

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

Высшая школа электроники и компьютерных наук

Кафедра «Инфокоммуникационные технологии»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

Инженер 2 категории

АО «НПО «Электромашина»

\_\_\_\_\_/ Р.Р. Хаматов/

/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_/С.Н. Даровских

/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

**Адаптивный беспроводной анализатор сигналов аккумуляторных  
батарей**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ

ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП

Консультанты:

Безопасность жизнедеятельности:

\_\_\_\_\_/И.С. Окраинская /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Руководитель работы:

Начальник отдела ОПР

АО «НПО «Электромашина»

\_\_\_\_\_/ А.Ю. Селезнёв/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Организационно – экономический  
раздел:

\_\_\_\_\_/В.Л. Зонов/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Автор работы:

студент группы КЭ – 678

\_\_\_\_\_/В.Д. Шибанов/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_/ В.Д. Спицина /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г.

Челябинск 2020

## АННОТАЦИЯ

Шибанов В. Д. Адаптивный беспроводной анализатор сигналов аккумуляторных батарей -

Челябинск: ЮУрГУ, КЭ; 2019, 91 с. -  
2 ил., библиогр. список – 10 наим., 1 прил., 12 табл.

В данном дипломном проекте разработан «Адаптивный беспроводной анализатор сигналов аккумуляторных батарей», который может найти применение в сфере использования различной портативной радиоэлектронной аппаратуры, питающейся литий-ионными аккумуляторами, в качестве тестирующего и зарядного устройства.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Адаптивный беспроводной анализатор сигналов аккумуляторных батарей	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Шибанов В.Д.						
Провер.		Селезнёв А.Ю.						
Т. Контр.								
Реценз.		Хаматов Р.Р.				Лист 3	Листов 92	
						ЮУрГУ, кафедра ИКТ		
Н. Контр.		Спицина В.Д.						
Утверд.		Даровских С.Н						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Общая часть .....	8
1.1 Особенности данного типа микропроцессора Atmega48-20AU .....	11
2.1 Обоснование выбора элементов схемы .....	14
2.1.1 Обоснование выбора транзисторов.....	14
2.1.2 Обоснование выбора диодов .....	14
2.2.3 Обоснование выбора резисторов.....	14
2.2.4 Обоснование выбора конденсаторов .....	15
3 Расчетная часть .....	18
3.1 Расчет надежности .....	18
3.2 Расчет узкого места .....	28
4 Конструкторская часть .....	30
4.1 Обоснование разработки трассировки печатных плат.....	30
4.2 Обоснование разработки компоновки печатной платы .....	36
5 Технологическая часть .....	41
5.1 Разработка и изготовление печатных плат.....	41
6 Организационная часть .....	50
6.1 Организация рабочего места оператора при эксплуатации электронной аппаратуры.....	50
7 Безопасность жизнедеятельности .....	53
7.1 Требования к электробезопасности .....	53
7.2 Требования к средствам отображения информации .....	54
7.3 Требования к изоляции.....	54
7.4 Указание мер безопасности .....	55
8 Экономическая часть .....	57
8.1 Расчет себестоимости анализатора на микроконтроллере ATmega48 .....	57
8.2 Расчёт стоимости разрабатываемого программного обеспечения .....	64

8.3 Организационно-экономический раздел .....	67
9 Охрана труда.....	74
9.1 Техника безопасности при эксплуатации электронной аппаратуры.....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	85

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

## ВВЕДЕНИЕ

Предметом радиоэлектронной техники является теория и практика применения электронных, ионных и полупроводниковых приборов в устройствах, системах и установках для различных областей народного хозяйства. Гибкость электронной аппаратуры, высокие быстродействия, точность и чувствительность открывают новые возможности во многих отраслях науки и техники.

Развитие электроники после изобретения радио можно разделить на три этапа: Радиотелеграфный, радиотехнический и этап электроники.

К характерной особенности современной техники относится широкое внедрение методов и средств автоматики и телемеханики, вызванное переходом на автоматизированное управление. Непрерывно усложняются функции, выполняемые системами автоматизированного управления, а относительная значимость этих систем в процессе производства непрерывно возрастает.

Первое направление связано с постепенным усложнением систем телемеханики за счёт как усложнения структур и увеличения потоков информации, так и увеличения удельного веса процессов обработки информации, второе - с внедрение вычислительной техники в управление производством и разработкой для целей оперативного управления комплекса устройств, называемых внешними устройствами вычислительных машин. Система внешних устройств ЭВМ, расположенных на расстоянии, представляет собой в основном систему телемеханики многопроводную или двухпроводную в зависимости от способов передачи информации (включая устройства передачи данных).

В связи с широким развёртыванием работ по созданию крупных автоматизированных информационных систем, работающих с цифровыми вычислительными машинами, получивших название автоматизированные системы управления (АСУ), значение систем телемеханики и потребность в них существенно возрас-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тают. В тех случаях, когда объекты территориально разобщены и требуется автоматическая телепередача информации, системы телемеханики выполняют функции систем автоматического сбора и передачи для АСУ информации с нижних ступеней контроля и управления.

Первое направление связано с постепенным усложнением систем телемеханики за счёт как усложнения структур и увеличения потоков информации, так и увеличения удельного веса процессов обработки информации, второе- с внедрение вычислительной техники в управление производством и разработкой для целей оперативного управления комплекса устройств, называемых внешними устройствами вычислительных машин. Система внешних устройств ЭВМ, расположенных на расстоянии, представляет собой в основном систему телемеханики многопроводную или двухпроводную в зависимости от способов передачи информации (включая устройства передачи данных).

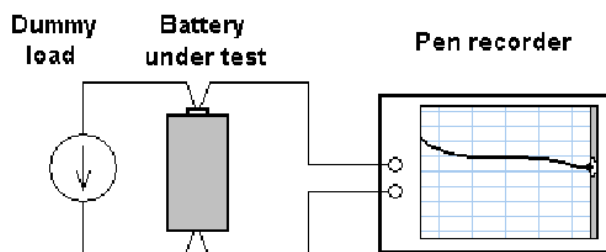
					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1 Общая часть

При разработке аппаратуры, питаемой от аккумуляторов, необходимо знать такие характеристики батарей как емкость и изменение напряжения при разряде. Техническая информация по батареям не всегда доступна, единственный выход – получить ее экспериментальным путем. Однако человеку сложно записать и обработать результаты измерений, поскольку цикл измерения характеристик разряда занимает несколько часов. Для измерения характеристик батареи потребуется система сбора данных. В этом проекте разработан автоматический анализатор батарей.

### Основы теории и требования

Ниже на рисунке 1 показана упрощенная схема системы измерения характеристик батареи. Она записывает только напряжение в течение всего цикла разряда. В измерении характеристик батареи нет ничего сложного, и их можно осуществить с помощью обычных инструментов, но собрать специальный инструмент для измерения характеристик батареи гораздо лучше.



Dummy load - Регулируемая нагрузка;

Battery under test - Тестируемая батарея;

Pen recorder - Записывающее устройство

Рисунок 1 - Упрощенная схема системы измерения характеристик батареи

Ниже представлены функциональные возможности разработанного в этом проекте анализатора батарей.

### **Режимы нагрузки**

Поддерживаются три разных режима нагрузки: постоянного тока, постоянной мощности и резистивный. Это позволяет имитировать различные устройства, питаемые от батарей: линейные схемы, схемы ключевого режима и простой резистор, лампу или нагреватель. Режим постоянного тока обычно используется для измерения типовых характеристик самой батареи.

### **Автоматическая запись данных**

Данные измерений посылаются в ПК и записываются в файл.

### **Измерение внутреннего сопротивления**

Имеется возможность измерения внутреннего сопротивления батареи.

Ниже на рисунке 2 приведена принципиальная схема анализатора аккумуляторных батарей. Устройство управляется с ПК через последовательный порт и питается от этого же порта, внешнего блока питания не требуется.

Имитатор нагрузки и схема стабилизатора тока контролируются микроконтроллером. В режиме постоянной мощности и резистивном режиме ток нагрузки регулируется динамически, чтобы имитировать соответствующий тип нагрузки для батареи. Диапазон регулировки тока разделен на три, чтобы получить максимальное разрешение по току в каждом поддиапазоне. Мощность, рассеиваемая на транзисторе VT1, может достигать до 10 Вт при максимальном токе нагрузки, поэтому для этого транзистора требуется система охлаждения в виде радиатора и вентилятора. Радиатор, используемый в данном устройстве, может рассеивать мощность до нескольких ватт без вентилятора. Если рассеиваемая мощность будет превышать этот лимит, потребуется радиатор больших размеров или вентиля-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





## 1.1 Особенности данного типа микропроцессора Atmega48-20AU

### Характерные черты семейства AVR

#### Общие сведения:

AVR - самая обширная производственная линия среди других флэш-микроконтроллеров корпорации Atmel. Atmel представила первый восьми разрядный флэш-микроконтроллер в 1993 году и с тех пор непрерывно совершенствует технологию. Прогресс данной технологии наблюдался в снижении удельного энергопотребления (мА/МГц), расширения диапазона питающих напряжений (до 1,8 В) для продления ресурса батарейных систем, увеличении быстродействия до 16 млн. операций в секунду, встройкой реально - временных эмуляторов и отладчиков, реализации функции самопрограммирования, совершенствовании и расширении количества периферийных модулей, встройке специализированных устройств (радиочастотный передатчик, USB\_контроллер, драйвер ЖКИ, программируемая логика, контроллер DVD, устройства защиты данных) и др.

ATMega48, ATMega88, ATMega168 - низкопотребляющие восьми битные КМОП микроконтроллеры с AVR RISC архитектурой. Выполняя команды за один цикл, ATMega48, ATMega88, ATMega168 достигают производительности 1 MIPS при частоте задающего генератора 1 МГц, что позволяет разработчику оптимизировать отношение потребления к производительности. AVR ядро объединяет богатую систему команд и 32 рабочих регистра общего назначения. Все 32 регистра непосредственно связаны с арифметико-логическим устройством (АЛУ), что позволяет получить доступ к двум независимым регистрам при выполнении одной команды.

В результате эта архитектура позволяет обеспечить в десятки раз большую производительность, чем стандартная CISC архитектура. ATMega48, ATMega88, ATMega168 имеют следующие характеристики: 4/8/16 КБ внутрисистемно программируемой Flash память программы, 256/512/512 байтную EEPROM память данных, 512/1К/1К байтное SRAM (статическое ОЗУ), 23 линии ввода - вывода общего применения, 32 рабочих регистра общего назначения, три гибких тайме-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

ра/счетчика со схемой сравнения, внутренние и внешние источники прерывания, последовательный программируемый USART, байт-ориентированный последовательный 2-х-проводный интерфейс, шести канальный АЦП (восьми канальный у приборов в TQFP и MFL корпусах), четыре (шесть) канала которых имеют десяти битное разрешение, а два канала восьми битное, программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором, SPI порт и пять программно инициализируемых режима пониженного потребления. В режиме Idle останавливается ядро, а SRAM, таймеры/счетчики, SPI порт и система прерываний продолжают функционировать.

В Power-down режиме содержимое регистров сохраняется, но останавливается задающий генератор и отключаются все внутренние функции микропроцессора до тех пор, пока не произойдет прерывание или аппаратный сброс.

В режиме Power-save асинхронные таймеры продолжают функционировать, позволяя отсчитывать временные интервалы в то время, когда микропроцессор находится в режиме сна.

В режиме ADC Noise Reduction останавливается вычислительное ядро и все модули ввода-вывода, за исключением асинхронного таймера и самого АЦП, что позволяет минимизировать шумы в течение выполнения аналого-цифрового преобразования.

В Standby режиме задающий генератор работает, в то время как остальная часть прибора бездействует. Это позволяет быстро сохранить возможность быстрого запуска приборов при одновременном снижении потребления.

Прибор изготовлен по высокоплотной энергонезависимой технологии изготовления памяти компании Atmel. Встроенная ISP Flash позволяет перепрограммировать память программы в системе через последовательный SPI интерфейс программой-загрузчиком, выполняемой в AVR ядре, или обычным программатором энергонезависимой памяти.

Программа-загрузчик способна загрузить данные по любому интерфейсу, имеющегося у микроконтроллера.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Программа в загрузочном секторе продолжает выполняться даже при загрузке области памяти прикладной программы, обеспечивая реальный режим "считывания при записи". Объединив восьми битное RISK ядро и самопрограммирующейся внутри системы Flash памятью корпорация Atmel сделала приборы ATMega48, ATMega88, ATMega168 мощными микроконтроллерами, обеспечивающими большую гибкость и ценовую эффективность широкому кругу управляющих устройств. ATMega48, ATMega88, ATMega168 поддерживается различными программными средствами и интегрированными средствами разработки, такими как компиляторы C, макроассемблеры, программные отладчики/симуляторы, внутрисхемные эмуляторы и ознакомительные наборы.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

## 2 Исследовательская часть

### 2.1 Обоснование выбора элементов схемы

#### 2.1.1 Обоснование выбора транзисторов

Транзисторы типа MOSFET VT1 2SK3163; VT2 H7N0308CF; VT3 FDS5680; VT4 FDS5680 кремниевые. Они полностью удовлетворяют поставленным требованиям.

#### 2.1.2 Обоснование выбора диодов

Диоды VD1 1SS319 и VD2 1SS319 кремниевые.

Они так же удовлетворяют всем поставленным требованиям, они дешевые и очень экономичны по питанию.

Светодиод HL1 AL307BM арсенидгалевый светодиод для нашей схемы подойдет любой. Так как он используется в данной схеме как индикатор, то возьмем зелёный.

#### 2.2.3 Обоснование выбора резисторов

Все резисторы выбираются по требуемому номинальному значению и мощности. Иногда в особо точных схемах учитывается допустимое отклонение от номинальной величины сопротивления. Допустимое отклонение от номинальной величины сопротивления зависит от типа резистора: композиционный, проволочный, угольный. Выбирая резисторы по мощности, определяется мощность рассеяния на каждом резисторе отдельно по формуле  $P=U \times I$ ,  $P=U^2/R$ ,  $P=I^2 \times R$ , выведенные из закона Ома. Полученная величина увеличивается вдвое. Исходя из полученных значений, выбирают, резисторы эталонных мощностей: 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 ;5; 10 Вт и т.д.

Металлооксидные резисторы содержат резистивный элемент в виде очень тонкой металлической пленки, осажденной на основании из керамики, стекла,

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

слоистого пластика, ситалла или другого изоляционного материала. Металлопленочные резисторы характеризуются высокой стабильностью параметров, слабой зависимостью сопротивления от частоты и напряжения и высокой надежностью. ТКС резисторов типов МТ и ОМЛТ не превышает 0,02 %. Уровень шумов резисторов группы А не более 1мкВ/В, группы Б – не более 5 мкВ/В.

#### 2.2.4 Обоснование выбора конденсаторов

При выборе конденсаторов для радиоэлектронных устройств, приходится решать одну из противоположных по своему характеру задач. Прямая задача – по известному стандартному напряжению конденсатора найти максимально допустимые значения переменной и постоянной составляющих рабочего напряжения. Обратная задача заключается нахождения типа и стандартного напряжения конденсаторов по рабочему режиму.

Прямая задача нахождения рабочего напряжения по стандартному решается с помощью условий, оговоренных в действующих стандартах. Однако эти условия справедливы лишь для тех случаев, когда переменная составляющая (пульсация) напряжения на конденсаторе меняется по закону гармонического колебания.

Под номинальным напряжением понимается наибольшее напряжение между обкладкам конденсатора, при котором он способен работать с заданной надежностью в установленном диапазоне рабочих температур. Номинальное напряжение, оговоренное стандартами, называется стандартным напряжением – оно маркируется на конденсаторах, выпускаемых согласно действующих стандартов. Под рабочим напряжением подразумевается значения постоянного и переменного напряжения, которые действуют на конденсаторе при его работе.

Для решения обратной задачи – нахождения типа и стандартного напряжения конденсатора по рабочему режиму, необходимо вначале найти минимальное напряжение, а затем выбрать ближайшее к нему стандартное значение.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Величина рабочего напряжения конденсатора ограничивается тремя требованиями:

- а) конденсатор не должен перегреваться;
- б) перенапряжение на нём недопустимо;
- в) он должен быть защищён от прохождения обратных токов, если это полярный оксидный конденсатор.

Для того чтобы конденсатор не перегревался следует рассчитать выделяемую на нём реактивную мощность. Она не должна превышать номинальную мощность конденсатора.

Чтобы защитить конденсатор от перенапряжения, рабочее напряжение на нём не должно превышать номинальное. Это условие формулируется в стандартах как сумма постоянной составляющей и амплитуды переменной составляющей рабочего напряжения не должна быть больше стандартного напряжения.

Полярные оксидные конденсаторы, помимо перегрева и перенапряжения, должны быть защищены от прохождения разрушающих обратных токов. Чтобы оксидная плёнка была непроводящей, потенциал оксидированного металла (анода) должен всегда превышать потенциал второго электрода (катода). С этой целью в стандартах оговаривается, что амплитуда переменной составляющей напряжения не должна превышать постоянную составляющую.

Керамические конденсаторы представляют собой пластинки, диски или трубки из керамики с нанесенными на них электродами из металла. Для защиты от внешних воздействий эти конденсаторы окрашивают эмалированной краской или герметизируют, покрывая эпоксидными компонентами после чего заключают в специальный корпус. Керамические конденсаторы широко применяются в качестве контурных, блокировочных, разделительных. Конденсаторы с диэлектриком из высококачественной керамики характеризуются высокими электролитическими показателями и сравнительно небольшой стоимостью. Сопротивление изоляции этих конденсаторов при 20 °С превышает 5...10 ГОм, тангенс угла потерь на частотах порядка.

Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы отличаются малыми размерами, большими токами утечки и большими потерями. При одинаковых номинальных напряжениях и номинальных емкостях объем танталовых конденсаторов меньше объема конденсаторов с алюминиевыми анодами. Танталовые конденсаторы могут работать при более высоких температурах, их емкость меньше изменяется при изменении температуры, токи утечки у них меньше. Оксидно-полупроводниковые конденсаторы могут работать при более низких температурах, чем электролитические.

Проводимость широко распространенных электролитических и оксидно-полупроводниковых конденсаторов сильно зависит от полярности приложенного напряжения, поэтому они используются лишь в цепях постоянного и пульсирующего токов.

Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы используются в фильтрах выпрямителей, в качестве блокирующих и развязывающих в цепях звуковых частот, а также в качестве переходных в полупроводниковых усилителях звуковых частот.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 3 Расчетная часть

#### 3.1 Расчет надежности

Расчет надежности проводится на этапе проектирования. Для расчета задаются ориентирные данные. В качестве температуры окружающей среды может быть принято среднее значение температуры в нутрии блока. Для большинства маломощных полупроводниковых устройств она не превышает 40 °С.

Для различных элементов при расчетах надежности служат различные параметры. Для резисторов и транзисторов это допустимая мощность рассеивания, для конденсаторов допустимое напряжение, для диодов - прямой ток.

Коэффициенты нагрузок для элементов каждого типа по напряжению могут быть определены по величине напряжения источника питания. Так для конденсаторов номинальное напряжение рекомендуется брать в 1,5 -2 раза выше напряжения источника питания. Рекомендуемые коэффициенты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование элемента	Контрольные параметры	k нагрузки	
		импульсный режим	статический режим
Транзисторы	$P_{\text{кдоп}}^k = P_{\text{ф}} / P_{\text{кдоп}}$	0,5	0,2
Диоды	$I_{\text{прмах}}^k = I_{\text{ф}} / I_{\text{прт}}$	0,5	0,2
Конденсаторы	$U_{\text{обкл}}^k = U_{\text{ф}} / U_{\text{обкл}}$	0,7	0,5
Резисторы	$P_{\text{трас}}^k = P_{\text{ф}} / P_{\text{доп}}$	0,6	0,5
Трансформаторы	$I_{\text{н}}^k = I_{\text{ф}} / I_{\text{ндоп}}$	0,9	0,7
Соединители	$I_{\text{контакта}}^k = I_{\text{ф}} / I_{\text{кдоп}}$	0,8	0,5
Микросхемы	$I_{\text{мах вх}} / I_{\text{мах вых}}$	-	-

Допустимую мощность рассеяния резисторов можно определить от принятым обозначении на схеме.

Допустимую мощность рассеяния следует брать в качестве номинального параметра, надо брать в половину меньше согласно таблице 1.

Для конденсаторов номинальным параметром в расчете надежности считается допустимые напряжения на обкладках конденсатора. В большинстве схем этот параметр не указывается. Его следует выбирать исходя из напряжения источника питания.  $U_n$ , для конденсатора следует брать в два раза (или в полтора) больше напряжения источника питания. При этом следует учитывать, что согласно ГОСТу конденсаторы выпускаются на допустимое напряжение (в вольтах) 1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 6,3; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 350.

Конденсаторы на более высокие допустимые напряжения на обкладках, в схемах курсового и дипломного проектирования практически не применяются.

Фактически знание ( $U_\phi$ ) для конденсаторов в расчете надежности следует брать в половинку меньше выбранного.

Для транзисторов номинальный параметр  $P_k$  допустимое следует брать из справочников.

Для диодов контролируемый параметр величина прямого тока  $I_{пр}$ . Брать в справочниках.

Фактическое значение параметров этих элементов следует брать исходя из рекомендации таблицы 1.

При увеличении коэффициента нагрузки интенсивность отказов увеличиться.

Она так же возрастает, если элемент эксплуатируется в более жестких условиях: при повышенной температуре, влажности, при ударах и вибрациях. В стационарной аппаратуре, работающей в отапливаемых помещениях, наибольшее влияние на надежность аппаратуры имеет температура.

Определяя интенсивность отказов при  $t^0 = 20^0C$  приведены в таблице 2.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Интенсивность отказов обозначается  $\lambda_0$ . Измеряется  $\lambda_0$  в (1/час).

Таблица 2.

Наименование элемента	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$ 1/час
Микросхемы средней степени интеграции	0,013
Большие интегральные схемы	0,010
Транзисторы германиевые: Маломощные	0,700
Средней мощности	0,600
мощностью более 200мВт	1,910
Кремневые транзисторы: Мощностью до 150мВт	0,840
Мощностью до 1Вт	0,50
Мощностью до 4Вт	0,740
Низкочастотные транзисторы: Малой мощности	0,200
Средней мощности	0,500
Транзисторы полевые	0,100
Конденсаторы: Бумажные	0,050
Керамические	0,150
Слюдяные	0,075
Стеклянные	0,060
Пленочные	0,050
Электролитические (алюминиевые)	0,500
Электролитические (танталовые)	0,035

Продолжение таблицы 2

Наименование элемента	$\lambda \cdot 10^{-6}$ 1/час
Воздушные переменные	0,034
Резисторы: Композиционные	0,043
Плёночные	0,030
Угольные	0,047
Проволочные	0,087
Диоды: Кремневые	0,200
Выпрямительные	0,100
Универсальные	0,050
Импульсные	0,100
Стабилитроны германиевые	0,157
Трансформаторы Силовые	0,250
Звуковой частоты	0,020
Высокочастотные	0,045
Автотрансформаторные	0,060
Дроссели	0,340
Катушки индуктивности	0,020
Реле	0,080

Продолжение таблицы 2

Наименование элемента	лo·10-6 1/час
Антенны	0,360
Микрофоны	20,000
Громкоговорители	4,000
Оптические датчики	4,700
Переключатели, тумблеры, кнопки	0,070n
Соединители	0,060n
Гнезда	0,010n
Пайка навесного монтажа	0,010
Пайка печатного монтажа	0,030
Пайка объемного монтажа	0,020
Предохранители	0,500
Волновые гибкие	1,100
Волновые жесткие	9,600
Электродвигатели: Асинхронные	0,359
Асинхронные вентиляторы	2,250

### *Порядок расчета.*

В таблицу 3 заносятся данные из принципиальной схемы. Таблица заполняется по колонкам. В первую колонку заносятся наименования элемента, его тип определяется по схеме. Часто в схемах не указывается тип конденсатора, а дается только его ёмкость. В этом случае следует по емкости, и выбрать подходящий тип конденсатора в справочнике. Тип элемента заносится во вторую колонку.

Микросхемы вне зависимости от типа объединяются в одну группу и записываются в одну строку. Это связано с тем, что у них независимо от типа одинаковая интенсивность отказов, и они могут работать в достаточно широком диапазоне температур.

Далее следует заполнить колонку 6, пользуясь теми рекомендациями, которые были даны выше.

Студенту, как правило, не известны фактические параметры элемента. Выбирать их надо, руководствуясь рекомендациями таблицы 1.

#### Коэффициенты нагрузок

Для транзисторов:  $k_n = P_{\phi} / P_{\text{кдоп}} = P_{\phi} / P_n$ ,

$$k_n = 100/200 = 0,5.$$

Для диодов:  $k_n = I_{\phi} / I_{\text{прср}} = I_{\phi} / I_n$ ,

$$k_n = 0,5/1 = 0,5.$$

Для резисторов:  $k_n = P_{\phi} / P_n$ ,

$$k_n = 0,25/0,125 = 0,5.$$

Для конденсаторов:  $k_n = P_{\phi} / P_n$ ,

$$k_n = 6/12 = 0,5.$$

Если  $k_n$  в таблице для элемента не указано, то следует ставить прочерк или брать  $k_n = 0,5$ .

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Колонка заполняется по справочнику.

Далее определяется коэффициент влияния ( $\alpha$ ), которое показывает, как влияет на интенсивность отказов окружающая элемент температура в связи с коэффициентом нагрузки. Находят ( $\alpha$ ) по таблице 3.

При  $k = 0,5$  и  $t=40$  °С значение,  $\alpha$  будет равна :

- для полупроводниковых приборов 0,3;
- для керамических конденсаторов 0,5;
- для бумажных конденсаторов 0,8;
- для электролитических конденсаторов 0,9;
- для металлодиэлектрических или металлооксидных резисторов 0,8;
- для силовых трансформаторов 0,6.

Для германиевых полупроводниковых диодов  $\alpha$  брать таким, как у кремневых.

Колонка 9  $\lambda_i = \alpha \cdot \lambda$

Если изделие испытывает воздействие ударных нагрузок или реагирует, на влажность, атмосферное давление, следует учесть это влияние. В этом случае  $\lambda_i$  в колонке

$$\lambda_i = \lambda_0 \cdot a \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3,$$

где  $a$  – коэффициент влияния температуры;

$a_1$  - коэффициент влияния механических воздействий;

$a_2$  - коэффициент влияния влажности;

$a_3$  - коэффициент влияния атмосферного давления.

Когда колонка 10 заполнена. Можно рассчитать среднее время наработки на отказ  $T_{ср}$ .

Для этого суммируют все значения колонки 10, получая

$$\sum \lambda_c. \text{ Тогда } T_{ср} = 1 / \sum \lambda_c \text{ (час).}$$

Следует помнить, что  $\sum \lambda_c$  – число, умноженное на  $10^{-6}$ , т.е. при делении  $10^{-6}$  перейдет в числитель

$$\sum \lambda_c = 4,849 \cdot 10^{-6},$$

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$T_{cp} = 1/4,849 \cdot 10^{-6},$$

$$T_{cp} = 10^6 \cdot 0,20622 = 206220 \text{ ч.}$$

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



Таблица 3 – Расчёт надёжности функционала узла

Наименование	Тип	Кол-во	Фактическое значение параметра	Номинальное значение параметра	к	а	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$ 1/час	$\lambda_i = a \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6}$	$\lambda_c = \lambda_i \cdot n \cdot 10^{-6}$
Резисторы	P1-8П 0,125	13	$P_{\phi}=0,06$ Вт	$P_{н}=0,125$ Вт	0,5	0,3	0,03	0,009	0,144
	P1-8П 0,5	2	$P_{\phi}=0,25$ Вт	$P_{н}=0,5$ Вт	0,5	0,3	0,03	0,009	0,018
	P1-8П 0,25	2	$P_{\phi}=0,125$ Вт	$P_{н}=0,25$ Вт	0,5	0,3	0,03	0,009	0,018
	P1-8П 1	2	$P_{\phi}=0,5$ Вт	$P_{н}=1$ Вт	0,5	0,3	0,03	0,009	0,018
Транзисторы	2SK3163	1	$P_{\phi}=55$ Вт	$P_{н} 110$ Вт	0,5	0,3	0,5	0,15	0,150
	FDS5680	2	$P_{\phi}=1,25$ Вт	$P_{н} 2,5$ Вт	0,5	0,3	0,5	0,15	0,300
	H7N0308CF	1	$P_{\phi}=50$ Вт	$P_{н} 100$ Вт	0,5	0,3	0,5	0,15	0,150
Конденсаторы	K50-3A(Б)	13	$U_{\phi}=40$ В	$U_{н}=63$ В	0,5	1	0,15	0,15	1,650
Диоды	1SS319	1	$I=0,5$ А	$I=1$ А	0,5	0,3	0,2	0,06	0,060
	1SS319	1	$I=0,5$ А	$I=1$ А	0,5	0,3	0,2	0,06	0,060

Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП

Лист

26

Продолжение таблицы 3

Наименование	Тип	Кол-во	Фактическое значение параметра	Номинальное значение параметра	к	а	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$ 1/час	$\lambda_i = a \cdot \lambda_0 \cdot 10^{-6}$	$\lambda_c = \lambda_i \cdot n \cdot 10^{-6}$
Светодиод	АЛ307ВМ	1	-	-	0,5	0,3	-	-	
Микросхема	ТС7W04F	2	-	-	0,5	0,3	0,01	0,003	0,003
	XC6202P502T	1	-	-	0,5	0,3	0,013	0,004	0,004
	LMV772M	2	-	-	0,5	0,3	0,01	0,003	0,003
	АТmega48	1	-	-	0,5	0,3	1,4	0,42	0,420
Трансформатор	FB-43-5111	1	-	-	0,5	0,6	0,25	0,15	0,150
Пайки		189	-	-	0,5	0,3	0,03	0,009	1,701
Итого									4,849

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

### 3.2 Расчет узкого места

1. Рассчитаем минимальный диаметр контактной площадки.

$$D_{\text{kmin}} = 2Bm + d_0 + 1.5h_{\phi} + 2\Delta_{\text{л}} + C_1,$$

$$D_{\text{kmin}} = 2 \times 3 + 0,7 + 1,5 \times 0,3 + 2 \times 0,567 + 0,65,$$

$$D_{\text{kmin}} = 8,9 \text{ мм},$$

где  $Bm$  – расстояние от края просверленной линии до края контактной площадки.

$d_0$  - номинальный диаметр металлизированного отверстия.

$h_{\phi}$  – толщина фольги.

$\Delta_{\text{л}} = \Delta_{\text{м}} L/100$  - изменение длинны печатной платы при нестабильности линейных размеров,

где  $L$  – размер большой длинны печатной платы

$\Delta_{\text{м}}$  - изменение контактной площадки при нестабильности линейных размеров (обычно 0,3 мм),

$C_1$  – поправочный коэффициент ,

$C_1$  учитывает погрешности при центровке, сверлении, при изготовлении фото шаблона и др.

Толщина фольги – 0,3 ... 0,5 мм

Печатные платы размером более 240 на 240 мм – 1 класс плотности

Для плат размером меньше 240 на 240 мм больше 170 на 170 мм – 1 и 2 классы плотности, платы меньших размеров третий класс плотности.

$$\Delta_{\text{л}} = \Delta_{\text{м}} L/100 ,$$

$$\Delta_{\text{л}} = 0,3 \cdot 189/100,$$

$$\Delta_{\text{л}} = 0,567 \text{ мм}.$$

2. Рассчитываем максимальный диаметр контактной площадки

$$D_{\text{kmax}} = 2Bm + d_0 + 1.5h_{\phi} + 2\Delta_{\text{л}} + C_2 ;$$

$$D_{\text{kmax}} = 2 \cdot 3 + 0,7 + 1,5 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,567 + 0,77;$$

$$D_{\text{kmax}} = 9 \text{ мм}.$$

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Минимальное расстояние для прокладки  $n$  проводников между двумя контактными площадками должно обеспечиваться при максимальном диаметре контактной площадки и максимальной ширине проводника с учетом погрешности  $\Delta_{ш}$

3. Минимальное расстояние для прокладки  $n$  проводников.

$$L_{\min} = 0,5(D_{k1\min} + D_{k2\max}) + 2\Delta_{ш} + (T_{\max} + \Delta_{ш})n + S(n+1) < kh,$$

где  $T_{\max} = T + \Delta_{ш} + 2\Delta_{э}$ ,

$k$  – число клеток координатной сетки,

$h$  – шаг координатной сетки ,

$\Delta_{э}$  – погрешность при экспонировании.

$$L_{\min} = 0,5(D_{k1\min} + D_{k2\max}) + 2\Delta_{ш} + (T_{\max} + \Delta_{ш})n + S(n+1) < kh,$$

$$T_{\max} = T + \Delta_{ш} + 2\Delta_{э};$$

$$T_{\max} = 0,67 + 0,05 + 2 \cdot 0,06 = 0,84 \text{ мм};$$

$$L_{\min} = 0,5(21,806 + 21,926) + 2 \cdot 0,05 + (0,84 + 0,05) \cdot 2 + 0,5(2+1) < 20;$$

$$L_{\min} = 4,45 + 4,5 + 0,1 + 1,78 + 1,5 < 20;$$

$$L_{\min} = 12,23 < 20.$$

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

## 4 Конструкторская часть

### 4.1 Обоснование разработки трассировки печатных плат

Печатные платы – это элементы конструкций предназначенных для соединения элементов электрической цепи при помощи печатных проводников. Печатные платы состоят из диэлектрического основания, на котором расположены плоские проводники. Они обеспечивают соединение элементов. Применение печатных плат позволяет увеличить плотность монтажа. Они дают возможность получить в одном технологическом цикле проводники и экранирующие поверхности. Печатные платы гарантируют повторяемость характеристик, особенно паразитных. Повышается стойкость к механическим и климатическим воздействиям, обеспечивается унификация сложных изделий и повышается надёжность. Платы дают возможность механизировать и автоматизировать монтажно-сборочные, регулировочные и контрольные работы, при этом снижается трудоёмкость работ и стоимость изделия. Недостатком печатных плат является сложность внесения изменений в конструкцию и плохая ремонтпригодность.

К печатным платам предъявляются некоторый ряд технических требований: Основание должно быть однородным по цвету, монолитным, без внутренних пузырей и раковин, без посторонних включений, сколов, трещин и расслоений. Допускаются одиночные вскрышения металла, царапины, следы от удаления отдельных не вытравленных участков, контурное просветление.

Проводящий рисунок должен быть четкий, с ровными краями, без вздутий, следов инструмента. Отдельные протравы (5 точек на 1 дм<sup>2</sup>) при условии, что оставшаяся ширина проводника соответствует минимально допустимой по чертежу.

Допускаются риски глубиной менее 25 мкм и длиной до 6 мм.

Допускаются отслоения проводника в одном месте не более 4 мм.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При наличии критических дефектов, печатные проводники могут дублироваться объёмными не более пяти для плат 120 на 180 мм и не более 10 для плат большего размера.

Связь между сторонами платы осуществляется при помощи монтажных отверстий. При помощи их крепятся элементы. Вокруг монтажного отверстия делается ободок, который называется контактной площадкой. Его ширина не менее 50 мкм. Разрывы не допускаются. Допускаются отдельные отслоения контактных площадок до 2 % и их ремонт при помощи эпоксидного клея, после чего они должны выдерживать три пайки.

При воздействии повышенной температуры, контактные площадки должны держать температуру порядка 290 °С не менее 10 сек без разрывов и отслоения.

Печатные платы классифицируются по параметрам и применению.

Односторонние печатные платы просты и экономичны. Применяются для монтажа бытовой радиоаппаратуры, техники связи, источников питания и т.д. Обычно они выполняются на слоистом или листовом основании: гетинакс, текстолит, стеклотекстолит. Монтажные отверстия могут быть металлизированными и не металлизированными. На одной стороне расположен печатный монтаж, а на другой объёмные элементы; крепёж, арматура, тепло отводы и т.д.

Двухсторонние печатные платы. У них печатный рисунок располагается с двух сторон, а элементы, как правило, с одной стороны. Связь между сторонами осуществляется при помощи металлизированных сквозных отверстий.

Проводные печатные платы применяются в опытном производстве при макетировании. На плате делают контактные площадки, на которые размещают элементы. Связь между ними осуществляют при помощи проводов.

Печатные проводники желательно располагать параллельно друг к другу. При необходимости угол печатного проводника 45°.

Узкие проводники легко отслаиваются. Для их закрепления используют сквозные отверстия через каждые 25 ... 30 мм, или расширяются контактные пло-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

щадки 1x1 мм. Если ширина экрана более 5 мм, то в экране надо делать вырезы, т.к. при нагреве медь расширяется и может покоробиться.

Печатные платы в зависимости от минимальной ширины печатных проводников и минимального зазора между ними делят на три класса. К классу 1 относятся платы с пониженной плотностью монтажа, у которых ширина проводников и зазор между ними должен быть не менее 0,5 мм. Класс 2 образуют платы с повышенной плотностью монтажа, имеющие ширину проводников и зазоры не менее 0,25 мм. Платы с шириной проводников и зазорами до 0,15 мм (класс 3) имеют высокую плотность монтажа. Платы этого класса следует применять только в отдельных, технически обоснованных случаях.

Чертежи печатных плат выполняют на бумаге, имеющей координатную сетку, нанесенную с определенным шагом. Наличие сетки позволяет не ставить на чертеже размеры на все элементы печатного проводника.

Координатную сетку наносят на чертеж с шагом 2,5 или 1,25 мм. Шаг 1,25 мм применяют в том случае, если на плату устанавливают многовыводные элементы с шагом расположения выводов 1,25 мм. Центры монтажных и переходных отверстий должны быть расположены в узлах (точках пересечения линий) координатной сетки. Если устанавливаемый на печатную плату элемент имеет два вывода или более, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то отверстия под все такие выводы должны быть расположены в узлах сетки. Если устанавливаемый элемент не имеет выводов, расстояние между которыми кратно шагу координатной сетки, то один вывод следует располагать в узле координатной сетки.

Диаметр отверстия в печатной плате должен быть больше диаметра вставляемого в него вывода, что обеспечит возможность свободной установки электро-радиоэлемента. При диаметре вывода до 0,8 мм диаметр не металлизированного отверстия делают на 0,2 мм больше диаметра вывода; при диаметре вывода более 0,8 мм – на 0,3 мм больше.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Диаметр металлизированного отверстия зависит от диаметра вставляемого в него вывода и от толщины платы. Связано это с тем, что при гальваническом осаждении металла на стенках отверстия малого диаметра, сделанного в толстой плате, толщина слоя металла получится неравномерной, а при большом отношении длины к диаметру некоторые места могут остаться непокрытыми. Диаметр металлизированного отверстия должен составлять не менее половины толщины платы.

Чтобы обеспечить надежное соединение металлизированного отверстия с печатным проводником, вокруг отверстия делают контактную площадку. Контактные площадки отверстий рекомендуется делать в виде кольца.

Для неметаллизированных отверстий и торцов плат шероховатость поверхности делают такой, чтобы параметр шероховатости  $R_z < 80$ . У металлизированных отверстий и торцов шероховатость должна быть лучше:  $R_z < 40$ .

Отверстия на плате нужно располагать таким образом, чтобы расстояние между краями отверстий было не меньше толщины платы. В противном случае перемычка между отверстиями не будет иметь достаточно механической прочности.

Контактные площадки, к которым будут припаиваться выводы от планарных корпусов, рекомендуется делать прямоугольными.

Печатные проводники рекомендуется выполнять прямоугольной конфигурации, располагая их параллельно линиям координатной сетки.

Проводники на всем их протяжении должны иметь одинаковую ширину. Если один или несколько проводников проходят через узкое место, ширина проводников может быть уменьшена. При этом длина участка, на котором уменьшена ширина, должна быть минимальной.

Следует иметь в виду, что узкие проводники (шириной 0.3 ... 0.4 мм) могут отслаиваться от изоляционного основания при незначительных нагрузках. Если такие проводники имеют большую длину, то следует увеличивать прочность сцепления проводника с основанием, располагая через каждые 25 ... 30 мм по длине

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



проводника металлизированные отверстия или местные уширения типа контактной площадки с размерами 1 на 1 или более.

Если проводник проходит в узком месте между двумя отверстиями, то нужно прокладывать его так, чтобы он был перпендикулярен линии, соединяющей центры отверстий. При этом можно обеспечить максимальную ширину проводников и максимальное расстояние между ними.

Экраны и проводники шириной более 5 мм следует выполнять с вырезами. Связано это с тем, что при нагреве плат в процессе пайки изоляционного основания могут выделяться газы. Если проводник или экран имеют большую ширину, то газы, не находят выхода могут вспучивать фольгу. Формы вырезов может быть произвольной.

Печатную плату с установленными на ней электрорадиоэлементами(ЭРЭ) называют печатным узлом.

Если ЭРЭ имеют штыревые выводы, то их устанавливают в отверстия печатной платы и запаивают. Если корпус ЭРЭ имеет планарные выводы, то их припаивают к соответствующим контактным площадкам внахлест.

ЭРЭ со штыревыми выводами нужно устанавливать на плату с одной стороны. Это обеспечивает возможность использования высокопроизводительных процессов пайки, например пайку «волной». Для ЭРЭ с планарными выводами пайку «волной» применять нельзя. Поэтому их можно располагать с двух сторон печатной платы. При этом обеспечивается большая плотность монтажа, так как на одной и той же плате можно расположить большее количество элементов.

При размещении ЭРЭ на печатной плате необходимо учитывать следующее:

- полупроводниковые приборы и микросхемы не следует располагать близко к элементам, выделяющим большое количество теплоты, а также к источникам сильных магнитных полей (постоянным магнитам, трансформаторам и др.);
- должна быть предусмотрена возможность конвекции воздуха в зоне расположения элементов, выделяющих большое количество теплоты;

- должна быть предусмотрена возможность легкого доступа к элементам, которые подбирают при регулировании схемы.

Если элемент имеет электропроводный корпус и под корпусом проходит проводник, то необходимо предусмотреть изоляцию корпуса или проводника. Изоляцию можно осуществлять надеванием на корпус элемента трубок из изоляционного материала, нанесением тонкого слоя эпоксидной смолы на плату в зоне расположения корпуса, наклеиванием на плату тонких изоляционных прокладок.

Эти элементы могут работать при более жестких механических воздействиях, чем установленные.

В зависимости от конструкции конкретного типа элемента и характера механических воздействий, действующих при эксплуатации (частота и амплитуда вибрации, значение и длительность ударных перегрузок и др.), ряд элементов нельзя закреплять только пайкой за выводы – их нужно крепить дополнительно за корпус.

При установке транзисторов в аппаратуре работающей в условиях вибрации и ударов, корпус должен быть приклеен к плате или к переходной втулке.

ЭРЭ должны располагаться на печатной плате так, чтобы осевые линии их корпусов были параллельны или перпендикулярны друг другу.

На платах с большим количеством микросхем в однотипных корпусах их следует располагать правильными рядами.

Зазор между корпусами должен быть менее 1,5 мм (в одном из направлений).

Элементы, имеющие большую массу, следует размещать вблизи мест крепления платы или выносить их за пределы платы и закреплять на шасси аппарата.

Так как печатные платы имеют малые расстояния между проводниками, то воздействие влаги может привести к таким ухудшениям сопротивления изоляции, при которых будет нарушаться нормальная работа схемы. Поэтому печатные узлы, которые будут работать в сложных климатических условиях, необходимо покрывать слоем лака.

Используемые для этого лаки должны иметь следующие свойства: хорошую адгезию к материалу платы и печатным проводникам; малую влагопоглощаемость; большое сопротивление изоляции; способность быстро высыхать при невысокой плюсовой температуре; отсутствие растрескивания в диапазоне рабочих температур.

#### 4.2 Обоснование разработки компоновки печатной платы

Наиболее распространенная сборочная единица КТУ-1 (ячейка) представляет собою монтажную плату с установленными на ней корпусными ЭРЭ и другими элементами конструкции и внешней коммутации. Основными типами ЭРЭ в современных радиоаппаратах являются ИМС, поэтому в дальнейшем будем говорить лишь об установке ИМС на плату с печатным или проводным монтажом. При этом будем иметь в виду, что аналогичные общие требования предъявляются и к установке дискретных корпусных ЭРЭ.

Выбор варианта установки ИМС на плате ячейки определяет ряд основных параметров электронных устройств. Чем плотнее установка ИМС на плате, тем меньше будут габаритные размеры устройства, длины сигнальных связей и количество усилителей — ретрансляторов сигналов; однако при этом усложняется задача автоматизации проектирования и выполнения монтажа, а следовательно, и стоимость монтажной платы; требуются печатные платы с повышенной плотностью и елейностью монтажа, при этом увеличиваются перекрестные наводки между сигнальными цепями; делается более напряженным температурный режим ИМС и усложняется решение задачи теплоотвода в устройстве в целом. Поэтому определение варианта установки ИМС на плате должно производиться в соответствии с требованиями к конкретному радиоэлектронному аппарату и с учетом характеристик ИМС, выбранных для обеспечения этих общих требований.

Для бортового оборудования аэрокосмических объектов с малой производительностью, использующих микроощные ИМС низкого быстродействия, плотность установки ИМС на плате должна быть максимально возможной; это

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обеспечит необходимые минимальные габаритные размеры оборудования и при малых мощностях и низком быстродействии ИМС не приведет к каким-либо затруднениям в отношении тепловых режимов и помехоустойчивости.

Для больших универсальных ЭВМ высокой производительности, в которых используют наиболее быстродействующие ИМС, потребляющие достаточно высокие мощности, чрезмерное повышение плотности компоновки ИМС нецелесообразно.

Для любых типов корпусов рекомендуется линейно-многорядное расположение ИМС на плате с шагом, кратным 2,5 мм; зазоры между корпусами должны быть не менее 1,5 мм.

ИМС в корпусах со штыревыми выводами устанавливают только с одной стороны печатной платы; штыревые выводы монтируют в сквозные металлизированные отверстия, и концы выводов выступают с обратной стороны платы.

Корпуса ИМС с планарными выводами можно устанавливать на печатных платах с обеих сторон, монтируя выводы на металлизированные контактные площадки, если это позволяет конструкция самой печатной платы.

Штыревые выводы располагают на корпусах ИМС с шагом 2,5 мм, планарные с шагом 1,25 мм. Площадь и высота корпуса со штыревыми выводами при одинаковом числе выводов больше, чем у корпуса с планарными выводами. Учитывая возможность двусторонней установки ИМС в корпусах с планарными выводами на печатной плате, можно сказать, что при прочих равных условиях плотность компоновки ИМС в корпусах с планарными выводами может в несколько раз превосходить плотность компоновки ИМС со штыревыми выводами.

Однако корпуса со штыревыми выводами имеют существенное преимущество перед корпусами с планарными выводами — их установка и пайка на плате проще поддаются автоматизации.

Из сказанного следует, что ИМС в корпусах со штыревыми выводами используют в ЭВМ общего применения, для которых важен фактор низкой стоимо-

сти; ИМС в корпусах с планарными выводами, в основном, используют в военной, аэрокосмической и другой специальной аппаратуре.

На одной плате желательно устанавливать ИМС в корпусах с каким-либо одним типом выводов.

Штыревые выводы, запаянные в сквозные металлизированные отверстия, являются надежным механическим креплением корпуса ИМС на плате.

Планарные выводы удерживают корпус ИМС на плате в результате склейки контактных площадок с диэлектрическим основанием; такое крепление может быть недостаточным для корпусов с большой массой, если аппаратура подвергается заметным механическим воздействиям. В этих случаях должно предусматриваться дополнительное крепление корпуса ИМС к плате, например, с помощью клея.

Перед установкой ИМС на печатную плату выводы ИМС должны быть отформованы и подрезаны в соответствии с выбранным способом установки ИМС. При этом необходимо соблюдать требования технических условий на ИМС в отношении минимально допустимого расстояния от корпуса до места изгиба вывода, радиуса изгиба вывода, расстояния от корпуса до места пайки,

Формовку и подрезку выводов производят с помощью специальных приспособлений, обеспечивающих неподвижность выводов в местах их соединения с корпусом ИМС; это делается во избежание нарушения герметичности корпуса и последующего выхода ИМС из строя.

Изоляционные прокладки устанавливают под корпуса ИМС в тех случаях, когда необходимо их механическое крепление к плате. При этом под корпусом ИМС проходят металлические проводники сигнальных цепей или цепей питания. Металлические прокладки под корпусами ИМС используются в качестве радиаторов; для улучшения теплоотводящих свойств таких прокладок их поверхность может быть развита за пределами корпуса ИМС; один такой радиатор может использоваться для установки нескольких ИМС. Между металлической прокладкой-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

радиатором и внешним слоем печатного монтажа платы помещается изоляционная прокладка.

При объединении на одной печатной плате ИМС в корпусах с планарными и штыревыми выводами последние можно отгибать на  $90^\circ$  и припаивать их как планарные к контактными площадкам. Таким же образом можно припаивать круглые выводы отдельных дискретных ЭРЭ (например, конденсаторов фильтрации цепей питания). Площадь контактных площадок под такими выводами должна быть достаточно большой, чтобы контактные площадки не отслоились от диэлектрического основания платы в результате перегрева при пайке более массивного вывода. Сам элемент должен быть закреплен за корпус (клеем, специальным держателем), чтобы пайка вывода не несла на себе механической нагрузки

Основной же способ закрепления дискретных ЭРЭ с круглыми выводами на печатной плате – это пайка выводов в металлизированные отверстия. Используемые виды формовки выводов и установки дискретных ЭРЭ различной конструкции показаны на.

Если ячейку не используют в качестве ТЭЭ, а она является только конструктивным элементом сборочной единицы более высокого уровня, то на нее устанавливают контакты для пайки или накрутки внешних соединительных проводов. Если же ячейка предназначена для использования в качестве ТЭЭ, то для ее внешней коммутации на плату устанавливается разъем. При установке ЭРЭ на печатные платы необходимо обеспечивать: работоспособность ЭРЭ в условиях, соответствующих эксплуатационным требованиям к ЭВМ;

- удаление ИМС и других полупроводниковых приборов от наиболее тепловыделяющих элементов;
- необходимые зазоры вокруг ЭРЭ и радиаторов с большим выделением тепла для прохождения охлаждающих потоков воздуха; установку ЭРЭ на изоляционные прокладки, если под ними проходит печатный монтаж;

- защиту ЭРЭ и монтажа, расположенных вблизи ручек, используемых для вставления и вынимания ячеек;
- свободный доступ к любому ЭРЭ для его замены в ячейках ремонтно-пригодной конструкции, а также подборочным и регулировочным элементам;
- возможность выполнения технологических процессов ручной или механизированной установки ЭРЭ и групповой пайки;
- возможность нанесения влагозащитного покрытия без попадания на места, не подлежащие покрытию (контакты разъемов, контрольные точки);
- расположение наиболее массивных ЭРЭ и элементов конструкции (радиаторов, разъемов) ближе к местам крепежа платы для ячеек ЭВМ, работающих при значительных механических нагрузках.

В ячейках различной конструкции и назначения предусматриваются: ручки или специальные отверстия и прорези в печатных платах для вынимания ячеек из ЭВМ, контрольные точки для определения правильности функционирования ячеек в составе ЭВМ или при их предварительной проверке, внешние контакты ячеек под пайку или накрутку в составе сборочных единиц более высоких КТУ, шины подводки напряжений питания к ИМС, металлические накладки и рамки для окантовки печатных плат ячеек-ТЭЗ, используемых в условиях значительных механических воздействий, узлы крепления печатных плат к таким накладкам и рамкам, замки, обеспечивающие надежное крепление рамочных ячеек-ТЭЗ в составе ЭВМ.

## 5 Технологическая часть

### 5.1 Разработка и изготовление печатных плат

При разработке различных устройств радиолюбители пользуются обычно двумя способами изготовления печатных плат – прорезанием канавок и травлением рисунка, используя стойкую краску. Первый способ прост, но не пригоден для выполнения сложных устройств. Второй – более универсален, но порой пугает радиолюбителей сложностью из-за незнания некоторых правил при проектировании и изготовлении травленых плат. Об этих правилах и рассказывается в разделе.

Проектировать печатные платы наиболее удобно в масштабе 2:1 на миллиметровке или другом материале, на котором нанесена сетка с шагом 5мм. При проектировании в масштабе 1:1 рисунок получается мелким, плохо читаемым и поэтому при дальнейшей работе над печатной платой неизбежны ошибки. Масштаб 4:1 приводит к большим размерам чертежа и неудобству в работе.

Все отверстия под выводы деталей в печатной плате целесообразно размещать в узлах сетки, что соответствует шагу 2,5 мм на реальной плате (далее по тексту указаны реальные размеры). С таким шагом расположены выводы у большинства микросхем в пластмассовом корпусе, у многих транзисторов и других радиокомпонентов. Меньшее расстояние между отверстиями следует выбирать лишь в тех случаях, когда это необходимо.

В отверстия с шагом 2,5 мм, лежащие на сторонах квадрата 7,5х7,5 мм, удобно монтировать микросхему в круглом металлостеклянном корпусе. Для установки на плату микросхемы в пластмассовом корпусе с двумя рядами жестких выводов в плате необходимо просверлить два ряда отверстий. Шаг отверстий – 2,5 мм, расстояние между рядами кратно 2,5 мм, заметим, что микросхемы с жесткими выводами требуют большей точности разметки и сверления отверстий.

Если размеры печатной платы заданы, вначале необходимо начертить её контур и крепёжные отверстия. Вокруг отверстий выделяют запретную для про-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



водников зону с радиусом, несколько превышающим половину диаметра металлических крепёжных элементов. Далее следует примерно расставить наиболее крупные детали – реле, переключатели (если их впаивают в печатную плату), разъёмы, большие детали и т.д. Их размещение обычно связано с общей конструкцией устройства, определяемой размерами имеющегося корпуса или свободного места в нём. Часто, особенно при разработке портативных приборов, размеры корпуса определяют по результатам разводки печатной платы.

Цифровые микросхемы предварительно расставляют на плате рядами с межрядными промежутками 7,5 мм. Если микросхем не более пяти, все печатные проводники обычно удаётся разместить на одной стороне платы и обойтись небольшим числом проволочных перемычек, впаиваемых со стороны деталей. Попытки изготовить одностороннюю печатную плату для большого числа цифровых микросхем приводят к резкому увеличению трудоёмкости разводки и чрезмерно большому числу перемычек. В этих случаях разумнее перейти к двусторонней печатной плате.

Условимся называть ту сторону платы, где размещены печатные проводники, стороной проводников, а обратную стороной деталей, даже если на ней вместе с деталями проложена часть проводников. Особый случай представляют платы, у которых и проводники, и детали размещены на одной стороне, причём детали припаяны к проводникам без отверстий. Платы такой конструкции применяют редко.

Микросхемы размещают так, чтобы все соединения на плате были возможно короче, а число перемычек было минимальным. В процессе разводки проводников взаимное размещение микросхем приходится менять не раз.

Рисунок печатных проводников аналоговых устройств любой сложности обычно удаётся развести на одной стороне платы. Аналоговые устройства работающие со слабыми сигналами, и цифровые на быстродействующих микросхемах (например, серий КР531, КР1531, К500, КР1554) независимо от частоты их работы их работы целесообразно собирать на платах с двусторонним фольгированием,

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

причём фольга той стороны платы, где располагают детали, будет играть роль общего провода и экрана. Фольгу общего провода не следует использовать в качестве проводника для большого тока, например от выпрямителя блока питания, от выходных ступеней, от динамической головки. Далее можно начинать собственно разводку. Полезно заранее измерить и записать размеры мест, занимаемых используемыми элементами. Резисторы МЛТ - 0,125 устанавливают рядом, соблюдая расстояние между их осями 2,5 мм, а между отверстиями под выводы одного резистора – 10 мм. Так же размечают места для чередующихся резисторов МЛТ - 0,125 и МЛТ - 0,25, либо двух резисторов МЛТ - 0,25, если при монтаже слегка отогнуть один от другого (три таких резистора поставить вплотную к плате уже не удаётся). С такими же расстояниями между выводами и осями элементов устанавливают большинство малогабаритных диодов и конденсаторов КМ - 5 и КМ - 6, вплоть до КМ - 66 ёмкостью 2,2 мкФ. Не надо размещать бок о бок две “толстые” (более 2,5 мм) детали, их следует чередовать с “тонкими”. Если необходимо, расстояние между контактными площадками той или иной детали увеличивают относительно необходимого. В этой работе удобно использовать небольшую пластину – шаблон из стеклотекстолита или другого материала, в которой с шагом 2,5 мм насверлены рядами отверстия диаметром 1...1,1 мм, и на ней при мерять возможное взаимное расположение элементов.

Если резисторы, диоды и другие детали с осевыми выводами располагать перпендикулярно печатной плате, можно существенно уменьшить её площадь, однако рисунок печатных проводников усложнится.

При разводке следует учитывать ограничения в числе проводников, помещающихся между контактными площадками, предназначенными для подпайки выводов радиоэлементов. Для большинства используемых в радиолюбительских конструкциях деталей диаметр отверстий под выводы может быть равен 0,8 мм. Ограничения на число проводников для типичных вариантов расположения контактных площадок с отверстиями такого диаметра приведены на рис. 135 (сетка соответствует шагу 2,5 мм на плате). Между контактными площадками отверстий

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

с межцентровым расстоянием 2,5 мм провести проводник практически нельзя. Однако это можно сделать, если у одного или обоих отверстий такая площадка отсутствует (например, у неиспользуемых выводов микросхемы или у выводов любых деталей, припаиваемых на другой стороне платы. Вполне возможна прокладка проводников между контактной площадкой, центр которой лежит в 2,5 мм от края платы, и этим краем.

При использовании микросхем, у которых выводы расположены в плоскости корпуса (серии 133, K134 и др.), их можно смонтировать, предусмотрев для этого соответствующие фольговые контактные площадки с шагом 1,25 мм, однако это заметно затрудняет и разводку, и изготовление платы. Гораздо целесообразнее чередовать подпайку выводов микросхем к прямоугольным площадкам со стороны деталей и к круглым площадкам через отверстия на противоположной стороне. Плата здесь – двусторонняя. Подобные микросхемы, имеющие длинные выводы (например, серии 100), можно монтировать так же, как пластмассовые, изгибая выводы и пропуская их в отверстия платы. Контактные площадки в этом случае располагают в шахматном порядке.

При разработке двух сторонней платы надо постараться, чтобы на стороне деталей осталось возможно меньшее число соединений. Это облегчит исправление возможных ошибок, налаживание устройства и, если необходимо, его модернизацию. Под корпусами микро схем поводят лишь общий провод и провод питания, но подключать их нужно только к выводам питания микросхем. Проводники к входам микросхем, подключаемым к цепи питания или общему проводу, прокладывают на стороне проводников, причем так, чтобы их можно было легко перерезать при налаживании или усовершенствовании устройства.

Если же устройство настолько сложно, что на стороне деталей приходится прокладывать и проводники сигнальных цепей, позаботьтесь о том, чтобы любой из них был доступен для подключения к нему и перерезания.

При разработке радиолюбительских двусторонних печатных плат нужно стремиться обойтись без специальных перемычек между сторонами платы, ис-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

пользуя для этого контактные площадки соответствующих выводов монтируемых деталей; выводы в этих случаях пропаивают с обеих сторон платы. На сложных платах иногда удобно некоторые детали подпаивать непосредственно к печатным проводникам.

При использовании сплошного слоя фольги платы в роли общего провода отверстия под выводы, не подключаемые к этому проводу, следует раззенковать со стороны деталей.

Обычно узел, собранный на печатной плате, подключают к другим узлам устройства гибкими проводниками. Чтобы не испортить печатные проводники при многократных перепайках, желательно предусмотреть на плате в точках соединений контактные стойки (удобно использовать штыревые контакты диаметром 1 и 1,5 мм от разъемов 2РМ). Стойки вставляют в отверстия просверленные точно по диаметру и пропаивают. На двухсторонней печатной плате контактные площадки для распайки каждой стойки должны быть на обеих сторонах.

Предварительную разводку проводников удобно выполнять мягким карандашом на листе гладкой бумаги. Сторону печатных проводников рисуют сплошными линиями, обратную сторону – штриховыми.

По окончании разводки и корректировки чертежа под него кладут копировальную бумагу красящим слоем на верх и красной или зеленой шариковой ручкой обводят контуры платы, а также проводники и отверстия, относящиеся к стороне деталей. В результате на обратной стороне листа получится рисунок проводников для стороны деталей.

Далее следует вырезать из фольгированного материала заготовку соответствующих размеров и разместить ее с помощью штангельциркуля сеткой шагом 2,5 мм. Кстати, размеры платы удобно выбрать кратными 2,5 мм - в этом случае размечать ее можно с четырех сторон. Если плата должна иметь какие-либо вырезы, их делают после разметки. Двустороннюю плату размечают со стороны, где проводников больше.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

После этого фломастером размечают «по клеточкам» центры всех отверстий, накалывают их шилом и сверлят все отверстия сверлом диаметром 0,8 мм.

Для сверления плат удобно пользоваться самодельной миниатюрной электродрелью. Ее изготавливают на основе небольшого электродвигателя, лучше низковольтного. На его валу укрепляют сменные латунные патроны вилки на разные диаметры D сверла.

Обычные самодельные сверла при обработке стеклотекстолита довольно быстро тупятся.

После сверления платы заусенцы с краев отверстий снимают сверлом большого диаметра или мелкозернистым бруском. Плату обезжиривают, протерев салфеткой, смоченной спиртом или ацетоном, после чего, ориентируясь на положение отверстий, переносят на нее нитрокраской рисунок печатных проводников в соответствии с чертежом.

Для этого обычно используют стеклянный рейсфендер, но лучше изготовить простой самодельный чертежный инструмент. К концу обломанного ученического пера припаять укороченную до 10 ... 15 мм инъекционную иглу диаметром 0,8 мм. Рабочую часть иглы надо зашлифовать на мелкозернистой наждачной бумаге.

В воронку инструмента каплями заливают нитрокраску и, осторожно взяв ее в губы, слегка дуют для того, чтобы краска прошла через канал иглы. После этого надо лишь следить за тем, чтобы воронка была наполнена краской не менее чем на половину.

Необходимую густоту краски определяют опытным путем по качеству проводимых линий. При необходимости ее разбавляют ацетоном или растворителем 646. Если же надо сделать краску более густой, ее оставляют на некоторое время в открытой посуде.

В первую очередь рисуют контактные площадки, а затем проводят соединения между ними; начиная с тех участников, где проводники расположены тесно. После того, как рисунок в основном готов, следует по возможности расширить

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

проводники общего провода питания, что уменьшит их сопротивление и индуктивность, а значит, повысит стабильность работы устройства. Целесообразно также увеличить контактные площадки, особенно те, к которым будут припаяны стойки и крупногабаритные детали. Для защиты больших поверхностей фольги от травильного раствора их заклеивают любой липкой пленкой.

В случае ошибки при нанесении рисунка не торопитесь сразу же исправить ее – лучше поверх неверно нанесенного проводника проложить правильный, а лишнюю краску удалить при окончательном исправлении рисунка ( его проводят, пока краска не засохла). Острым скальпелем или бритвой прорезают удаляемый участок по границам, после чего его выскребают.

Специально сушить нитрокраску после нанесения рисунка не нужно. Пока вы исправляете плату, отмываете инструмент, краска сохнет. Для очистки канала иглы от краски удобно использовать отрезок тонкой стальной проволоки, который можно хранить в той же игле.

Травят плату обычно в растворе хлорного железа. Нормальной концентрацией раствора можно считать 20 ... 50%. Разводят 500 г порошка хлорного железа в горячей кипяченой воде до получения общего объема раствора, равного 1 л. Раствор хранят в обычной литровой стеклянной банке, а перед травлением подогревают до 45 ... 60° С, поставив банку в горячую воду.

Платы размерами до 130 на 65 мм удобно травить в этой же банке, подвесив их на медном обмоточном проводе диаметром 0,5 ... 0,6 мм. Платы больших размеров травят в литровом полиэтиленовом пакете из под сока или фотографической кюветы, для чего в угловые крепежные отверстия платы вставляют обломки спичек, обеспечивающие зазор 5 ... 10 мм между платой и дном кюветы. Продолжительность травления – 10 ...60 мин, она зависит от температуры, концентрации раствора, толщины медной фольги. Для интенсификации процесса раствор перемешивают, покачивая банку или кювету. Поскольку раствор быстро остывает, банку или кювету лучше поставить в другой сосуд больших габаритов с горя-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

чей водой, ее периодически подогревают или заменяют воду. Травление проводят под вытяжкой или в хорошо проветриваемом помещении.

Раствор можно использовать в течении нескольких лет. Существуют способы регенерации отработавшего раствора.

Протравленную плату отмывают от следов хлорного железа под струей горячей воды, одновременно очищая каким - либо скребком от рисунка, сделанного нитрокраской.

Промытую плату просушивают, рассверливают и при необходимости раззенковывают отверстия, в том числе и не имеющие контактной площадки, зачищают мелкозернистой наждачной бумагой, протирают салфеткой, смоченной спиртом или ацетоном, а затем покрывают канифольным лаком (раствор канифоли в спирте).

Некоторые радиолюбители рекомендуют лудить все проводники платы. По мнению автора, такие платы выглядят весьма кустарно, кроме того, при лужении возможно замыкание соседних проводников перемычками из припоя.

Перед монтажом радио элементов на плату потемневшие выводы следует зачищать до блеска, лудить их необязательно. В качестве флюса лучше пользоваться канифольным лаком, а не твердой канифолью. Микросхемы следует подпаивать за кончики выводов, вставляя их в монтажные отверстия не до упора, а лишь до выхода выводов со стороны пайки на 0,5 ... 0,8 мм, - это облегчит их демонтаж в случае ремонта и уменьшит вероятность замыканий в двухсторонних платах. Под радиоэлементы в металлических корпусах при монтаже на двустороннюю плату следует подложить бумажные прокладки и приклеить их к плате тем же канифольным лаком.

При монтаже полевых транзисторов с изолированным затвором и микросхем структуры МОП и КМОП для исключения случайного пробоя их статическим электричеством нужно уравнивать потенциалы монтируемой платы паяльника и тела монтажника. Для этого на ручку паяльника достаточно намотать бандаж из нескольких витков неизолированного провода (или укрепить металлическое коль-

цо) и соединить его через резистор сопротивлением 100 ... 200 кОм с металлическими частями паяльника. Конечно, обмотка паяльника не должна иметь контакта с его жалом. Во время монтажа следует касаться свободной рукой проводников питания на монтируемой плате. Если микросхема хранится в металлической коробке или ее выводы защищены фольгой, прежде чем взять микросхему, нужно дотронуться до коробки или фольги и «снять» статическое электричество.

Смонтированную плату желательно отмыть спиртом, пользуясь небольшой жесткой кистью, а затем покрыть канифольным лаком – такое покрытие, как ни странно, весьма влагостойко и сохранит «паяемость» платы на долгие годы, что удобно при ремонте и доработке устройства..

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 6 Организационная часть

### 6.1 Организация рабочего места оператора при эксплуатации электронной аппаратуры

Для успешного монтажа электро- и радиоаппаратуры необходимо знать правила выполнения монтажных работ и их технологические особенности. Надо также знать, в каких условиях будет работать данный прибор, чтобы обеспечить удобство его ремонта при эксплуатации, замены отдельных деталей, доступность проверки работы цепей и блоков.

Рабочим местом монтажника является монтажный стол или верстак, оснащенный необходимым оборудованием и приспособлениями. Правильная организация рабочего места существенно влияет на производительность труда рабочего и качество выполняемой продукции. На рабочем месте монтажника размещают все необходимые для выполнения текущей работы инструменты, детали и оборудование.

Последним дополнением к рабочему столу монтажника являются кассы которые служат для хранения крепежных деталей и монтируемых радиодеталей. Они могут иметь самую разнообразную конструкцию. Инструменты раскладывают по ящикам стола в строгом порядке – по группам применения. Нельзя хранить в одном ящике измерительные, монтажные, сборочные и слесарные инструменты. Размещение инструментов в ящике должно быть продумано. Лучше всего хранить инструменты в ящиках со специально изготовленными для них гнездами, подобно тому, как это делается в готовальне. Измерительные инструменты обычно выдают монтажнику из инструментальной кладовой в специальных футлярах или укладочных ящиках, поэтому гнезд для их укладки в ящике не требуется.

Иногда с правой стороны стола крепят тески, на которых выполняют мелкие слесарные работы, встречающиеся при сборки или монтаже радио аппаратуры. Паяльник устанавливают на подставку. Для включения паяльника устанавливают

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

колодку с несколькими штепсельными гнездами, к которым подводят напряжение от различных отводов обмотки трансформатора.

На монтажника устанавливают определенный трансформатор, рассчитанный на одно рабочее место. При установке трансформатора или колодки шнур располагают вне стола, что бы не мешало передвижению паяльника. Подставку для паяльника изготавливают вместе с коробкой, разделенной на две части – для флюса и припоя. На дно коробки кладут прессшпан или плотную бумагу, которые при загрязнении флюсом выбрасывают в месте с ним. Количество флюса в коробке не должно превышать  $4 \dots 5 \text{ см}^3$ , его часто надо менять полностью. Припой также кладут в коробку в небольшом количестве, так как загрязненный нагаром и окалиной стержня паяльника он требует больше времени для плавления, чем чистый. Загрязненный припой собирают в одно место для переплавки.

Стол монтажника должен быть хорошо освещен дневным светом. При искусственном освещении применяют лампочку не более  $40 \dots 60 \text{ Вт}$ , создающие вполне достаточную освещенность рабочего места на расстоянии  $0,5 \dots 0,75 \text{ м}$  от освещаемой плоскости. Свет должен падать равномерно; теней, затрудняющих работу монтажника, должно быть, возможно, меньше. При правильном освещении рабочего места не должно быть ослепляющего воздействия на глаза источника света, вызванного его чрезмерной яркостью. Очень удобна арматура с подвижным или поворотным кронштейном и глубоким отражателем, в котором лампочка утопает целиком.

Технологическую карту помещают в рамку и располагают на специальном кронштейне, что бы она всегда находилась в поле зрения монтажника. Объект монтажа располагают в нормальной зоне движения рук рабочих.

Для удаления вредных испарений и продуктов горения, образующих в процессе пайки или сварки, на рабочем месте оборудуют вытяжную вентиляцию. Если применяют электро сварку в монтажных соединениях, рабочее место снабжают специальными щитами или занавесками, защищающими глаза от вредного воздействия дневного света сварочной дуги исходящей от соседних рабочих мест.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Что бы предохранить монтируемый прибор от повреждений, на рабочий стол монтажника укладывают коврик из губчатой резины, а для хранения легко воспламеняющих жидкостей используют металлический ящик.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 7 Безопасность жизнедеятельности

В настоящем разделе дипломного проекта описываются основные опасности, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации разрабатываемого устройства, и рассматриваются меры их устранения.

Анализатор АКБ предназначен для анализа аккумуляторных батарей . Проверяемые аккумуляторы полностью должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 61960-2007. «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие некислотные электролиты».

### 7.1 Требования к электробезопасности

По способу защиты человека от поражения электрическим током непосредственно анализатор АКБ относится к третьему классу.

Рассматриваемый в дипломной работе Анализатор АКБ представляет собой печатную плату, которая имеет питание 5 В. Соответственно, она работает при сверхнизком безопасном напряжении и не имеет ни внешних, ни внутренних электрических цепей другого более высокого напряжения. Используемое напряжение меньше 50В не несет опасности пробоя рогового слоя кожи человека.

Адаптивный беспроводной анализатор сигналов аккумуляторных батарей является переносным устройством . Диапазон измеряемых напряжений составляет от 0,8 до 4,5 В, а ток нагрузки может достигать 3 А, что для человека является безопасным. Беспроводная часть работает на частотах 2,4 ... 2,48 ГГц. На людей такое излучение не оказывает никакого воздействия и вреда.

Электрическая схема изделия исключает возможность его самопроизвольного включения и отключения. Расположение и соединение частей изделия выполнены с учетом удобства и безопасности наблюдения за изделием при выполнении сборочных работ, проведении осмотра, испытаний и обслуживания.

Ввод проводов в корпус устройства осуществляется через изоляционные детали. Конструкция и материал вводных устройств исключает возможность слу-

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

чайного прикосновения к токоведущим частям, электрических перекрытий, а также замыкания проводников на корпус и накоротко. Конструкция изделия исключает возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей. Конструкция штепсельных розеток и вилок для напряжений свыше 42 В отличается от конструкции розеток и вилок для напряжений 42 В и менее. Штепсельные разъемы имеют маркировку, позволяющую определить те части разъемов, которые подлежат соединению между собой. Ответные части одного и того же разъема имеют одинаковую маркировку. Маркировка проводников выполнена на обоих концах проводника в соответствии с нормативно-технической документацией. Некоторые проводники (проводники соединения общего провода, различные номиналы питания и т.д.) выделены цветовой окраской, уникального цвета.

Оболочки изделия соединены с основными частями изделия в единую конструкцию, закрывают опасную зону и снимаются только при помощи инструмента.

## 7.2 Требования к средствам отображения информации

Изделие оборудовано световым сигналом для указания на наличие питания на анализаторе.

Световая сигнализация, в соответствии с п. 3.8 ГОСТ 12.2.007.0-75, выполнена предписываемым цветом и имеет надпись, указывающую на питание.

## 7.3 Требования к изоляции

Выбор изоляции изделия и его частей определяются классом нагревостойкости материалов, уровнем напряжения электрической сети, а также значениями климатических факторов окружающей устройство среды. Изоляция частей изделия, доступных для случайного прикосновения, обеспечивает защиту человека от поражения электрическим током и имеет температуру, недостаточную для повреждения наружного кожного слоя человека.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Покрытие токоведущих частей изделия лаком, эмалью или аналогичными материалами не является достаточным для защиты от поражения при непосредственном прикосновении к этим частям и для защиты от переброса электрической дуги от токоведущих частей изделия на другие металлические части. В связи с этим применяется изоляционный материал, который состоит из поливинилхлорида. Он не проводит ток, толщина его изоляции составляет 0,5 мм, что позволяет в полной мере изолировать токопроводящие слои печатных плат.

Изоляция изделия и его узлов должна сохранять свои диэлектрические свойства для безопасного функционирования при климатических условиях:

- температура окружающего воздуха:
- для устройств размещенных внутри аппаратной, от 233 до 323 К (от минус 40 до плюс 50 С°);
- для устройств, размещенных вне аппаратной, от 223 до 323 К (от минус 50 до плюс 50С°);
- относительной влажности воздуха до 95% при температуре не выше 308 К ( плюс 35 С°);
- непосредственного воздействия атмосферных осадков и солнечной радиации. Система кондиционирования обеспечивает в процессе эксплуатации температуру внутри аппаратной в пределах от 283 до 303 К (от плюс 10 до плюс 30).

#### 7.4 Указание мер безопасности

При проведении испытаний и настройки Анализатора АКБ необходимо соблюдать следующие меры по технике безопасности:

- к работе допускаются лица не моложе 18 лет имеющие практические навыки работы с аналогичной аппаратурой и оборудованием;
- осуществлять ремонтные, слесарные и монтажные работы разрешается только при полном отключении проверяемой аппаратуры от источников питания;

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– при проведении испытаний Анализатора АКБ на запястье регулировщиков должен находиться антистатический браслет во избежание случайного сбоя платы.

В целях предотвращения несчастных случаев и повреждения изделия при испытаниях необходимо:

–производить включение и отключение Анализатора АКБ только с помощью штатных выключателей (в строгом порядке, оговоренном в техническом описании на соответствующий прибор);

–размещать переносные приборы на рабочем столе, полках или выдвижных столиках.

Запрещается:

–подключать к сети «220 В 50 Гц» аппаратуру без надлежащего заземления;

–подключать и отключать присоединительные кабели, производить замену электро- и радиодеталей, производить пайки под напряжением;

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 8 Экономическая часть

### 8.1 Расчет себестоимости анализатора на микроконтроллере ATmega48

**Себестоимость** - изделия, детали представляет собой сумму затрат в денежном выражении на производство и реализацию, приходящихся на единицу продукции.

В курсовом проекте в зависимости от задания рассчитываются цеховая, производственная, полная себестоимость или оптовая цена.

**Калькуляция** – расчёт затрат на производство и реализацию единицы продукции по калькуляционным статьям расходов. В электронной промышленности в качестве калькуляционной единицы, как правило, принимается 1 или 1000 изделий.

Методика расчёта калькуляционных статей расходов приводится.

#### **Статья №1. Сырьё и основные материалы**

В эту статью включаются затраты на сырьё и основные материалы, которые образуют основу изготавливаемой продукции или являются необходимыми компонентами при её изготовлении. Кроме затрат на основные материалы к полученному итогу добавляются надбавки на транспортные и заготовительные расходы в размере от 5 до 10 % и исключается сумма, получаемая от реализации доходов в размере 1 ... 2 % от стоимости сырья и основных материалов. Стоимость всех материалов рассчитывается по оптовым ценам, установленным в действующих прейскурантах. Данные приведены в таблице №4.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57



Таблица 4 – Расчет материала на изготовление изделия

Наименование операции	Материал	Ед. измерения	Размерность материала	Кол-во материала	Кол-во на плате	Расход материала в изделии на операцию
1 Лужение	Припой ПОС-61	1 пайка	Кг	0,00014	250	0,035
	Флюс ФкСП	1 пайка	Кг	0,00016	250	0,04
	Спирто бензин	1 пайка	л	0,00015	250	0,038
2 Монтаж	Припой ПОС-61	1 пайка	Кг	0,00021	250	0,053
	Флюс ФкСП	1 пайка	Кг	0,00016	250	0,04
	Спирто бензин	1 пайка	л	0,0005	250	0,13
3 Лакирование	Лак УР-231	На 1 м <sup>2</sup>	Кг	0,20	0,019	0,004
<b>ИТОГО</b>						
Припой ПОС-61		на изделие		Кг		0,088
Флюс ФкСП		на изделие		Кг		0,08
Спирто-бензин		на изделие		Л		0,17
Лак УР-231		на изделие		Кг		0,004

### Статья №2. Покупные комплектующие и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение готовых изделий и полуфабрикатов, требующих дополнительных затрат труда на их обработку или сборку при укомплектовании выпускаемой продукции. Расчет стоимости покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий, производится аналогично расчету стоимости основных материалов. Стоимость рассчитывается по оптовым це-

нам, установленным в действующих прејскурантах. Все выявленные данные по расходу радиодеталей и узлов в конечном счёте сводятся в таблицу №5.

Таблица 5 – Ведомость основных материалов и расчет их стоимости

Наименование	Марка	Ед. изм.	Общее кол-во расходов на изделие	Установленная цена за единицу изделия	Общая Стоимость
Припой	ПОС-61	Кг.	0,088	192,00	16,90
Канифоль	ФкСП	Кг.	0,08	150,00	12,00
Лак	УР-231	Кг/ м2	0,004	70,00	0,28
Стеклотекстолит		Шт.	2	10,00	20,00
Спирт		л.	0,17	90,00	15,30
Корпус		Шт.	1	50,00	50,00
Итого					114,48
Транспортные расходы 10%					11,45
Сумма от реализации отходов 2%					2,29
Итого					128,22

### **Статья №3. Основная заработная плата производственных рабочих**

В эту статью включаются затраты на основную заработную плату производственных рабочих, непосредственно связанных с изготовлением продукции. В состав основной заработной платы включаются: оплата операций и работ по сдельным нормам и расценкам. Расчёт приведён в таблице №6.

Таблица 6 – Расчет стоимости покупных комплектующих деталей

Наименование	Тип, марка	Ед. изм	Общ. кол-во шт.	Цена за Ед.изд.,руб	Общая стоимость
Резисторы	P1-8П	-	19	0,70	13,30
Диоды	1SS319	-	2	41,00	82,00
Светодиоды	АЛ307ВМ	-	1	15,00	15,00
Конденсатор оксидный	К50-36	-	2	6,00	12,00
Конденсатор керамический	К10	-	11	2,00	22,00
Микросхемы	АТmega48	-	1	130,00	130,00
	XC6202P502T	-	1	7,00	7,00
	TC7W04F	-	2	66,00	132,00
	LMV772M	-	2	160,00	320,00
Транзисторы	FDS5680	-	2	140,0	280,00
	2SK3163	-	1	4,25	8,50
	H7N0308CF		1	182,00	182,00
Кварцевый резона- тор	DT-38	-	1	6,00	6,00
Дроссель	B82720S2301N040	-	1	98,00	98,00
Радиатор	HS 113-50	-	1	180,00	180,00
Итого					1487,8
Транспортные расходы 10%					148,78
<b>ИТОГО:</b>					<b>1636,58</b>

**Статья №4. Дополнительная заработная плата производственных рабочих**

В эту статью включаются затраты на выплаты, предусмотренные законодательством о труде или коллективными договорами за не проработанное на производстве время: компенсация за неиспользованный отпуск; оплата льготных часов

подростков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и др.

Принимается в размере 10-20% от основной зарплаты.

Данные приведены в таблице №6.

### **Статья №5. Отчисления на социальное страхование**

В эту статью включаются отчисления на социальное страхование по установленным нормам от суммы основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих.

$$O_{\text{соц.ст}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot 27 \% / 100 \%$$

$$O_{\text{соц.ст.}} = 115,19 \cdot 0,27 = 31,10 \text{ руб.}$$

### **Статья №6. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования**

В эту статью включаются затраты на содержание, амортизацию и текущий ремонт производственного оборудования, цехового транспорта, приборов, рабочих мест. С разрешения вышестоящих организаций иногда допускается распределение расходов на содержание и эксплуатацию оборудования между отдельными видами изделий пропорционально основной заработной плате производственных рабочих.

Исходные данные для расчёта затрат на содержание и эксплуатацию оборудования при определении себестоимости изделия берутся на предприятии, где будет изготавливаться проектируемое изделие в размере 80-300% от  $Z_{\text{осн}}$ . Например, если 100%, то

$$P_{\text{сэо}} = 100 \% \cdot Z_{\text{осн}} / 100 \%$$

$$P_{\text{сэо}} = 104,72 \text{ руб.}$$

### **Статья №7. Цеховые расходы**

В эту статью включаются затраты на заработную плату аппарата управления цехом; амортизация и затраты на содержание и текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря общецехового назначения; затраты на реализацию и изобретательство цехового характера; затраты на мероприятия по охране труда и

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

другие расходы цеха, связанные с управлением обслуживания производства. Для большинства предприятий этот процент составляет от 80 до 300.

Например, если процент цеховых расходов равен 100, то цеховые расходы составляют

$$Цр = 100/100 (Зосн + Р_{с.э.о.}),$$

$$Цр = 104,72 + 104,72 = 209,44 \text{ руб.}$$

Найдем цеховую себестоимость

$$С_{ц} = М + П_{п.ок} + З_{об} + О_{соц.ст} + Р_{сэо} + Цр ,$$

$$С_{ц} = 128,2 + 806,10 + 115,19 + 31,10 + 104,72 + 209,44 = 1394,75 \text{ руб.}$$

### **Статья №8. Общезаводские расходы**

В эту статью включаются затраты, связанные с управлением предприятия и организацией производства в целом. Общезаводские расходы определяются исходя из процента общезаводских расходов, принятого по данным предприятия, где предполагается организовать производство проектируемого объекта, и основной заработной платы производственных рабочих (без доплат по прогрессивно-премиальным системам) и расходов на содержание и эксплуатацию оборудования. Для большинства предприятий этот процент составляет от 80 до 300. В таблице №7 показан путь изделия.

Таблица 7 – Маршрут изготовления устройства

Код	Действие	Трудоёмкость ч.
005	Комплектование	0,350
010	Контроль	0,025
015	Подготовка	0,550
020	Контроль	0,125
025	Сборка	0,923
030	Контроль	0,025

Продолжение таблицы 7

Код	Действие	Трудоёмкость ч.
035	Монтаж	2,210
040	Контроль	0,025
045	Регулировка	0,280
050	Контроль	0,025
055	Лакирование	0,250
060	Контроль	0,025
075	Сборка	0,250
080	Контроль	0,0250
085	Испытание	0,350

Общезаводские расходы составят

$$\text{ОЗР} = 80 / 100 (\text{Зосн} + \text{Рс.э.о.}),$$

$$\text{ОЗР} = 209,44 \cdot 0,8 = 167,55 \text{ руб.}$$

Найдем производственную себестоимость

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{ц}} + \text{ОЗР}$$

$$C_{\text{пр.}} = 1394,75 + 167,55 = 1562,3 \text{ руб.}$$

**Статья №9. Внепроизводственные расходы**

В эту статью калькуляции включаются расходы, связанные с упаковкой и отправкой готовой продукции. Обычно их размер принимается 2...4 % от производственной стоимости.

После расчёта всех статей расходов необходимо составить сводную таблицу №8.

Таблица 8 – Расчет трудоемкости и заработной платы основных рабочих

Наименование операции	Разряд	Трудоёмк. ч.	Часов. тарифн. Ставка	Основн. зарплат. руб.	Дополн. зарплат. руб.10 %	Общая зарплат руб.
Изготовление печ. платы	2	0,90	15,85	14,27	1,43	15,70
Сборка	4	1,18	20,19	23,82	2,38	26,20
Монтаж	4	2,46	20,19	49,67	4,96	54,63
Наладка	5	0,80	21,20	16,96	1,70	18,66
ИТОГО:				104,72	10,47	115,19

Полная себестоимость

$$C_{\text{ПОЛ}} = C_{\text{ПР}} + P_{\text{ВПР}},$$

$$C_{\text{ПОЛ.}} = 1562,3 + 31,25 = 1593,55 \text{ руб.}$$

## 8.2 Расчёт стоимости разрабатываемого программного обеспечения

В рамках данного курсового проекта реализуется система управляющей программы МК. Затраты на разработку программного обеспечения для управляющей программы МК вычисляется следующим образом

$$\text{Производственные затраты } K_{\text{ПР}} = C_{\text{МАШ}} + C_{\text{НАКЛ}} + \text{ЗП},$$

где  $K_{\text{ПР}}$  – производственные затраты;

$C_{\text{маш}}$  – стоимость машинного времени;

$C_{\text{накл}}$  – накладные расходы, 10 % от основной заработной платы.

При проведении научно-исследовательской работы, в состав накладных расходов включаются заработная плата персонала и материалы, которые используются во время работы.

Определим трудоёмкость производимой работы. Примем её равной 0,1 человека/месяца. Рассчитаем стоимость 0,1 человека/месяца. Она складывается из основной заработной платы, дополнительной заработной платы (10 % от основной заработной платы) и отчислений на социальное страхование 27 % от полной заработной платы.

Основная заработная плата вычисляется следующим образом

$$Z_{\text{осн}} = N_{\text{разр}} + ЗП + T_{\text{разр}},$$

где  $N_{\text{разр}}$  – количество сотрудников, разрабатывающих программный продукт;

ЗП – заработная плата сотрудников;

$T_{\text{разр}}$  – время, затраченное на разработку программного обеспечения.

По данным ГОУ КТЭП заработная плата инженера 2300 рублей. Вычисляем основную заработную плату:  $Z_{\text{осн}} = 230$  руб.

Вычисляем дополнительную заработную плату, как 10 % от основной заработной платы:  $Z_{\text{доп.}} = 23$  руб.

Вычисляем размер отчисления на социальные нужды, как 27 % от полной заработной платы

$$\text{ОТЧИСЛ}_{\text{соц.}} = (230 + 23) \cdot 0,27 = 68,31 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы инженера

$$\text{ФЗП}_{\text{инж.прогр.}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}} + \text{ОТЧИСЛ}_{\text{соц.}} = \text{руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{инж.прогр.}} = 230 + 23 + 68,31 = 321,31 \text{ руб.}$$

Вычислим затраты на отладку программного продукта

$$C_{\text{маш.}} = t_{\text{отладки}} \cdot S_{\text{Маш. час}}, \text{ где } t_{\text{отладки}} \text{ – время отладки программы (час);}$$

$S_{\text{маш. час}}$  – стоимость часа работы машины (руб/час).

Стоимость машинного часа

$$S_{\text{Маш. час}} = \text{СтоимостьЭВМ}_{\text{начальная}} + \text{СтоимостьЭл.энергии}_{\text{потреб.}} + \text{Стоимость-РемЭВМ.}$$

Принимаем:

- срок службы ПЭВМ – 5 лет;

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65



- первоначальная стоимость ПЭВМ – 20000 руб.;
- потребляемая мощность – 200 Вт/ч;
- количество рабочих дней в месяце – 22 дня.

При эксплуатации машины 6 часов в сутки

$$\text{СтоимостьЭВМ}_{\text{начальная}} = 20000 / (5 \cdot 12 \cdot 22 \cdot 6) = 2,53 \text{ руб./ч.}$$

Принимаем стоимость электроэнергии 1,52 коп за кВт/ч, получаем стоимость потребляемой энергии в час

$$\text{СтоимостьЭл.энергии}_{\text{потреб}} = 1,52 \cdot 0,2 = 0,304 \text{ руб/ч.}$$

Затраты на профилактическое обслуживание и ремонт составляют в среднем 20 % от первоначальной стоимости ЭВМ

$$\text{СтоимостьРемЭВМ} = \text{СтоимостьЭВМ}_{\text{начальная}} \cdot 0,2 = 2,53 \cdot 0,2 = 0,506 \text{ руб/ч.}$$

Вычисляем стоимость одного машинного часа

$$S_{\text{маш.час}} = 2,53 + 0,304 + 0,506 = 3,34 \text{ руб/ч.}$$

При времени отладки программного продукта  $t_{\text{от}}=2$  ч. затраты на отладку программного продукта составят

$$C_{\text{маш}} = 3,34 \cdot 2 = 6,68 \text{ ч.}$$

Вычисляем накладные расходы

$$C_{\text{накл}} = Z_{\text{осн}} \cdot 10/100 = 23 \text{ руб.}$$

В результате затраты на разработку программного обеспечения:

$$K_{\text{пр}} = 321,61 + 23 + 6,68 = 351,29.$$

После всех расчётов ,данные приведены в таблице №9

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Таблица 9 – Плановая калькуляция на микроконтроллере ATmega48

Статьи затрат	Сумма затрат (руб.)	Обоснование расчета
1 Сырье и материалы	128,22	Т.5
2 Покупные комплектующие изделия	1636,58	Т.6
3 Основная зарплата	104,72	Т.8
4 Дополнительная заработная плата	10,47	Т.8
5 Отчисление на социальное страхование	31,10	Ст.5
6 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	104,72	Ст.6
7 Цеховые расходы	209,44	Ст.7
Итого Цеховая себестоимость	2225,25	
8 Общезаводские расходы	167,55	Ст.8
Итого Производственная себестоимость	2392,80	
9 Внепроизводственные расходы	31,25	Ст.9
Полная себестоимость	2424,05	

### 8.3 Организационно-экономический раздел

Для обоснования экономической целесообразности проектирования устройства необходимо провести расчеты и построить сетевой график (СГ).

#### *Построение сетевого графа*

Для построения модели сетевого графика рассчитываются временные параметры его компонентов (таблица 10). Необходимо осуществить два вида расчетов: прямой и обратный. При прямом расчете вычисляются ранние сроки выполнения событий, а при обратном – поздние сроки событий. Кроме того, на сетевом гра-

фике указываются номера событий и разница во времени между ранними и поздними сроками (таблица 11).

Таблица 10 – Перечень и параметры работ СГ

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ожид}}$	
0-1	Получение и утверждение темы диплома	3	6	3	1
1-2	Анализ технического задания	1	2	2	1
2-3	Разработка схемы устройства	2	4	3	1
3-4	Выбор языка программирования	1	2	1	1
3-5	Разработка программы	2	4	3	1
4-6	Изучение документаций АКБ	2	4	3	1
5-7	Изучение документации анализаторов АКБ	2	4	3	1
5-8	Изучение документации на подходящие источники питания	2	4	3	1
6-9	Реализация платы анализатора	5	8	7	1
7-10	Монтаж радиоэлементов анализатора	3	6	4	1
8-11	Проверка правильности монтажа устройства	2	6	3	1
9-12	Установка прошивки в микропроцессор	1	3	2	1
12-13	Калибровка анализатора	1	3	2	1
13-14	Проведение испытаний	3	5	4	1
14-15	Изучение документации по БЖД	2	4	3	1

Продолжение таблицы 10

Код ра- боты	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел
		t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>ожид</sub>	
14-16	Изучение документации по эконо- мике	3	5	4	1
15-17	Написание раздела БЖД	1	3	2	1
16-18	Написание раздела Экономика	3	5	4	1
18-19	Оформление пояснительной запис- ки	19	21	20	1
19-20	Защита ВКП	1	1	1	1

Таблица 11 – Характеристики сетевого графика

Номер события	Срок выполнения		Резерв времени, дни	Код ра- боты	Срок выполнения		Резерв времени, дни
	ранний	поздний			ранний	поздний	
1	3	3	0	11	17	19	2
2	5	5	0	12	21	21	0
3	8	8	0	13	23	23	0
4	9	9	0	14	27	27	0
5	11	12	1	15	30	33	3
6	12	12	0	16	31	31	0
7	14	15	1	17	32	35	3
8	14	16	2	18	35	35	0
9	19	19	0	19	55	55	0
10	18	19	1	20	56	56	0

Ранний срок исполнения исходного события СГ равен нулю. Ранний срок исполнения следующих событий рассчитывается суммированием: раннего срока

исполнения события и ожидаемой продолжительности работы. Поскольку данное событие не может произойти, пока не закончится предшествующая ему работа, поэтому за ранний срок исполнения события, принимается максимальная из сравниваемых сумм. Ранний срок исполнения заключительного события СГ приравнивают к его позднему сроку исполнения, так как у заключительного события отсутствует резерв времени. Поздний срок исполнения промежуточных событий определяется при обратном расчете СГ, как разность текущего позднего срока исполнения события и уже выполненной работы. Ни одна из следующих за данным событием работ не может начаться, пока не произойдет данное событие, поэтому поздний срок исполнения – это минимум из подсчитанных разностей.

Точность расчетов поздних сроков исполнения событий подтверждается нулевым результатом позднего срока исполнения исходного события.

Резерв времени существует у событий, для которых поздний срок исполнения больше раннего, он равен их разности. Когда данные сроки равны, у события нет резерва времени, следовательно, оно лежит на критическом пути.

Далее изображены формулы для построения СГ. Ожидаемая продолжительность каждой работы рассчитывается по формуле:

$$t_{ож.} = 0,6 \cdot t_{min.} + 0,4 \cdot t_{max.}$$

Среднеквадратическое отклонение продолжительности выполнения работ определяется по формуле:

$$\delta_{ij} = 0,2 \cdot (t_{ij\ max} - t_{ij\ min}).$$

Дисперсия определяется по формуле:

$$D_{ij} = 0,04 \cdot (t_{ij\ max} - t_{ij\ min})^2.$$

Ранний срок начала работы совпадает с ранним сроком исполнения её начального события. Поздний срок начала работы можно получить, если из позднего срока исполнения её конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность. Ранний срок окончания работы образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Поздний срок окончания работы совпадает с поздним сроком исполнения её конечного события. Для всех работ критического пути, как не имеющих резервов времени, ранний срок начала совпадает с поздним сроком начала, а ранний срок окончания – с поздним сроком окончания. Работы, которые не лежат на критическом пути, обладают резервами времени.

Полный резерв времени работы – это разность позднего срока исполнения её конечного события и раннего срока исполнения начального события, и ожидаемой продолжительности. Частный резерв времени первого рода равен разности поздних сроков исполнения её конечного и начального событий без ожидаемой продолжительности. Частный резерв времени второго рода равен разности ранних сроков исполнения её конечного и начального событий без ожидаемой продолжительности.

Свободный резерв времени работы – это разность раннего срока исполнения конечного события и позднего срока свершения начального события, и ожидаемой продолжительности. Свободный резерв времени может быть отрицательным.

Для работ, лежащих на критическом пути никаких резервов времени нет, поэтому коэффициент напряжённости данных работ – единица. Когда работа не проходит через критический путь, она располагает резервами времени, коэффициент напряжённости меньше единицы. Его величина – это отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путём к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путём, проходящим через эту работу .

В зависимости от коэффициента напряжённости все работы попадают в одну из трёх зон напряжённости:

- критическую,  $k_{нij} > 0,8$ ;
- промежуточную,  $0,5 \leq k_{нij} \leq 0,8$ ;
- резервную,  $k_{нij} < 0,5$ .

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$k_n = \frac{L_{max}}{L_{кр}} = 0,76.$$

Чтобы упростить расчёт трудоёмкости работы ( $T_{ij}$ ) введем понятие приведённой к ИНЖ - численности работающих ( $Ч_{ij}$ ). Для ее расчёта необходимо вначале рассчитать коэффициент перерасчёта ( $K_k$ ) численности работающих  $k$ -й категории в  $Ч_{ij}$ .  $K_k$  равен отношению средней заработной платы работающих  $k$ -й категории ( $Z_k$ ) к средней заработной плате (ИНЖ  $Z_{инж}$ ). Должностные оклады персонала в рублях: руководитель – 60000, инженер – 40000, лаборант – 20000. Для инженеров коэффициент перерасчёта  $k_{инж} = 1$ , для руководителей он будет больше единицы, а для лаборантов – меньше единицы.

Найдя приведённую численность работы ( $Ч_{ij}$ ), определяем приведённую к ИНЖ-дням трудоёмкость работы ( $T_{ij}$ ) умножением приведённой численности на ожидаемую продолжительность  $t_{ij}$ . Составим таблицу характеристики сетевого графика (таблица 12)

Таблица 12 – Характеристики сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэффициент напряжённости
		Ранний	Поздний	Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода	свободный	
0-1	3	0	0	3	3	0	0	0	0	1,000
1-2	2	3	3	5	5	0	0	0	0	1,000
2-3	3	5	5	8	8	0	0	0	0	1,000
3-4	1	8	8	9	9	0	0	0	0	1,000
3-5	3	8	8	11	12	1	1	0	0	0,923
4-6	3	9	9	12	12	0	0	0	0	1,000
5-7	3	11	12	14	15	2	1	1	0	0,923
5-8	3	11	12	14	16	3	2	1	0	0,846
6-9	7	12	12	19	19	0	0	0	0	1,000
7-10	4	14	15	18	19	2	1	1	0	0,953
8-11	3	14	16	17	19	4	2	2	0	0,846

Продолжение таблицы 12

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэффициент напряжённости
		Ранний	Поздний	Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода	свободный	
9-12	2	19	19	21	21	0	0	0	0	1,000
12-13	2	21	21	23	23	0	0	0	0	1,000
13-14	4	23	23	27	27	0	0	0	0	1,000
14-15	3	27	27	30	33	3	3	0	0	0,892
14-16	4	27	27	31	31	0	0	0	0	1,000
15-17	2	30	33	32	35	6	3	3	0	0,892
16-18	4	31	31	35	35	0	0	0	0	1,000
18-19	20	35	35	55	55	0	0	0	0	1,000
19-20	1	55	55	56	56	0	0	0	0	1,000



## 9 Охрана труда

В нашей стране в соответствии с основами законодательства РФ, о труде, контроль за соблюдением законодательства о труде и по охране труда осуществляют специально уполномоченные государственные органы и инспекции, профессиональные союзы, а также состоящие в их ведении техническая и правовая инспекции труда.

На предприятии общее руководство по безопасности труда, промышленной санитарии и контроль за соблюдением законодательства по охране труда возложены на директора и главного инженера. Главному инженеру подчинен отдел безопасности труда, который ведет непосредственную работу по обеспечению безопасности труда и промышленной санитарии на предприятии.

Для предупреждения производственного травматизма на предприятии регулярно проводится контроль безопасности труда и промышленной санитарии на отдельных рабочих местах, участках, в цехах и на предприятии в целом.

Для предотвращения несчастных случаев необходимы знание и строгое выполнение существующих положений, инструкций и требований по безопасности труда.

Все работающие и вновь поступившие на предприятие рабочие, служащие и инженерно-технические работники независимо от стажа и опыта работы проходят инструктаж и обучение по безопасному ведению работ на основании требований, соответствующих правил инструкций по безопасности труда и производственной санитарии. Инструктаж подразделяется на несколько основных видов.

Вводный инструктаж проводится работником отдела охраны труда для вновь поступающих на предприятие, а так же для учащихся и студентов, направленных для прохождения производственной практики.

Первичный инструктаж проводится на рабочем месте непосредственным руководителем работ с лицами, вновь принятыми или переведенными из одного подразделения в другое, с одного вида оборудования на другое (даже в случае

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

временного перевода). Цель его – подробное ознакомление работающих с особенностями выполнения конкретных работ с точки зрения безопасности труда и промышленной санитарии.

Повторный (периодический) инструктаж проводится со всеми работниками не реже одного раза в шесть месяцев, а на особо вредных и опасных участках работы – не реже 1-го раза в три месяца. Целью его является проверка знания работниками правил инструкций по безопасности труда и производственной санитарии.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводится при изменении технологического процесса, оборудования, инструмента и т.п., в результате чего изменяются условия труда, а так же в случае нарушения работниками правил и инструкций по безопасности труда и производственной санитарии.

Охрана труда условно подразделяется на четыре подраздела по узловым вопросам:

- общие вопросы охраны труда (законодательные и организационные вопросы);
- техники безопасности – система организационных мероприятий и технических средств предотвращающих воздействия на работающих опасных производственных факторов;
- производственная санитария – система организационных мероприятий и технических средств предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов;
- пожарная безопасность – состояние объекта при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

### *Техника безопасности при выполнении монтажных работ*

Радиоэлектронным называется оборудование, принцип действия которого основан на использовании радиотехнических устройств, электронных, ионных, полупроводниковых и квантовых приборов.

Безопасность работ с радиоэлектронным оборудованием и содержание его в исправном состоянии регламентируются правилами техники безопасности и производственной санитарии в электронной промышленности, ПТЭ и ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей.

Лицам, допускаемым к работам с радиоэлектронным оборудованием, присваиваются со второго по пятую квалификационные группы по технике безопасности, соответствующие ПТБ и ПСЭБ, одновременно с проверкой знаний ПТЭ и ПТБ.

По обеспечению мер безопасности и организации условий работы радиоэлектронное оборудование на мало- и крупногабаритное.

К малогабаритному радиоэлектронному оборудованию относится оборудование одноблочного и многоблочного исполнения, которое по своей массе и габаритам может быть размещено на рабочем столе или на тележке около него, а также стойки с вставными блоками размерами в плане не более 700 на 700 мм.

К крупногабаритному относится однокорпусное, многокорпусное и бескорпусное оборудование, состоящее из одного и более блоков, которое устанавливается на полу.

Монтаж радиоэлектронного оборудования. Изготовление каркасов, шасси оборудования на слесарно-механических участках необходимо проводить с соблюдением требований техники безопасности при холодной и горячей обработке металлов.

При монтаже радиоэлектронного оборудования следует соблюдать требования электробезопасности и работать только исправным электрооборудованием. При работе с электродрелью необходимо применять диэлектрические резиновые перчатки.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Электропаяльник и лампы для местного освещения необходимо применять напряжением не более 42 В. Для понижения сетевого напряжения 220 и 127 В до 42 В следует применять понижающий трансформатор. Один конец вторичной обмотки трансформатора и металлический кожух необходимо заземлять.

При подключении аппаратуры к цеховой сети следует применять штепсельные разъемы. В случае неисправности в сетевой проводке необходимо вызвать электромонтера.

При монтаже радиосхем запрещается: проверять на ощупь наличие напряжения и нагрев токоведущих частей схемы; применять для соединения блоков и приборов провода с поврежденной изоляцией; производить пайку и установку деталей оборудования, находящемся под напряжением; измерять напряжения и токи переносными приборами с неизолированными проводами и щупами; подключать блоки и приборы к оборудованию, находящемся под напряжением; заменять предохранители во включенном оборудовании, работать на высоковольтных установках без защитных средств.

Экспериментальные работы заключаются в макетировании и обследовании радиоэлектронного оборудования, а также проверке работоспособности экспериментального образца изделия электронной техники.

Эксперименты проводят не менее двух человек: инженерно-технический работник с квалифицированной группой по технике безопасности (ТЮ) не ниже четвертой и высококвалифицированный рабочий с группой по ТБ не ниже третьей.

Место проведения экспериментальных работ должно быть обеспечено временными ограждениями, экранами и защитными средствами.

Оборудование, используемое в эксперименте, должно присоединиться к отдельному электрощиту или отдельной группе предохранителей электрощита, имеющего общее отключающее устройство. Провода, применяемые для наружного соединения приборов и оборудования, должны заключаться в металлические

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

заземленные оболочки. При напряжении до 500 В допускается применение шланговых проводов и кабелей.

Наладка макетов радиоэлектронного оборудования приводится так же, как действующих образцов. Следует учесть, что если для исключения наводок и помех на работу налаживаемого макета, требуется не заземлять его корпус. То наладку следует вести с применением защитных средств.

В радиоэлектронном оборудовании, предназначенных для различных видов технологической обработки изделий электронной техники, должна быть предусмотрена рабочая камера, оснащенная защитным средством.

Наладка оборудования. Наладка крупногабаритного радиоэлектронного оборудования производится бригадой двух человек, возглавляемой инженерно-техническим работником или высококвалифицированным наладчиком, имеющим группу по ТБ не ниже четвертой. Члены бригады должны иметь группу по ТБ не ниже третьей.

Наладка малогабаритного оборудования может производиться одним наладчиком, имеющим достаточную производительность, квалифицированную группу по ТБ не ниже четвертой, в присутствии вблизи налаживаемого оборудования второго лица, имеющего группу по ТБ не ниже третьей.

Проведение наладочных работ допускается на специально предназначенных участках, а также в производственных помещениях, где разрабатывается и эксплуатируется оборудование. При этом исключается пребывание лиц на рабочих местах, не допущенных к наладке. На рабочих местах должны применять ограждения.

Для наладки малогабаритного оборудования и отдельных вставных блоков крупногабаритного оборудования необходимо организовать рабочее место: специально оборудованный рабочий стол и свободная часть площади около него, предназначенная для размещения налаживаемого оборудования с вставными блоками и оборудования, смонтированного на спецтележках. Контрольно-измерительной аппаратуры и нахождения самого наладчика.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наладку вставных блоков крупногабаритного оборудования разрешается производить на месте его размещения, если невозможно налаживать блоки отдельно. При этом допускается использовать любой механический прочный стол или специальную подставку из диэлектрического материала.

Для электропитания контрольно - измерительной аппаратуры может быть использован переносной электрощиток, удовлетворяющий требованиям стационарного, или переносная штепсельная колодка, выполненная из механически прочного изоляционного материала с утопленными гнездами. Встроенными предохранителями и клеммами для заземления.

При наладке вставного блока под напряжением все работы на других токоведущих частях налаживаемого оборудования должны быть прекращены, токоведущие части ограждены. Одновременная наладка под напряжением нескольких блоков запрещается.

Выявлять и устранять дефекты в электросхеме, заменять детали разрешается только после полного снятия напряжения с оборудования и проверки отсутствия остаточных зарядов с помощью заземленного разрядника.

Для измерения параметров электрической схемы с помощью контрольно-измерительной аппаратуры разрешается извлекать блоки налаживаемого оборудования из корпуса, открывать дверцы, снимать ограждения в местах подключения измерительной аппаратуры, замыкать на коротко блокировку.

#### 9.1 Техника безопасности при эксплуатации электронной аппаратуры

При воздействии электрического тока и электрической дуги могут возникать местные и общие электротравмы.

При местных электротравмах происходит местное повреждение организма человека. К ним относятся: электрические ожоги и знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия. Общие электротравмы приводят к поражению всего организма – нарушению или полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения, а также других систем.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Поражения электрическим током может быть при прикосновениях: к токоведущим частям, находящимся под напряжением; к отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате ошибочного включения к металлическим нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей. Кроме того, может быть поражение напряжением шага при нахождении человека в зоне растекания тока замыкания на землю. Электрической дугой в электроустановках напряжением шага при нахождении человека в зоне растекания тока замыкания на землю, электрической дугой в электроустановках напряжением выше 1000 В при приближении к частям, находящимся под напряжением, на недопустимо малое расстояние, зависящее от значения высокого напряжения.

Безопасность работ с радиоэлектронным оборудованием и содержание его в исправном состоянии. Лицам, допускаемым к работе с радиоэлектронным оборудованием, присваиваются со второго по четвертую квалификационные группы по технике безопасности.

По обеспечению мер безопасности и организации условий работы радиоэлектронное оборудование разделяется на мало – и крупногабаритное.

К малогабаритному радиоэлектронному оборудованию относится оборудование одноблочного и многоблочного исполнения, которое по своей массе и габаритам может быть размещено на рабочем столе (верстаке) или на тележке около него, а также стойки с вставными блоками размерами в плане не более 700 на 700 мм.

К крупногабаритному радиоэлектронному оборудованию относится однокорпусное, многокорпусное и бескорпусное оборудование, состоящее из одного и более блоков, которое устанавливается на полу.

При монтаже радиоэлектронного оборудования следует соблюдать требования электробезопасности и работать только исправным электроинструментом.

При работе с электродрелью необходимо применять диэлектрические резиновые перчатки.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Электропаяльник и лампы для местного освещения необходимо применять напряжение не более 42 В. Для понижения сетевого напряжения 220 и 127 В до 42 В следует применять понижающий трансформатор. При подключении аппаратуры к цеховой сети следует применять штепсельные разъемы. В случае неисправности в сетевой проводке необходимо вызвать электромонтера.

При монтаже радиосхем *запрещается*: проверять на ощупь наличие напряжения и нагрев токоведущих частей схемы; применять для соединения блоков и приборов провода с поврежденной изоляцией; производить пайку и установку деталей в оборудовании, находящемся под напряжением; измерять напряжения и токи переносными приборами с неизолированными проводами щупами; подключать блоки и приборы к оборудованию, находящемуся под напряжением; заменять предохранители во включенном оборудовании; работать на высоковольтных установках без защитных средств.

Оборудование, используемое в эксперименте, должно присоединяться к отдельному электрощиту или отдельной группе предохранителей электрощит, имеющее общее отключающее устройство.

По окончанию наладки оборудования должно быть приведено в рабочее состояние (сняты закоротки с защитных блокировок, введены в действие механические заземлители, поставлены на место снятые обшивки, убраны временные защитные ограждения и экраны).

Исправность действия блокировки и механических заземлителей должна проверяться трехкратным включением оборудования и открыванием заблокированных дверей.

Организацию работ по управлению оборудованием и надзор за безопасным их выполнением осуществляет административно-технический персонал участка, где выполняются эти работы. Группа по ТБ этого персонала должна быть не ниже четвертой, а при напряжении до 1000 В – не ниже третьей.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



К управлению оборудованием персонал приступает лишь после предварительного осмотра оборудования и проверки исправности действия защитных устройств рабочей камеры.

Установку и снятие обрабатываемого изделия, соединение и отсоединение его с электрической и технологической частью оборудования и другие вспомогательные операции можно выполнять только после снятия напряжения с оборудования и проверки отсутствия остаточных зарядов на токоведущих частях, с которыми может произойти соприкосновение. Проверка отсутствия остаточных зарядов производится ручным заземлением разрядником.

Включение и отключение оборудования должно производиться выключателями и штепсельными разъемами, размещенными на пультах управления.

При измерениях параметров режимов работы оборудования и обрабатываемого изделия необходимо соблюдать следующие требования:

Не проникать к приборам, вмонтированным под защитные стекла и сетки, не снимать ограждающие их приспособления;

Приборы переносного типа размещать на рабочем столе, полках или выдвижных столиках оборудования. Держать измерительный прибор в руках или на коленях запрещается;

Осциллограф и другие аналогичные приборы размещать на специальных тележках, в электрическую сеть заземлять металлическую корпуса переносных измерительных приборов;

При отключении приборов провод защитного заземления отсоединить в последнюю очередь.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте были рассмотрены основные приборы применяемые для анализа аккумуляторов, разработана схема анализатора. Рассмотрены различные плюсы и минусы данного устройства, а также характеристики элементов, применяемые в нём, а также основные решения, примененные при сборке и использовании. Рассмотрены требования руководящих документов к анализаторам данного типа. Разработан алгоритм действия анализатора аккумуляторных батарей.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков, В.И. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.- 464с.: ил.
2. Бойков, В.И. Схемотехника электронных систем. Цифровые устройства. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004-512с.: ил.
3. Киселев А., Корнеев В. Современные микропроцессоры. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 3-е изд.-448с.: ил.
4. Нефедов А.В., Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. – М.:РадиоСофт, 2000.-512с.
5. Пестриков В.М. Уроки радиотехники. - СПб.: КОРОНА Принт, 2000.- 592с.: ил.
6. Петухов. Транзисторы и их зарубежные аналоги. – М.:РадиоСофт, 2004.-544с.
7. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.- 528с.: ил.
8. Хрулёв А.К., Черепанов В.П. Зарубежные диоды и их аналоги. – М.:РадиоСофт, 2001.-961с.
9. Билибин К.И., Шахнов В.А. конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учеб. для техн. Вузов. Изд. 2, перераб. И доп. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005,- 568с.
10. Плескунов, М.А. Задачи сетевого планирования: учебное пособие. – Екатеринбург.: Изд. Урал. ун-та, 2014,- 92с.

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Листинг программы для микроконтроллера

```
Config Timer1 = Timer , Prescale = 1024
Config Graphlcd = 240 * 64 , Dataport = Portb , Controlport = Portd , Wr = 2 , Rd = 3 , Ce = 4 , Cd =
5 , Reset = 6 , Fs = 7 , Mode = 6
On Timer1 On_timer1
Enable Timer1
Enable Interrupts

Cls Graph
Cls Text
Cursor Off Noblink
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
Config Portc.7 = Output
Portc.6 = 1
Portc.5 = 1
Portc.4 = 1
Dim Adwertu As Word
Dim Adwert1 As Word
Dim Iend As Word
Dim Tempx As Word
Dim Tempup As Word
Dim Tempip As Word
Dim I(16) As Word
Dim U(8) As Word
Dim Uend As Word
Dim Temp As Byte
Start Adc
Dim Tempw As Word
Dim Tempb As Byte
Dim X As Word
Dim Wert As Single
Dim Rwert As Single
Dim Stelle1 As Word
'Tempx = 20
Dim Xs As Word
Dim Ys As Word
Dim Mah As Word
Dim Flag As Byte
Dim Flag1 As Bit
Dim Zellen As Byte
Dim Xo As Byte
Dim Xu As Byte
Dim Bla As Byte
Dim Erwkap As Byte
Dim Schrittw As Byte
'Line(2 , 0) -(4 , 0) , 1
```

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

'Line(2 , 12) -(4 , 12) , 1  
'Line(2 , 25) -(4 , 25) , 1  
'Line(2 , 38) -(4 , 38) , 1  
'Line(2 , 51) -(4 , 51) , 1  
'Line(2 , 63) -(4 , 63) , 1

Dim Var As Byte  
Dim Espannung As Word  
Dim Z As Byte  
Taster1 Alias Pinc.5  
Taster2 Alias Pinc.4  
Taster3 Alias Pinc.6  
X = 0  
Portc.7 = 1  
Flag = 1  
Locate 8 , 32  
Lcd "TEAM-IWAN"  
Do  
Gosub Adlesen  
Gosub Anzeige  
Gosub Taster  
Gosub Rechnen1  
Gosub Anzeige1  
If Zellen > 0 Then  
Tempb = Zellen \* 2  
Gosub Rechnen:  
End If

Pset X , Ys , 0  
Pset X , Uend , 1

Xs = X  
Ys = Uend

Loop Until Taster3 = 0

Espannung = Zellen \* 50

Flag = 0  
Gosub Printw:  
'-----  
Do  
Portc.7 = 0  
'Bitwait Var.7 , Set  
'Reset Var.7  
Gosub Adlesen  
  
Gosub Rechnen  
If Var.7 = 1 Then  
Reset Var.7

Line(xs , Ys) -(x , Uend) , 1

Xs = X

Ys = Uend

Gosub Printw

X = X + 1

End If

If Flag1 = 1 Then

Gosub Printw

End If

Waitms 200

Gosub Anzeige

Gosub Rechnen1

Gosub Filterni

Gosub Anzeige1

Loop Until Tempx < Espannung

Flag = 1

Portc.7 = 1

Locate 8 , 2

Lcd "Fertig !"

End

-----  
On\_timer1:

Timer1 = 9286

Z = Z + 1

If Z > Schrittw Then

Set Var.7

Z = 1

End If

If Flag = 0 Then

Mah = Mah + 1

Set Flag1

End If

Return

Adlesen:

Adwertu = Getadc(0)

Adwert1 = Getadc(1)

For Bla = 8 To 1 Step -1

Temp = Bla - 1

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

```
If Temp = 0 Then
U(1) = Adwertu
Else
U(bla) = U(temp)
End If
Next
```

```
Uend = 0
For Bla = 1 To 8
Uend = Uend + U(bla)
Next
Uend = Uend / 8
```

```
Tempx = Uend
Tempup = Uend
Return
```

```
Rechnen:
' Position der Spannung ausrechnen
```

```
Uend = Uend / Tempb
Uend = 63 - Uend
Return
```

```
Rechnen1:
' Strom ausrechnen
Adwert1 = Adwert1 * 16
Adwert1 = Adwert1 / 7
Return
```

```
Filterni:
'Iend = Adwert1
```

```
For Bla = 16 To 1 Step -1
Temp = Bla - 1
```

```
If Temp = 0 Then
I(1) = Adwert1
Else
I(bla) = I(temp)
End If
Next
```

```
Iend = 0
For Bla = 1 To 16
Iend = Iend + I(bla)
Next
Iend = Iend / 16
```

```
Tempip = Iend
```

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Return

Anzeige:

Wert = Tempx \* 1.423

Wert = Wert / 100

Tempw = Wert \* 100

Stelle1 = Tempw / 100

Locate 5 , 2

Lcd "U= " ; Stelle1 ; "," ;

Stelle1 = Stelle1 \* 100

Tempw = Tempw - Stelle1

'If Tempw < 10 Then

'Lcd "0" ;

'End If

If Tempw < 10 Then

Lcd "0" ;

End If

If Tempw = 0 Then

Lcd "0" ;

End If

Lcd Tempw ; " V "

Locate 2 , 17

Lcd "Zellen = ";

If Zellen = 0 Then

Lcd "?"

Else

Lcd Zellen

End If

Locate 2 , 29

Lcd "C = ";

If Erwkap = 0 Then

Lcd "?"

Else

Temp = Erwkap / 10

If Erwkap < 10 Then

Lcd "0";

Else

Lcd Temp;

End If

Temp = Erwkap Mod 10

Lcd "," ; Temp ; " Ah"

End If

Return

Anzeige1:

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89



```

Locate 6 , 2
Lcd "I= " ;
If Iend < 1000 Then
Lcd " ";
End If
If Iend < 100 Then
Lcd " ";
End If
If Iend < 10 Then
Lcd " ";
End If

```

```

Lcd Iend ; " mA "
Lcd Adwert1 ; " "
Locate 7 , 2
Lcd "C= " ;
If Mah < 1000 Then
Lcd " ";
End If
If Mah < 100 Then
Lcd " ";
End If
If Mah < 10 Then
Lcd " ";
End If
Lcd Mah ; " mAh "

```

Return

```

Taster:
If Taster1 = 0 Then
Waitms 100
If Taster1 = 0 Then
Zellen = Zellen + 1
End If
End If
If Zellen > 8 Then
Zellen = 0
End If

```

```

If Taster2 = 0 Then
Waitms 100
If Taster2 = 0 Then
Incr Erwkap
Incr Erwkap
End If
End If

```

```

If Erwkap > 20 Then

```

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Erwkap = 0

End If

Schrittw = Erwkap / 2

Return

Printw:

Print X ; "," ; Tempup ; "," ; Tempip

Flag1 = 0

Return

					ЮУрГУ–Д.11.05.01.2019.373. 00 ПЗ ВКП	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		