

$$C_{эл} = 0.05 \cdot 384 \cdot 2.6 = 49.92 \text{ руб}$$

Вспомогательные материалы не применялись. Текущего ремонта не было. Значит, рассчитаем годовые эксплуатационные издержки по формуле (6.15).

Для УМ-017:

$$C_{экд} = 207078 + 280500 - 53.04 = 28262382 \text{ руб}$$

Для УМ-015:

$$C_{экд} = 207078 + 264000 - 49.92 = 2661207 \text{ руб}$$

#### 4.4 Оценка эффективности разработки УМ-015

Для определения годового экономического эффекта от производства и использования новых научно-технических продуктов с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками используется формула:

$$\mathcal{E}_{год} = [Z_1 \cdot \frac{J_{эту2}}{J_{эту1}} \cdot \frac{T_{сл2}}{T_{сл1}} + \frac{(C_{экд1} - C_{экд2}) - E_n \cdot (K_2' - K_1')}{P_2 + E_n} - Z_2] \cdot A_2, \quad (6.16)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  – стоимость (себестоимость) УМ-013 и УМ-015 соответственно.

$Z_1 = 291547,27$  руб.,  $Z_2 = 222274,75$  руб.,

$\frac{J_{эту2}}{J_{эту1}}$  – коэффициент учета изменения технико-эксплуатационных

параметров УМ-015 по сравнению с УМ-013.  $\frac{J_{эту2}}{J_{эту1}} = 1,16$

$\frac{T_{сл2}}{T_{сл1}}$  – коэффициент учета срока службы УМ-015 по сравнению с УМ-

013.  $\frac{T_{сл2}}{T_{сл1}} = 1,04$ ,

$C_{экд1}$ ,  $C_{экд2}$  – годовые эксплуатационные издержки потребителя при использовании УМ-013 и УМ-015 соответственно,

$P_2$  – доля отчисления от стоимости на полное восстановление УМ-015,  
 $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.  $E_n = 0,33$ ,

$K_1'$ ,  $K_2'$  – сопутствующие капитальные вложения потребителя при использовании УМ-13 и УМ-015 ( $K_1' = K_2' = 0$ ),

$A_2$  – годовой объем выпуска разрабатываемого продукта, в натуральных единицах.  $A_2 = 8$  шт.

Годовой экономический эффект найдем по формуле (6.16):

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{год} = & [29154727 \cdot 1.16 \cdot 1.04 + \frac{(28262382 - 2661207)}{1222511 + 0.33} - \\ & - 22227475] \cdot 8 = 103559432 \text{ руб} \end{aligned}$$

Все данные по УМ-015 внесены в таблицу 13

Таблица 13 – Сводные технико-экономические показатели УМ-015

Показатель	Сумма, руб.
Затраты на составление КД на УМ-015	170980,58
Прибыль	51294,17
Себестоимость комплекта КД на УМ-015	222274,75
Издержки на заработную плату обслуживающего персонала с начислениями	2070,78
Издержки на амортизационные отчисления	264000
Издержки на затраты по потребляемой электроэнергии	49,92
Годовой экономический эффект	1035594,32

УМ-015 по заказу 361043 не нуждается в маркетинговом сопровождении, так как разработан по специальному заказу Министерства обороны и может быть использован только в составе радиоэлектронной аппаратуры конкретного космического аппарата. Кроме того, данная разработка является секретной.

## 5 Социальная ответственность

Организация и улучшение условий труда на рабочем месте является одним из важнейших резервов производительности труда и экономической эффективности производства.

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов. Под условиями труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе труда. Отсюда обеспечение безопасных условий труда – одна из основополагающих целей, к которой должно стремиться руководство предприятия.

Анализ опасных и вредных производственных факторов при проектировании, производстве и эксплуатации УМ-015.

При проектировании, производстве и эксплуатации УМ-015 все работы можно разделить на четыре вида:

- расчетно-проектировочные;
- монтажно-сборочные;
- наладочные;
- эксплуатационные.

Соответственно имеются четыре типа рабочих мест:

- рабочее место проектировщика;
- рабочее место радиомонтажника;
- рабочее место настройщика;
- рабочее место оператора.

Каждый вид работ имеет свою специфику, и на каждом рабочем месте существуют свои опасные и вредные производственные факторы, которые согласно ГОСТ 12.0.003-76 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [15] классифицируются:

- физические;

- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Рассмотрим эти факторы относительно рабочего места проектировщика и изготовителя плат.

Основным орудием труда проектировщика являются чертежные и письменные принадлежности. Вредный фактор здесь физический:

- недостаточная освещенность;
- шум от вентиляторов приборов и компьютеров;
- несоблюдение требований эргономики.

## 5.1 Требования безопасности к рабочему месту изготовителя плат (монтажно-сборочный цех)

### 5.1.1 Микроклимат для чистых помещений

Требования к помещениям (параметры микроклимата) по чистоте, точности поддержания температуры и относительной влажности приведены в таблице №14.

Таблица 14 – Требования к помещениям по чистоте

Наименование операций	Требования к помещениям (параметры микроклимата)			
	Количество частиц размером $\leq 0,5$ мкм в $1 \text{ дм}^3$ воздуха, не более		Точность поддержания температуры, °С	Относительная влажность, %
	в общем объеме	в рабочей зоне		
Изготовление оригиналов	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75
Отсъём оригиналов	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75

Продолжение таблицы 14

Мультипликация и химическая обработка шаблонов	3500	350	$\pm 1,0$	50-75
Контактная печать	3500	350	$\pm 1,0$	50-75
Подготовка материалов подложек	3500	350	$\pm 2,0$	50-75
Изготовление масок	3500	350	$\pm 3,0$	50-75
Вакуумное напыление	3500	1000	$\pm 2,0$	50-75
Фотолитография	3500	350	$\pm 2,0$	50-75
Наращивание электрохимическое и химическое	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75
Контроль и подгонка номиналов тонкопленочных резисторов	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75
Контроль внешнего вида пассивных элементов	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75
Толстоплёночная технология	3500	350	$\pm 2,0$	50-75
Подготовка материалов, паст, подложек	3500	350	$\pm 2,0$	50-75
Изготовление трафаретов	3500	3500	$\pm 2,0$	50-75

Продолжение таблицы 14

Нанесение, сушка и вжигание паст	3500	3500	±2,0	50-75
Контроль внешнего вида пассивных элементов	3500	3500	±2,0	50-75
Резка подложек	3500	3500	±2,0	50-75
Сборка, монтаж и герметизация микросборок	3500	3500	±2,0	50-75
Отбраковочные приёмо-сдаточные испытания: негерметизированных микросборок; герметизированных микросборок.	3500 Не требуется	3500 Не требуется	±2,0 По ГОСТ 12.1.005-88	50-75 По ГОСТ 12.1.005-88
Входной контроль (ЭРИ)	3500	3500	±2,0	50-75
Участок нанесения пасты на предохранители	3500	3500	±3,0	50-75 По ГОСТ 12.1.005-88
Участок изготовления предохранителей	3500	3500	±3,0	50-75
Участок наладки (резки плат, керамических трубок)	Не контролируется		По ГОСТ 12.1.005-88	По ГОСТ 12.1.005-88

Примечание:

- 1) Количество пылинок в ГОСТ ИСО 14644-1-2002 [12] указаны в шт./м<sup>3</sup>, а в таблице пересчитаны в шт./дм<sup>3</sup> с округлением.
- 2) Оптимальное значение температуры воздуха следует принимать в пределах от 20 до 25°C, в зимнее время от 18 °С в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 [13] для категории работ «Лёгкая-1б».
- 3) Точность поддержания температуры и относительной влажности обеспечивается системами кондиционирования воздуха.

### 5.1.2 Требования к освещению

Производственные помещения должны освещаются люминесцентными лампами. Лампы накаливания следует применять в случае необходимости односторонней направленности светового потока на освещенный предмет. В производственных помещениях следует применять систему комбинированного освещения (общее плюс местное). Осветители должны иметь светорассеивающие стёкла. Контроль освещенности на рабочих местах проводить при помощи люксметров типа Ю-116 по ГОСТ 8.014-72 [14]. Нормы освещенности выбираются в соответствии со СНиП 23-05-95 [7].

### 5.1.3 Требования к оборудованию

Технологическое оборудование, предназначенное для установки в чистых помещениях, должно отвечать следующим требованиям:

1. обладать стойкостью к коррозии;
2. быть изготовлено из безворсовых материалов с низким поверхностным электрическим сопротивлением с целью уменьшения электростатического примыкания частиц;
3. иметь при необходимости дополнительные вытяжные устройства;
4. иметь в случае повышенного тепловыделения теплоизоляцию или систему охлаждения;

5. должно быть окрашено масляными красками или нитроэмалями, не вызывающими ухудшения установленных параметров технологического микроклимата;

Средства технологического оснащения перед монтажом и в процессе эксплуатации должно подвергаться очистке по ТИ 0217149.25001.00126 [2], ТИ 0217149.25001.00127 [3]. Оборудование высокой точности должно быть установлено на виброгасящих опорах. Производственная мебель (рабочие столы, стулья, шкафы) должна быть изготовлена из материалов, не выделяющих при эксплуатации пыли и ворса (алюминий, сталь с хромовым покрытием, пластмасса, искусственная кожа). Поверхность мебели должна быть гладкой, чистой, без трещин, щелей, углублений. Стулья и табуреты должны быть обтянуты материалом, не выделяющим при эксплуатации пыли и ворса.

## 5.2 Требования безопасности к рабочему месту конструктора

### 5.2.1 Микроклимат лаборатории

Разработка конструкции УМ-015, разработка и оформление конструкторской документации и пояснительной записки к ВКР производилась в лаборатории АО НПЦ «ПОЛЮС».

Согласно требованиям промышленной санитарии, объем и площадь производственного помещения, которые должны приходиться на каждого работающего, должны быть не менее  $15 \text{ м}^3$  и  $4.5 \text{ м}^2$  соответственно. Высота производственных помещений должна быть не менее 3.2 м (Нормы СП60.13330.2012 [6]). Лаборатория имеет следующие размеры: высота - 4.2 м, длина - 14 м, ширина - 7м. Число работающих в лаборатории 9 человек. Таким образом, помещение лаборатории площадью  $98 \text{ м}^2$  и объемом  $412 \text{ м}^3$  удовлетворяет нормам.

Для создания нормальных условий для работы в лаборатории установлены нормы производственного микроклимата в соответствии ГОСТ 12.1.005-88 [4]. Эти нормы устанавливают оптимальные и допустимые

значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для помещений ВЦ. В технических условиях по эксплуатации ПЭВМ указаны допустимые рабочие диапазоны параметров микроклимата:

- а) температура воздуха от 5–10 до 35–40°С;
- б) относительная влажность 40–90 %.

Однако требования точного регулирования параметров воздушной зоны помещения лаборатории приводят к тому, что только узкая часть температурного диапазона (18 - 25 градусов) может быть использована. Поэтому действующие санитарные нормы для лаборатории СанПиН 2.2.4.548-96 [5] устанавливают конкретные оптимальные значения температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха:

- 1) при температуре наружного воздуха ниже + 10°С:
  - температура 20 - 22°С;
  - относительная влажность 40 -60 %;
  - скорость движения не более 0.2 м/с.
- 2) при температуре наружного воздуха выше + 10°С:
  - температура 20 - 25°С;
  - относительная влажность 40 -60 %;
  - скорость движения не более 0.5 м/с.

Характеристика помещения лаборатории АО «НПЦ «ПОЛЮС» :

- температура колеблется в пределах 19 - 21С;
- относительная влажность 50 %;
- скорость движения не более 0.2 м/с;

уровень температурного излучения согласно ГОСТ 12.1.005-88 [4] составляет 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности.

### 5.2.2 Освещение

К современному производственному освещению производственных и учебных лабораторий предъявляются высокие требования как гигиенического, так и технико-экономического характера. Правильно

спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое воздействие на работников, содействует повышению производительности труда. О важности вопросов производственного освещения говорит и тот факт, что работа проектировщика полностью связана со зрительной работой и зависит от условий освещенности. Согласно действующим санитарным нормам и правилам СНиП 23-05-95 [7] для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест. Данная лаборатория относится к первой группе помещений по задачам зрительной работы. Рекомендуемая освещенность при работе с конструкторской документацией - 400 Лк.

Рассчитаем реальную освещенность на рабочем месте.

Целью данного расчета является проверка соответствия освещенности в лаборатории норме освещенности согласно СНиП 23-05-95 [7].

Проведем проверочный расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока.

Помещение лаборатории освещается лампами ЛД-80, световой поток которых  $F = 5200$  лм.

Освещенность определяется по формуле:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot n \cdot v}{k \cdot S \cdot z}, \quad (7.1)$$

где  $F$  – световой поток каждой из ламп, лм;

$N$  – число источников света;

$n$  – коэффициент использования светового потока;

$v$  – коэффициент затенения;

$k$  – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света;

$S$  – площадь помещения,  $m^2$ ;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения.

Определим данные для расчета.

Коэффициент  $k$  для помещений освещаемых лампами и при условии чистки светильников не реже двух раз в год берется равным  $1,4 - 1,5$ .

При оптимальном расположении светильников коэффициент неравномерности  $z = 1,1 - 1,2$ .

Коэффициент затенения  $v$  вводится в расчет для помещений с фиксированным положением работающих, а также при наличии крупногабаритных предметов и принимается равным  $0,8 - 0,9$ .

Коэффициент использования светового потока  $n$  зависит от типа светильника, коэффициента отражения светового потока от стен  $P_c$ , потолка  $P_{п}$ , пола  $P_{пола}$ , а также геометрических размеров помещения и высоты подвеса светильников, что учитывается одной комплексной характеристикой – индексом помещения:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

где  $h$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

$A$  – ширина помещения, м;

$B$  – длина помещения, м.

Уровень рабочей поверхности над полом составляет  $0,8$  м. Тогда высота подвеса светильников:

$$h = H - 0,8 = 4,2 - 0,8 = 3,4 \text{ м} \quad (7.3)$$

Параметры помещения:  $A = 7$  м;  $B = 14$  м;  $S = 98 \text{ м}^2$ . Тогда индекс помещения по формуле (7.2):

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{98}{3,4 \cdot (7 + 14)} = 1,37$$

По полученному индексу помещения определим коэффициент использования светового потока  $n$  с учетом  $P_{п} = 50\%$ ,  $P_c = 30\%$ ,  $P_{пола} = 10\%$ :

$$n = 0,66.$$

Тогда освещенность по формуле (7.1) равна:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot n \cdot v}{k \cdot S \cdot z} = \frac{520011 \cdot 0,66 \cdot 0,9}{1,4 \cdot 98 \cdot 1,1} = 225 \text{ лк}$$

Расчет показывает, что освещенность в данном помещении недостаточна, необходимо дополнительное освещение, согласно установленной норме освещенности 400 Лк для персонала, работающего с конструкторской документацией.

Произведём расчет необходимого количества источников света. По формуле (7.1) найдём:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{F \cdot n \cdot v} \quad (7.4)$$

По формуле (7.4) вычислим необходимое количество источников света:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{F \cdot n \cdot v} = \frac{400 \cdot 1,4 \cdot 98 \cdot 1,1}{5200 \cdot 0,66 \cdot 0,9} = 20$$

Таким образом, в помещении должно быть 20 источников света. В данном помещении имеется 25 источников света.

### 5.2.3 Шум

С физиологической точки зрения шум рассматривается как звук, мешающий разговорной речи и негативно влияющий на здоровье человека. Шум является распространенным вредным фактором в производстве. Люди, работающие в условиях повышенного шума, жалуются на быструю утомляемость, головную боль, бессонницу. У человека ослабляется внимание, страдает память. Основными физическими величинами, характеризующими шум являются интенсивность, звуковое давление и частота. Согласно ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [8] нормируемой шумовой характеристикой рабочих мест при постоянном шуме являются уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах. Согласно этому ГОСТу, допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, на рабочем месте монтажников,

настройщиков и проектировщиков следует принимать по данным приведенным в таблице 15:

Таблица 15 - Среднегеометрические частоты, Гц

Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Шум, дБ	71	61	54	49	45	42	40	38

Написание пояснительной записки производилось в лаборатории. Согласно ГОСТ 12.1.003-83 [8] шум, создаваемый вентиляторами приборов постоянный. Уровень шумов в лаборатории соответствует требованиям ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ» [8].

#### 5.2.4 Электробезопасность

Проходя через организм электрический ток, оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое действие выражается в ожогах отдельных частей тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов и др. тканей, т.е. выражается как следствие преобразования электрической энергии в тепловую.

Электрическое действие проявляется в разложении крови, других органических и неорганических жидкостей в составе организма, что вызывает значительные нарушения их физико-химических свойств.

Биологическое действие является особым специфическим процессом, свойственным лишь живым организмам. Оно выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц, а также нарушением внутренних биологических процессов. В результате может возникнуть нарушение или полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Исход действия тока зависит от ряда факторов, в том числе от величин, длительности протекания тока, рода и частоты тока, состояния окружающей среды.

Наиболее важное значение необходимо уделить таким опасным факторам, при наличии которых возникает угроза человеческой жизни. К таким факторам относится опасность поражения электрическим током.

Электробезопасность можно достичь:

- конструкцией прибора;
- организационными и техническими мероприятиями;
- техническими способами и средствами защиты.

К организационно - техническим мероприятиям относится проверка обслуживающего персонала на знание правил и инструкций по технике безопасности в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности.

Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- компенсация токов замыкания на землю;
- ограждение;
- предупредительная сигнализация;
- блокировка;
- знаки безопасности;
- средства защиты и предохранительные приспособления.

В лаборатории используется защитное заземление, электрическое разделение сетей, защитное отключение. Сопротивление заземления не более 4 Ом.

По способу защиты человека от поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.2.007-75 ССБТ «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» [9] установлены пять классов электротехнических изделий: 0, 01, 1, 11, 111. Используемые установки относятся к классу 1, так как имеют рабочую изоляцию и элемент для заземления. Питающий провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

Предельно допустимые напряжения прикосновения приведены в таблице 16 согласно ГОСТ 12.1.038-82 [16].

Таблица 16 - Нормы допустимых напряжений прикосновения  $U_{пр}$  и токов  $I_h$ , проходящих через тело человека

Род тока	Нормируемая величина	Продолжительность воздействия тока, с						
		0,05	0,1	0,5	0,7	0,9	1,0	>1,0
Переменный, 50 Гц	$U_{пр}$ , В	550	340	105	85	70	60	20
	$I$ , мА	650	400	125	90	65	50	6

### 5.2.5 Пожаробезопасность

Пожары в лабораториях представляют собой особую опасность, так как сопряжены с большими материальными потерями. Поэтому для предотвращения пожаров необходимо выполнять следующие меры предосторожности :

- все сотрудники должны знать местонахождения средств пожаротушения и уметь пользоваться ими;
- не допускать перегрева электропроводов, плохих контактов в местах соединения;
- запрещается использование открытого огня для обогрева помещения;

- не допускается загромождать проходы к средствам пожаротушения и пожарной сигнализации;

- запрещается хранение вблизи источников тепла легковоспламеняющихся материалов и жидкостей;

- при возникновении пожара необходимо немедленно вызвать пожарную охрану и начать эвакуацию людей и оборудования;

до прибытия пожарной охраны необходимо обеспечить тушение пожара при помощи первичных средств пожаротушения.

### 5.3 Эргономика и техническая эстетика

Для создания благоприятных условий труда в лаборатории необходимо учитывать психофизические особенности человека, а также общую гигиеническую обстановку. Большое значение в создании оптимальных условий труда имеют складывающиеся в трудовом коллективе взаимоотношения между работниками, которые принято называть социальным климатом. Человек, находящийся в состоянии нервного возбуждения допускает много ошибок при работе с конструкторской документацией.

С эстетической точки зрения помещение и оборудование должны быть окрашены в спокойные тона (синие, голубые, зеленые) успокаивающие и уменьшающие зрительное утомление. Окраска стен и дверей помещения должна иметь мягкие переходы без резких яркостных контрастов. В лаборатории стены покрашены светло-зеленой краской, потолок покрыт белой побелкой, двери окрашены в белый цвет. Это дает хорошее отражение и рассеяние света.

Важную роль играет планирование рабочего места, которое должно удовлетворять требованиям удобства выполнения работ и экономии энергии, времени конструктора, удобства обслуживания устройств ПЭВМ и соблюдения правил охраны труда. Рабочее место должно обеспечивать

удобство выполнения работ в помещении сидя, стоя и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [10] и ГОСТ 12.2.033-78 [11]. Необходимо учесть эргономических свойств человека, подбор вспомогательных предметов оборудования (столы, стулья и тому подобное), удобных для использования на рабочем месте. Для этого требуется рациональная расстановка оборудования, оптимальная организация рабочего места (правильный выбор основного технологического оборудования, удобство выполнения работ):

- а) высота рабочей поверхности - 870 мм;
- б) высота сиденья - 420 мм;
- в) размер пространства для ног - 600 x 500 x 650 мм.

#### 5.4 Экологическая безопасность

Под экологической безопасностью понимают комплекс организационно-технических мер, направленных на обеспечение соответствия природоохранной деятельности предприятия нормативным требованиям.

В целях борьбы с загрязнением воздуха следует стремиться ликвидировать источники газопылевыделения, оснастить их соответствующим оборудованием. Одной из мер применяемой на предприятии является пылевая камера, благодаря расширению пространства, к которому присоединяется воздуховод, уменьшается скорость запыленного воздушного потока, увеличивается время пребывания его в камере и происходит выпадение пылевых частиц под действием силы тяжести. Степень очистки газового потока составляет 15-20 %. Такие устройства эффективны только для крупных пылевых частиц, на предприятии их целесообразно использовать в ремонтно-механических цехах.

## Заключение

В результате работы над выпускной квалификационной работой была спроектирована и изготовлена микросборка усилителя мощности УМ-015. Разработана конструкторская документация.

В ходе работы над выпускной квалифицированной работой была проанализирована схема электрическая принципиальная и элементная база, разработана конструкция и обоснован выбор материалов. За время разработки в схеме электрической принципиальной производилось несколько изменений не принципиального характера. Эти изменения были вызваны, как оптимизацией самой схемы, так и по результатам компоновки элементов на печатные платы, что вызывало некоторые задержки при проектировании печатных узлов.

Произведены расчеты технологической трудоемкости по изготовлению микросборки и надежности. Результаты расчетов подтверждают правильность выбора конструкторских решений. Кроме этого произведен расчет элементов печатного монтажа и технологичности изделия. Многочисленные испытания в разных климатических условиях и механическое воздействие показали высокую надежность разработанной микросборки.

Ограниченные размеры микросборки вызвали трудности оптимальной компоновки элементов, привели к высокой плотности монтажа. Системный подход при проектировании конструкции позволил решить все возникшие проблемы.

Также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и технико-экономическое обоснование проекта.

Размер и технические показатели микросборки соответствуют требованиям ТЗ и примерно в два раза меньше, чем у аналога УМ-013.

## Conclusion

As a result of operation over final qualification operation microassembly of the power amplifier UM-015 was designed and made. Designer documentation is developed.

During work on the final qualified work the scheme electric basic and element base has been analysed, the design is developed and the choice of materials is reasonable. During development in a basic electric circuit several changes not of basic character were made. These changes have been caused as optimization of the scheme, and by results of configuration of elements on printed circuit boards that caused some delays at design of printing knots.

Calculations of technological labor input for manufacture of microassembly and reliability are made. Results of calculations validate a choice of designer decisions. Besides calculation of elements of printed circuit wiring and technological effectiveness of a product is made. Numerous tests in different climatic conditions and mechanical influence showed high reliability of the developed microassembly.

The limited amount of microassembly caused difficulties of optimum configuration of elements, resulted in high density of mounting. The systems concept in case of design of construction allowed to solve all arisen problems.

Safety issues of activity and the feasibility statement on the project are also considered.

The size and technical indicators of microassembly conform to requirements of TZ and approximately is twice less, than at analog of UM-013.

## Список используемых источников

1. Костиков В. Г., Шахнов В. А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Три Л, 2000.
2. Груздев А.В. Инженерный метод расчета температуры бескорпусных полупроводниковых приборов в гибридных интегральных микросхемах // Вопросы радиоэлектроники. Тепловые режимы, термостатирование и охлаждение РЭА, 1970.
3. Техническое задание на разработку КИНД.436734.019 ДО БЕЛОК, М.: Редакция 1 – 2014, 2014.
4. Надежность электрорадиоизделий: Справочник./ РНИИ "Электронстандарт", С.-Пб., 2000.
5. Отчет по оценке надежности / АО «НПЦ «Полюс». РКФ ДП.430046.146, Томск, 1992.
6. Оценка надежности радиоэлектронной аппаратуры: Методика / НИИЭМ. Томск, 1981.
7. Справочник конструктора РЭА АО «НПЦ «Полюс». Томск, 1987.
8. ТТП изготовления отбраковочных испытаний. Томск, 1996.
9. ТТП изготовление толсто пленочных плат. Томск, 1987.
10. ТТП изготовление тонко пленочных плат. Томск, 1987.
11. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов. Учебное пособие для вузов// Под редакцией В. К. Беклешова. – М.: Высшая школа, 1991.-176 с.
12. Денисенко Г.Ф. Охрана труда. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1985.
13. Романычева Э. Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА. – М: РиС, 1989.
14. ТИ 0217149.25000.00247 Производственные помещения.
15. ТИ 0217149.25001.00126 Очистка средств технологического оснащения.

16. ТИ 02171149.25001.00127 Очистка СТО.
17. ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата.
18. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
20. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
21. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.»
22. ГОСТ 12.2.007-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.»
23. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.»
24. ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.»
25. ГОСТ ИСО 14644-1-2002 Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.
26. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
27. ГОСТ 8.014-72 Государственная система обеспечения единства измерений. Методы и средства проверки фотоэлектрических люксометров.
28. ГОСТ 12.0.003-76 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.»
29. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов.
30. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 65.
31. Электронный журнал «Труды МАИ» [Электронный ресурс]. URL: [www.mai.ru/science/trudy/](http://www.mai.ru/science/trudy/)

## Приложение А

Перечень элементов для усилителя мощности УМ-015 сведены в таблицу 17

Таблица 17 – Перечень элементов

Позиционные обозначения элемента	Наименование	Количество
	Резисторы ОСМР1-12 АЛЯР.434110.005 ТУ, РД В 22.02.218	
R1...R3	ОСМ31-12-0-0,062-82 Ом±10%-У	
R4	-0,001-3,9 кОм±5%	
R5	-0,001-910 Ом±5%	
R9...R11	ОСМР1-12-0,1-12 Ом±5%-У	
R12...R14	-0,01-910 Ом±10%	
R15...R17		
R18...R20	-0,01-2 кОм±10%	
R21...R24	-0,001-3,9 кОм±10%	
VD1...VD6	Диод 2ДШ2123Д-5 АЕЯР.432120.297 ТУ	
VD8	Диод 2ДШ2124Г-5 АЕЯР.432120.297 ТУ	
VT1, VT2	Транзистор 2Т388АМ-2Н/ПК АЕЯР.432140.269 ТУ, РМ 11.091.926	
VT3...VT6	Транзистор 2Т629АМ-2Н/ПК АЕЯР.432140.270 ТУ, РМ 11.091.926	
VT7...VT9	Транзистор 2Т378А1-2Н/ПК АЕЯР.432140.436 ТУ, РМ 11.091.926	
VT10...VT13	Транзистор 2Т831Г-1Н аА0.339.407 ТУ, РМ 11.091.926	

Продолжение таблицы 17

VT14...VT16	Транзистор 2Т830Г-1Н аА0.339.406 ТУ, РМ 11.091.926	
VT17...VT19	Транзистор 2Т629АМ-2Н/ПК АЕЯР.432140.270 ТУ, РМ 11.091.926	
VT20...VT23	Транзистор 2Т378А1-2Н/ПК АЕЯР.432140.436 ТУ, РМ 11.091.926	

## Приложение Б

Сборочные единицы для микросборки УМ-015 сведены в таблицу 18

Таблица 18- Сборочные единицы

Поз.	Обозначения	Наименование	Кол.	Прим.
		Документация		
	АиКС ДП.431135.015СБ	Сборочный чертеж		
	АиКС ДП.431135.015 ЭЗ	Схема электрическая принципиальная		
	Таблица 17	Перечень элементов		
		Сборочные единицы		
1	АиКС ДП.301314.129-01	Основание		1 шт
3	АиКС ДП.687241.004	Плата	3	
4	АиКС ДП.687241.009	Плата	1	
		Детали		
10	АиКС ДП.711111.045	Диск	1	
11	АиКС ДП.741121.154-01	Прокладка	1	
12	АиКС ДП.741124.972-01	Крышка	1	
13	АиКС ДП.758772.146	Плата	1	
14	АиКС ДП.758772.147	Плата	1	
		Прочие изделия		
		Резисторы ОСМ Р1-12		
		АЛЯР.434110.005 ТУ,РД В 22.02.218		
15		ОСМ Р1-12-0,062-82 Ом±10%-У	3	R1,R2,R3
16		ОСМ Р1-12-0,1-12 Ом±5%-У	3	R9... R11

Продолжение таблицы 18

17		Транзистор 2Т388АМ-2Н/ПК		
		АЕЯР.432140.269ТУ,Р М 11 091.926-93	2	VT1, VT2
5		Транзистор 2Т629АМ-2Н/ПК		VT3...VT6
		АЕЯР.432140.270ТУ, РМ 11.091.926	7	VT17... VT19
6		Транзистор 2Т378А1-2Н/ПК		VT7...VT9
		АЕЯР.432140.436ТУ, РМ 11.091.926	7	VT20... VT23
		Материалы		
20		Проволока кр.Зл.99,99-0,1	19,9 см	Резать по месту
		ГОСТ 7222-75		
21		Проволока Зл Пд 2,5 0,050	3,4 см	Резать по месту

## Приложение В

Перечень элементов на 173 плату сведены в таблицу 19

Таблица 19- Перечень элементов на 173 плату

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
		Документация		
	АиКС ДП.687241.004 СБ	Сборочный чертеж		
		Детали		
1	АиКС ДП.758771.173	Плата	1	
2	АиКС ДП.758772.120 – 041.10	Резистор (470 Ом±10%)	1	
		Прочие изделия		
3		Диод 2ДШ2123Д-5		
4		Транзистор 2Т831Г-1Н аАО.339.407 ТУ	1	
5		Транзистор 2Т830Г-1Н аАО.339.406 ТУ	1	
		Подложка Ще 7.817.013-02	1/6	
		Ще 7.817.013 ТУ		
		Подложка СТ50-1-1-0,5		
		ПГКЖ.431431.003 ТУ	1/2	
		Материалы		
6		Проволока кр. 3л. 99,99 - 0,1	0,26 см	Резать по месту
		ГОСТ 7222 - 75		
7		Проволока АОЦПоМ – 200 ТУ 6365 - 051 - 46597157 - 2004	6 см	Резать по месту

Продолжение таблицы 19

8		Компаунд ГКН БІУО.028.021 ТУ	1г	Доп.зам.на поз. 10
9		Проволока Зл Пд 2,5 0,050 ТУ 1867-822-05785324-2001	0,25 см	Резать по месту
10		Компаунд СИЭЛ 159-322 Б ТУ 6-02-1-624-89	1г	Доп.зам.на поз.8

## Приложение Г

Перечень элементов на 210 плату сведены в таблицу 20

Таблица 20-Перечень элементов на 210 плату

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
		<u>Документация</u>		
	АиКС ДП.687241.009 СБ	Сборочный чертеж		
		<u>Детали</u>		
1	АиКС ДП.758771.210	Плата		
		<u>Прочие изделия</u>		
2		Диод 2ДШ2123Д-5 АЕЯР.432120.297 ТУ	1	VD7
3		Диод 2ДШ2124Г-5 АЕЯР.432120.297 ТУ	1	VD8
4		Транзистор 2Т831Г-1Н аА0.339.407 ТУ, РМ 11.091.926-93	1	VT10
		Подложка Ще 7.817.013-03 Ще 7.817.013 ТУ	1	
		<u>Материалы</u>		
7		Проволока АОЦПоМ – 200 А ТУ 6365 – 051 – 46594157 - 2004	7 см	
8		Проволока кр. 3л. 99,99 - 0,1 ГОСТ 7222 - 75	0,54 см	
9		Компаунд ГКН БЮ0.028.021 ТУ	0,5 г	
10		Компаунд СИЭЛ 159-322 Б ТУ 6-02-1-624-89	0,5 г	

