

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Кафедра «Промышленная электроника»

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(наименование профиля, специализации)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Система управления производством керамической плитки

Студент(ка)	Белоногов Е.А.	
	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	Кудинов А.К.	
	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	Кудинов А.К.	
	_____	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов		_____
	(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышленная электроника»

_____ А.А. Шевцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« ____ » _____ 2016 __ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент _____ Белоногов Евгений Александрович

1. Тема __ Система управления производством керамической плитки

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
30.05.2016г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Техпроцесс изготовления _керамической плитки..Упит.=380 В 50 Гц, Ip.длит.=150-250 А.Управление операционное: циклическое, микропроцессорное. Напряжения элементов управления: Упит.=220 В 50 Гц; Упост = 24 В, 5 В.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов) Введение. 1 Постановка задачи. 2 Технология производства керамической плитки. 3 Описание обжиговой печи. 4 Выбор схемы системы управления. 5 Расчёт, конструирование и технология изготовления печатной платы. 6 Эффективность работы. Заключение. Литература. Приложение

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала _1 Печь для изготовления керамической плитки-1 лист. 2 Блоки управления и защиты: схемы электрические принципиальные – 3 листа. 3 Плата печатная – 1 лист. 4 Сборочный чертёж – 1 лист.

6 . Консультанты по разделам

7. Дата выдачи задания « __26__ » __февраля __2016__ г.

Руководитель выпускной
квалификационной работы

Задание принял к исполнению

Кудинов А.К.
Белоногов Е.А.

Аннотация

Разработана система управления производством, в частности, технологическим процессом обжига керамической плитки. При проектировании использовались интегральные микросхемы для управления, что привело к уменьшению габаритов устройства.

Ключевые слова: керамическая плитка, обжиговая печь, схемы системы управления, блоки управления и защиты, плата печатная, сборочный чертёж

Приведены описание технологии производства керамической плитки и конструкции обжиговой печи, разработаны схемы блоков управления и защиты системы управления технологическим процессом обжига керамической плитки.

Выполнены расчёт и конструирование печатных узлов, описание технологии изготовления печатных плат, определена эффективность работы.

Пояснительная записка содержит 47 страниц, 4 таблицы, библиографический список 18 названий.

Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Содержание

Введение.....	5
1 Постановка задачи	6
2 Технология производства керамической плитки.....	7
3 Описание обжиговой печи	8
4 Система управления технологическим процессом обжига керамической плитки.....	10
4.1 Блок защиты	15
4.2 Блок усилителей релейных	18
5 Конструирование печатной платы	19
5.1 Общие требования	19
5.2 Расчет проводников по постоянному току.....	19
5.3 Расчет сечения печатного проводника сигнальной цепи	23
5.4 Поверхностное сопротивление изоляции.....	24
5.5 Объемное сопротивление изоляции.....	24
5.6 Конструирование печатных узлов.....	25
5.7 Оценка вибропрочности и ударопрочности.....	28
5.8 Оценка амплитуды виброперемещения.....	28
5.9 Расчет ударопрочности.....	29
5.10 Расчет теплового режима	30
5.11 Расчет надежности	33
5.12 Конструкция печатной платы и монтаж	34
6 Эффективность работы.....	36
Заключение	45
Литература	46

Введение

Процесс изготовления керамической плитки сопровождается выделением большого количества энергии в виде тепла. Особенно затратной является операция обжига плитки в специальных нагревательных печах.

Кроме того, при нарушении температурного режима обжига, например, при расхождении скорости нагрева и охлаждения с заданными, несоблюдении времени выдержки при постоянной температуре, да и вообще при несоблюдении температуры обжига, невозможно получение высококачественной продукции.

Поэтому тема выпускной квалификационной работы, направленная на создание системы управления производством керамической плитки, является актуальной.

1 Постановка задачи

Целью выпускной квалификационной работы является повышение качества керамической плитки за счет использования микропроцессорной техники в системе управления производством.

В соответствии с поставленной целью в работе должны решаться следующие основные задачи: описание технологии производства керамической плитки, описание конструкции обжиговой печи, разработка схем блоков управления и защиты, расчёт и конструирование печатных узлов, эффективность работы

2 Технология производства керамической плитки

Производство керамической плитки можно разделить на следующие фазы.

Первая фаза заключается в приготовлении раствора (смеси). Здесь, в основном, используются две технологии: мокрая и сухая. По мокрой технологии сырьё измельчается в дробилках при наличии воды. В больших вращающихся барабанах сырьё раздавливается (дробится) с помощью твёрдых шариков и превращается в шликер – водную суспензию сырья. Этот шликер потом превращают в порошок, удаляя воду и доводя влажность порошка до 5 – 6 %, или же воду удаляют с помощью специальных фильтров – прессов.

По сухой технологии сырьё измельчают ещё сильнее в молотковых дробилках без воды. Необходимое количество воды добавляют уже потом.

Чем мельче частицы, тем легче проходит последующий процесс обжига.

Во второй фазе применяют методы формовки смеси путём её прессования под высоким давлением в пресс-формах. После этого изделия нарезаются по длине ножом – тонкой проволокой.

Третья фаза – сушка в сушильных камерах в среде горячего воздуха. Влага отсюда удаляется совсем.

Четвёртая фаза – это приготовление глазури и глазуровка – покрытие смеси глазурью. Это очень ответственная фаза. От неё зависит многое: (цвет, рисунок, блеск, внешняя красота и т.д., а также твёрдость, износостойкость).

И последняя, не менее важная фаза – обжиг в роликовых печах. В результате механическая смесь частиц превращается в материал прочный, твёрдый как камень, химически стойкий и красивый. В процессе обжига температурный режим строго поддерживается на стадиях: подъём температуры, нагрев, выдержка при постоянной температуре, затем снижение температуры, охлаждение.

3 Описание обжиговой печи

Длина печи составляет 44,2 м, ширина – 3 м.

Обжиг керамической плитки осуществляется внутри печи в среде горящего газа с помощью газовых горелок.

Печь состоит из 21 модуля (рисунок 3.1), каждый из которых выполняет функции:

- транспортировка плитки по роликам;
- регулирование температуры газовых горелок;
- измерение и контроль температуры плитки;
- измерение и контроль давления газа в пределах модуля.

В начале технологического процесса исходный материал поступает в предпечь, которая содержит два модуля. В первом из них измеряется давление газа, во втором – с помощью пирометрического стержня измеряется и поддерживается необходимая температура.

Далее плитка проходит стадию «Подогрев». Здесь шесть модулей контролируют и поддерживают температуру плитки, давление среды и температуру газа в соответствии с технологией.

После этой стадии, когда плитка подогрета до необходимой температуры, она проходит стадию «Обжиг» (пять модулей). В этих модулях газовые горелки создают максимальную температуру, для чего вентиляторы подают в зону горения атмосферный воздух.

Стадия «Быстрое охлаждение» (один модуль) играет роль некоторой закалки плитки, а в следующей стадии «Медленное охлаждение» (четыре модуля) плитка охлаждается в соответствии с технологией обжига. При этом горячий воздух отсасывается назад, в модули стадий «Подогрев» и «Предпечь».

И, наконец, стадия «Конечное охлаждение» (три модуля) предусматривает контроль температуры плитки и давления среды.

На каждой стадии обязательны измерение, контроль и регулирование температуры с помощью датчиков: пирометрических платино - платино-иридиевых и никель – хромо-никелевых стержней.

Время всего цикла обжига – 56 минут. Производительность – 14 плиток в минуту.

4 Система управления технологическим процессом обжига керамической плитки

Основными элементами системы управления технологическим процессом обжига керамической плитки являются блок управления, в основе которого используется однокристалльная микро-ЭВМ (ОМЭВМ) АТ89С2051 (фирма АТМЕЛ), и блок защиты, выполненный на основе однокристалльной микроЭВМ (ОМЭВМ) АТ89С2051 (фирма АТМЕЛ, ресурсы соответствуют ОМЭВМ КР1816ВЕ31).

4.1 Блок управления

Блок предназначен для получения нужной информации от объекта и переработки её для управления этим объектом свойствами по заданному алгоритму.

Блок выполняется в климатических исполнениях УХЛ и О категории размещения 4 по ГОСТ 15150-69 и соответствует группе условий эксплуатации внешней среды МЗ по ГОСТ 17516.1-90.

Нормальная работа обеспечивается при следующих условиях:

- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- окружающая среда не разрушает металлы и изоляцию, ненасыщенная водяными парами и токопроводящей пылью;
- отсутствие резких толчков и тряски;
- охлаждение естественное;
- установка в сухом закрытом помещении.

Технические данные блока приведены таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Основные параметры блока управления

Число входных и выходных дискретных каналов логического уровня характеристики блока управления в табл.4.2)	24 и 24
Число входных дифференциальных аналоговых каналов	8
Последовательный канал связи	RS-485
Скорость обмена по каналу связи, Бод	9600/19200
Напряжение питания блока, В	24 ($\pm 10\%$)
Ток, потребляемый блоком, мА, не более	150
Число различных адресных позиций в сети	16

Таблица 4.2 - Коммутационные параметры

Наименование параметра	Значение
Коммутационная способность выхода ("транзисторный ключ"):	
• В, не более	40
• А, не более	0,2
Остаточное напряжение открытого выходного транзистора (при $I_n=0,2$ А), В не более	0,8
Напряжение постоянного тока входных сигналов:	
• номинальное значение, В	24
• низкий уровень "0", В	0-8
• высокий уровень "1", В	20-27
Ток входного сигнала, мА	16-18
Время переключения входных каналов, мс	
Напряжение гальванической развязки входных и выходных каналов от логической части, В	1000

Примечание. Все каналы входных и выходных сигналов снабжены светодиодами индикации состояния. При коммутируемом напряжении, отлич-

ном от 24 В, для работы выходных каскадов требуется отдельный источник питания (24 В, 2 Вт).

Таблица 4.3 - Измерительные параметры

Диапазон изменения входных сигналов, мА определяется установкой переключки сразу для всех каналов)	0-5/0-20
Номинал измерительных резисторов, Ом	126
Разрядность преобразования	12
Время опроса всех аналоговых каналов, мс, не более	22,5
Основная погрешность	0,1 %
Дополнительная погрешность (от основной)	0,5 на 10° С
Допустимый уровень сигнала перегрузки, В	25
Электрическая прочность изоляции между входными каналами и цифровой частью, В переменного тока в течение 1 мин	500

Программные ресурсы блока определены его основой - однокристалльной микро-ЭВМ (ОМЭВМ) AT89C2051 (фирма ATMEL, ресурсы соответствуют ОМЭВМ КР1816ВЕ31) с объемом ПЗУ - 2 кБайт, ОЗУ - 128 байт + спец. регистры.

Описание работы блока управления

Принципиальная схема блока управления представлена на рисунках 4.1 и 4.2. Питание (=24 В) на блок подается через клеммы X7 и X8. Входные и выходные дискретные сигналы поступают через разъемы X2-X4 (по 8 каналов ввода и вывода), входные аналоговые - через разъем X6. Клеммы X9 и X10 предназначены для подключения линий DATA+ и DATA- интерфейса RS-485.

Блок включает в себя:

- * микро-ЭВМ с соответствующим обрамлением;
- * конвертор интерфейса;

- * регистры выходных сигналов;
- * ключи входных сигналов;
- * охранный таймер;
- * АЦП;
- * узел питания.

Управление работой блока осуществляется микро-ЭВМ (DD10) в соответствии с программой, записанной в данной микросхеме. Тактовая частота - 11,059 МГц. В процессе работы микроЭВМ опрашивает ключи

входных сигналов (DD2-DD4), определяет состояние регистров выходных сигналов (DD11-DD13) и индикатора VD2, перезапускает охранный таймер (DD9), проводит опрос АЦП и поддерживает обмен с сетью через конвертор (DD1).

Совместно с блоками развязок, рисунок 4.3, обеспечивается гальваническая развязка 8 входных и 8 выходных дискретных каналов.

Режим работы блока задается при помощи перемычек 1-1,..., 8-8, назначение которых может интерпретироваться в зависимости от задачи.

АЦП содержит аналоговый коммутатор (DA1, DA2), измерительный усилитель (DA5) и собственно преобразователь (A4-DA1 или A5-DA1), выдающий данные в последовательном виде. Данные и сигналы управления АЦП гальванически изолированы оптронами от логической части. При установленной перемычке 13-14 диапазон входных сигналов - 0-5 мА, при ее отсутствии - 0-20 мА.

Охранный таймер DD6 обеспечивает сброс микроЭВМ при подаче питания, при зависании" микроЭВМ (отсутствие перезапуска таймера в течение 1,6 с), а также блокирует работу микроЭВМ при снижении питающего напряжения ниже 4,65 В. Длительность импульса сброса, вырабатываемого охранным таймером, составляет 200 мс.

Узел питания (Е1, Е3) преобразует поступающее напряжение (+24 В) в напряжение (+5 В) для питания цифровой части блока и в напряжение (+12 В, -12 В) для питания аналоговых схем.

4.1 Блок защиты

Кроме блока управления в составе программируемого контроллера КПБ 19-06 (далее ПК) используется блок защиты, рисунок 4.4. Блок перерабатывает сигналы, идущие от контролируемого объекта в выходные, необходимые для управления объектом. Технические данные блока - в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Параметры блока защиты

Число входных каналов	24
Число выходных каналов	8
:	
• номинальное значение, В	24
• низкий уровень “0”, В	0 - 8
• высокий уровень “1”, В	20 - 27
Ток входного сигнала, мА:	
• исп.1 (с индикацией входного сигнала)	12
• исп.2 (без индикации входного сигнала)	9
Время переключения входных каналов, мс	1
Коммутируемые напряжения постоянного тока выходных каналов, В	5 - 30
Номинальный ток нагрузки выходного канала, А	0,2
Выходного канала (при $I_n = 0,25$ А), В	0,8
Напряжение питания блока, В	24
Ток, потребляемый цифровой частью блока (при всех включенных входных и выходных каналах), мА, не более	120
Напряжение гальванической развязки входных и выходных каналов от цифровой части блока, В, не менее	500

Программные ресурсы блока определены его основой - однокристалльной микроЭВМ (ОМЭВМ) AT89C2051 (фирма ATMEL, ресурсы соответствуют ОМЭВМ КР1816ВЕ31) с объемом ПЗУ - 2 кБайт, ОЗУ - 128 Байт + спец. регистры.

Принцип работы блока заключается в следующем.

Питание (≈ 24 В) на блок подается через разъем X2. На разъем X1 поступают входные дискретные сигналы. Формируемые блоком выходные сигналы выдаются на разъемы X3, X4.

Блок включает в себя:

- программируемую микроЭВМ;
- формирователи входных сигналов с элементами развязки;
- ключи шины данных;
- выходной регистр;
- выходные каналы с элементами развязки;
- охранный таймер;
- блок питания.

Управление работой блока осуществляется встроенной микроЭВМ DD5 в соответствии с программой-монитором, записанной в данной микросхеме. В процессе работы микроЭВМ опрашивает ключи шины данных, определяет состояние выходного регистра, перезапускает охранный таймер, управляет светодиодом режима работы блока VD3. Режим работы блока задается при помощи переключателей 1-2...15-16.

Формирователи входных сигналов совместно с элементами развязки преобразуют входные сигналы в логические. Они входят в состав блоков входных A1...A12. Каждый из блоков A1...A12 (блок входной состоит из двух входных каналов) включает в себя:

- гасящие резисторы R1, R3, R5 (R2, R4, R6);
- схему фильтрации C1, VD3 (C2, VD4);
- двухканальный элемент развязки DA1;
- индикатор состояния канала VD5 (VD6);
- защитный диод VD1 (VD2).

Примечание. В исполнении 2 блока индикаторы VD5, VD6 и резисторы R3, R4 не устанавливаются

Ключи шины данных DD1...DD3 служат для выдачи информации на шину данных с формирователей входных сигналов, а ключ шины DD4 для выдачи информации о состоянии переключателей 1-2...15-16.

Выходной регистр выполнен на микросхеме DD7. Он управляет состоянием выходных каналов и индикаторами состояния выходных каналов VD4...VD12.

Выходные каналы входят в состав выходных блоков В1...В4. Каждый из блоков В1...В4 включает в себя:

- двухканальный элемент развязки DA1;
- транзисторные ключи VT1, VT2.

Охранный таймер DD6 обеспечивает сброс микроЭВМ при подаче питания, при “зависании” микроЭВМ (отсутствие перезапуска таймера в течение 1,6 с), а также блокирует работу микроЭВМ при снижении питающего напряжения ниже 4,65 В. Длительность импульса сброса, вырабатываемого охранным таймером, составляет 200 мс.

Блок питания DA1 преобразует поступающее на блок напряжение (=24 В) в напряжение (=5 В) для питания цифровой (логической) части блока.

Режимы работы блока, задаваемые при помощи переключателей 1-2...15-16, подразделяются на рабочие и тестовые. Рабочие режимы предназначены непосредственно для эксплуатации блока в различных шкафах управления газогорелочным оборудованием. Тестовые режимы служат для проверки работоспособности и наладки блока.

4.2 Блок усилителей релейных

Блок предоставляет возможность усиления сигналов (рисунок 4.5) на электромагнитных реле RM83 (фирма “RELPOL”, Польша). Технические данные – в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Параметры электромагнитных реле

Наименование параметра	Значение
Количество каналов	8
Контакты	один, переключаящий
Коммутируемый ток, А	3,15
Максимальное коммутируемое напряжение, В	380
Напряжение катушки, В	24
Ток катушки, А	0,025
Напряжение гальванической развязки, В	1000

5 Конструирование печатной платы

5.1 Общие требования

Существуют следующие способы нанесения изображения печатных проводников:

фотографический - копирование изображения с позитива или негатива на светочувствительный слой;

офсетный - нанесение изображения защитной краской;

сеточнографический - нанесение через сетчатый трафарет;

штамповка - вырубка проводников из листа фольги специальным штампом;

ксерографический - получение изображения с помощью пигментированных заряженных порошков.

Инструментом для изготовления ПП является фотошаблон, который изготавливается на маслоусадочной контрастной фототехнической пленке типа ФТ- 41П или на стеклянной фотопластине.

В производстве ПП могут применяться фотошаблоны как с позитивным изображением ПП, так и с негативным, причем в зависимости от вида фотошаблона различают методы изготовления ПП.

Зеркальное негативное изображение рисунка на фотошаблоне изготавливают в случае применения негативного фоторезиста и фотохимического или негативного метода изготовления ПП; зеркальное позитивное изображение рисунка на фотошаблоне применяется при негативном фоторезисте и позитивном методе изготовления ПП. При изготовлении ПП рабочие фотошаблоны внутренних слоев имеют зеркальное негативное изображение; фотошаблоны наружных слоев - зеркальное позитивное изображение.

При изготовлении печатных плат чаще всего используется химический метод, обладающий следующими достоинствами: высокая разрешающая

способность; хорошее качество печатной схемы; полная идентичность плат при серийном производстве; возможность полной автоматизации.

Используем фольгированный стеклотекстолит марки СФ-2-50, имеющий высокие механические и диэлектрические свойства, высокую прочность сцепления фольги с изоляционным основанием 300 гс/3 мм, высокую нагревостойкость (рабочая температура до +120 С), толщина фольги 50 мкм, толщина материала с фольгой 1,5 мм.

При конструировании печатных плат целесообразно руководствоваться следующими положениями:

При выборе толщины печатной платы и ее габаритных размеров необходимо учитывать требуемую жесткость конструкции, механические и климатические нагрузки при эксплуатации, особенности принятого метода изготовления и электрический режим работы схемы. Рекомендуемый размер проектируемой печатной платы не более 220x380 мм. Применение плат с большим соотношением сторон в полупроводниковых преобразователях не рекомендуется, так как при этом уменьшается механическая прочность платы и увеличивается возможность коробления в процессе получения печатного монтажа. При выборе соотношения сторон платы следует использовать целые числа. Рекомендуемые соотношения 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 2:3, 2:5. При таких соотношениях проще собирать отдельные узлы в единую конструкцию.

Центры отверстий для крепления объемных элементов на печатную плату располагаются в узлах сетки с шагом 2,5 мм. Допускается шаг 1,25 мм.

Если устанавливается на плату многоконтактный элемент (реле, разъем, импульсный трансформатор и т.д.), который в силу конструктивных особенностей не попадает выводами в узлы сетки, то центр отверстий под выводы располагается, исходя из следующих соображений: центр одного отверстия, должны располагаться на вертикальных или горизонтальных линиях сетки.

Все отверстия, служащие в качестве монтажных или переходных, должны быть металлизированы.

Отверстия, соединенные печатными проводниками и отверстия под пайку, должны иметь монтажную площадку. Монтажная площадка должна иметь вид кольца с диаметром $d_m - d_o + 2v$, где $v > 0,7$ мм - ширина кольца.

Отношение расстояния между краями близлежащих отверстий к толщине платы во избежание сколов при обработке должно быть не менее единицы.

Под печатный монтаж рекомендуется использовать только одну сторону платы. Если количество перемычек превышает 15% имеющихся на плате проводников, то целесообразно перейти на двусторонний печатный монтаж.

Протяженность печатного проводника не ограничивается, однако одна должна быть по возможности минимальной.

Ширина печатного проводника: рекомендуемая - 1,2 мм, минимальная - 0,8 мм. Расстояние между проводниками: рекомендуемое - 1,5 мм, минимальное - 1,0 мм.

При ширине печатного проводника свыше 2,5 мм его рекомендуется расчленить на два и более параллельные ветви для уменьшения наводок от внешних полей. При этом зазор между параллельными проводниками: рекомендуемый - 1,5 мм, минимальный - 0,5 мм.

Печатные проводники не должны иметь резких переходов, перегибов и т.д. При наличии разветвленного проводника переход в ответвление также должен быть плавным. Ответвление рекомендуется выполнять от монтажных площадок. Также должен быть плавным и переход от проводника к монтажной площадке. Радиусы скругления должны быть не менее 1...2 мм. Плавные переходы, устраняют местные механические перенапряжения и тем самым компенсируют разницу в тепловых деформациях фольги и диэлектрика.

Расстояние между проводником и краем платы или проводником и краем отверстия диаметром более 10 мм должно составлять не менее 2...4 мм.

Входные и выходные концы печатных проводников должны быть сведены в систему, удобную для подключения переходных элементов.

На печатной плате следует предусматривать не менее двух технологических отверстий.

Пересечение печатных проводников на плате устраняется с помощью перемычек. Длина каждой перемычки от 5 до 40 мм. Количество перемычек на плате с максимально допустимыми размерами не должно превышать десяти. Перемычки рекомендуется выполнять из луженой медной проволоки, помещенной в полихлорвиниловую трубку.

При двустороннем печатном монтаже следует избегать прокладки проводников и перемычек параллельно аналогичным деталям, расположенным на противоположной стороне во избежание возникновения паразитных емкостных связей.

Шероховатость неметаллизированной поверхности и платы $R_z < 80$, металлизированной поверхности - $R_z < 40$.

После изготовления печатная плата покрывается лаком с целью восстановления поверхностного сопротивления изоляции платы, предохранения печатного монтажа от загрязнения в процессе транспортировки платы и установки навесных элементов, предохранения печатного монтажа от обслуживания при пайке погружением.

5.2 Расчет проводников по постоянному току

Практически сечение проводника рассчитывается по допустимому падению напряжения U_n на проводнике:

$$5.5.1. \quad U_n = \frac{\rho l}{h_{\phi} \epsilon_n}, \quad (5.19)$$

где $v_n=0,23$ мм; $h_{\phi}=0,02$ мм - высота проводника;

$l=0,5$ м - длина проводника; $\rho=0,0175$ Ом/см - удельное электрическое сопротивление; $I=30$ мА - ток через проводник.

$$U_n = \frac{0,0175 \cdot 0,03 \cdot 0,5}{0,23 \cdot 0,02} = 57 \text{ мВ}$$

$$U_n < U_{\text{зны}} = 0,4 + 0,5 \text{ В}$$

5.3 Расчет сечения печатного проводника сигнальной цепи

$$S_c \geq \frac{\rho l}{U_{\text{зны}}} = \frac{0,175 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5}{0,4} = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ мм} \quad (5.20)$$

Расчет сечения печатного проводника шины питания и земли :

$$S_{\text{пз}} \geq \frac{\rho l}{0,01 E_n} = \frac{0,175 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5}{15 \cdot 10^{-2}} = 175 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2 \quad (5.21)$$

5.4 Поверхностное сопротивление изоляции

$$R_S = \frac{\rho_s l_3}{l}, \quad (5.22)$$

где $l_3 = 0,96$ мм - расстояние между проводниками; $l = 0,5$ м - совместная протяженность проводников; $\rho_s = 5 \cdot 10^{10}$ Ом - удельное поверхностное сопротивление материала основания.

$$R_S = \frac{0,96 \cdot 5 \cdot 10^{10}}{5 \cdot 10^2} = 9,6 \cdot 10^7 \text{ Ом}$$

5.5 Объемное сопротивление изоляции

$$R_V = \frac{\rho_v h_m}{S_n}, \quad (5.23)$$

где $\rho_v = 5 \cdot 10^9$ Ом*м - удельное объемное сопротивление материала основания; $S_n = s_n = 4,41 \cdot 10^{-2}$ мм² - площадь проекции одного элемента на поверхность другого; $h_{III} = 1,5$ мм - толщина материала основания между элементами проводящего рисунка.

$$R_V = \frac{5 \cdot 10^9 \cdot 1,5}{4,41 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{14} \text{ Ом}$$

Сопротивление изоляции:

$$R_U = \frac{R_S R_V}{R_S + R_V} = \frac{9,6 \cdot 1,7 \cdot 10^{21}}{9,6 \cdot 10^7 + 1,7 \cdot 10^{14}} = 9,6 \cdot 10^7 \text{ Ом} \quad (5.24)$$

$$R_U > 10^3 R_{вх}, \text{ где } R_{вх} = \frac{2B}{0,2 \text{ мА}} = 10 \text{ кОм.}$$

5.6 Конструирование печатных узлов

Печатным узлом принято называть печатную плату с установленными на ней элементами.

При конструировании печатных узлов важное значение придается вопросам расположения и установки навесных элементов на печатной плате. При этом целесообразно руководствоваться следующими положениями.

. Навесные элементы могут располагаться на плате тремя способами:

а) установка элементов вплотную к поверхности платы. При этом уменьшается объем печатного узла и повышается его вибростойкость;

б) установка с зазором между элементами и платой. При этом уменьшается площадь поверхности платы, но увеличивается объем печатного узла и уменьшается его вибростойкость;

в) комбинированный способ установки элементов на плату. При этом способе элементы устанавливаются на плату в два слоя. В нижнем слое необходимо располагать детали с минимальной возможностью отказа в процессе эксплуатации, а в верхнем слое - элементы, требующие подстройки или менее надежные в эксплуатации.

Полупроводниковые приборы и микросхемы не следует располагать близко к элементам, выделяющим большое количество тепла, а также к источникам сильных магнитных полей (постоянным магнитам, дросселям, трансформаторам и др.).

Перед пайкой все выводы навесных элементов должны быть закреплены в отверстиях платы для предотвращения выпадения элементов в процессе транспортировки и групповой пайки.

Навесные элементы на печатной плате должны располагаться параллельными рядами или группами. Осевые линии корпусов навесных элементов должны быть параллельны или перпендикулярны друг другу.

Навесные элементы должны располагаться только со стороны маты, свободной от печатного монтажа, причем параллельно плате. Вертикальная

установка элементов не рекомендуется в связи с недостаточной жесткостью крепления выводов.

Малогобаритные элементы с большим количеством выводов импульсные трансформаторы, миниатюрные реле и др.) укрепляются на плате в зависимости от их конструктивных особенностей и механической точности платы.

Навесные элементы со значительной массой (потенциометры, бумажные конденсаторы и др.) устанавливаются на плате с помощью держателей или вспомогательной арматуры, обеспечивающих жесткое крепление деталей к плате.

Навесные элементы, имеющие большие габариты и массу трансформаторы, дроссели, электролитические конденсаторы; большой емкости и др.) должны устанавливаться вне печатной платы и соединяться с ней проводным монтажом. В виде исключения допускается установка крупногабаритных элементов на плату при условии их крепления через плату к шасси блока управления.

Независимо от выбранного способа конструирования и от конструкции печатного узла существует ряд требований, которые должны удовлетворять все печатные узлы без исключения.

Конструкция печатного узла должна предусматривать доступ к любому элементу и детали и возможность их замены в процессе эксплуатации.

Крепление печатного узла в блоке не должно давать прогиба платы во избежание обрыва печатных проводников. Во избежание замыкания печатных проводников на корпус должна быть предусмотрена изоляция печатной платы от корпуса блока.

После изготовления узла печатная плата покрывается лаком с целью увеличения поверхностного сопротивления изоляции и защиты печатного монтажа от воздействия климатических факторов.

Таким образом, плата лакируется дважды - сразу после своего изготовления и после изготовления печатного узла.

Для придания механической прочности печатному узлу при его установке в блоке печатная плата может быть обрамлена по периметру металлическим обрамлением, одновременно служащим направляющим элементом печатного узла.

5.7 Оценка вибропрочности и ударопрочности

Оценка собственных частот колебаний платы:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{K_\alpha}{a^2} \sqrt{\frac{D}{M}} a \quad (5.25)$$

$$M = M_{\pi} + m_{\text{пэ}} = a v h \rho + m_{\text{пэ}} = 145 \cdot 95 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} + 0,28 = 0,3 \text{ кг}$$

$$K_\alpha = K \left(\alpha + \beta \frac{a^2}{e_2} + \gamma \frac{a^4}{e^4} \right)^{1/2}$$

$$K = 22,37 \quad \alpha = 1 \quad \beta = \gamma = 0 \quad K_\alpha = 22,37$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot 1,5^3}{12(1-0,22)} = 9 \quad (5.26)$$

$$f_0 = \frac{1}{6,28} \cdot \frac{22,37}{215^2 \cdot 10^{-6}} \sqrt{\frac{9}{0,4}} \cdot 145 \cdot 95 \cdot 10^{-6} = 25,5 \text{ Гц}$$

Оценка коэффициента передачи по ускорению:

$$\gamma(x, y) = \frac{a(x, y)}{a_0},$$

где $a(x, y)$ и a_0 - величины виброускорений в точке (x, y) и опорной соответственно:

$$\gamma(x, y) = \frac{\sqrt{(1 + (k_1(x)k_1(y) - 1)\eta^2)^2 + \varepsilon^2\eta^2}}{\sqrt{(1 - \eta^2)^2 + \varepsilon^2\eta^2}} \quad (5.27)$$

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{\pi} = \frac{0,02}{3,14} = 6,37 \cdot 10^{-3}$$

$$\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{10,0}{25,5} = 0,4 \quad K_1(x) = K_1(y) = 1,35 \text{ из графика}$$

$$\gamma(x, y) = 1,39$$

$$a(x, y) = a_0 \gamma(x, y) = 8g \cdot 1,39 = 11,13g$$

5.8 Оценка амплитуды виброперемещения

$$\begin{aligned} 1. S_B(x, y) &= \xi_0 \gamma(x, y) \\ &= \frac{Q_0}{4\pi f_0^2} = \frac{78,5}{6,28 \cdot 2 \cdot 71,9^2} = 1,21 \text{ мм} \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$S_B = 1,21 * 1,39 = 1,68 \text{ мм}$$

Определим максимальный прогиб печатной платы:

$$\delta_B = |S_B(x,y) - \xi_{0l}| = 0,47 \text{ мм}$$

Вывод: $a_{\text{доп}} = 15g > a(x,y) = 11,13g$ $0,003\epsilon = 0,54$
 $\text{мм} > \delta_B = 0,47 \text{ мм}$

5.9 Расчет ударпрочности

Частота ударного импульса:

$$\omega = \pi/\tau; \quad \tau = 10^{-3} \text{ с} \quad \omega = 3140 \text{ рад/с} \quad (5.29)$$

Коэффициент передачи при ударе:

$$K_y = 2 \sin \frac{\pi}{2\nu} = 2 \sin \frac{3,14}{2 \cdot 6,95} = 0,45 \quad (5.30)$$

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi f_0} = 6,95 \text{ – коэффициент расстройки}$$

Ударное ускорение:

$$a_y = H_y * K_y = 15g * 0,45 = 6,72g \quad (5.31)$$

Ударное перемещение:

$$Z_{\max} = \frac{2H_y}{2\pi f_0} \tau \cdot \sin \frac{\pi}{2\nu} = \frac{H_y K_y}{2\pi f_0} \tau = 0,15 \text{ мм}$$

Вывод: $a_{\text{доп}} = 35g > a_y = 6,72g$

$$0,003\epsilon = 0,54 \text{ мм} > Z_{\max} = 0,15 \text{ мм}$$

Частным случаем ударного воздействия является удар при падении прибора. Относительная скорость соударения:

$$V_0 = V_y + V_{\text{от}}$$

$$V_y = \sqrt{2gH} = \sqrt{2} = 1,41 \text{ м/с} \quad H=0,1 \text{ м} \quad (5.32)$$

$$V_{0T} = V_y * K_{CB} = 1,41 * 0,68 = 20,97 \text{ м/с}$$

$$V_0 = 1,41 + 0,97 = 2,38 \text{ м/с}$$

Действующее на прибор ускорение:

$$a_n = 2\pi V_0 f_0 = 6,28 * 2,38 * 71,9 = 109 \text{ г} \quad (5.33)$$

$$a_{\text{доп}} = 150 \text{ г} > a_n = 109 \text{ г}$$

5.10 Расчет теплового режима

Размеры нагретой зоны:

$$l_{31} = 95 \text{ мм}; l_{32} = 145 \text{ мм}; l_{33} = 15 \text{ мм}$$

Размеры блока:

$$l_{\delta 1} = 140 \text{ мм}; l_{\delta 2} = 150 \text{ мм}; l_{\delta 3} = 55 \text{ мм}$$

Площадь блока

$$S_{\delta} = 2(l_{\delta 1} l_{\delta 2} + (l_{\delta 1} + l_{\delta 2}) l_{\delta 3}) = 2(0,14 * 0,15 + (0,14 + 0,15) * 0,055) = 0,074 \text{ м}^2 \quad (5-34)$$

$$S_{H3} = 2(l_{31} l_{32} + (l_{31} + l_{32}) l_{33}) = 2(0,095 * 0,145 + (0,095 + 0,145) * 0,015) = 0,035 \text{ м}^2 \quad (5-35)$$

$$q_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{S_{\delta}} = \frac{5}{0,074} = 68,49 \text{ Вт/м}^2 \quad (5.36)$$

$$q_{H3} = \frac{P_{\delta}}{S_{H3}} = \frac{5}{0,035} = 142,8 \text{ Вт/м}^2 \quad (5.37)$$

Площадь вентиляции:

$$S_{BO} = S_{\delta} * 0,2 = 0,074 * 0,2 = 0,015 \text{ м}^2$$

Коэффициент перфорации:

$$K_{\text{пф}} = \frac{S_{\infty}}{l_{\delta 1} l_{\delta 2}} = \frac{0.015}{0.14 \cdot 0.15} \approx 0.5$$

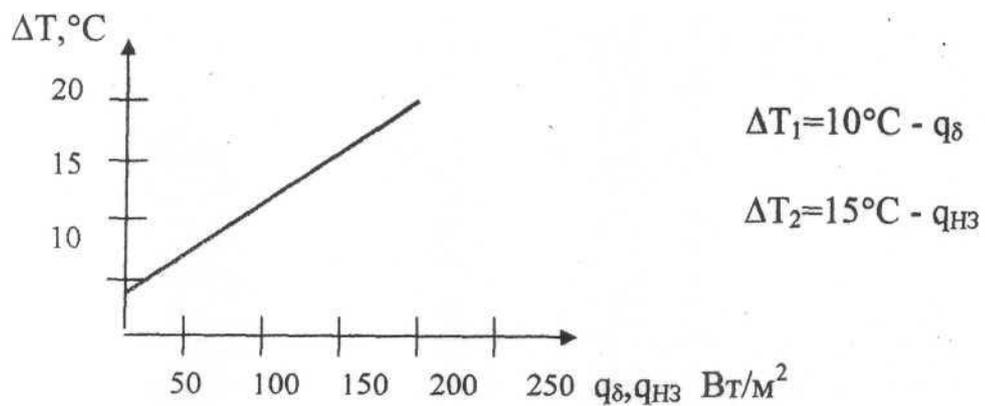


Рисунок 5.1 - Перегрев блока и нагретой зоны

$$K_{\text{т}} = Y(K_{\text{пф}})$$

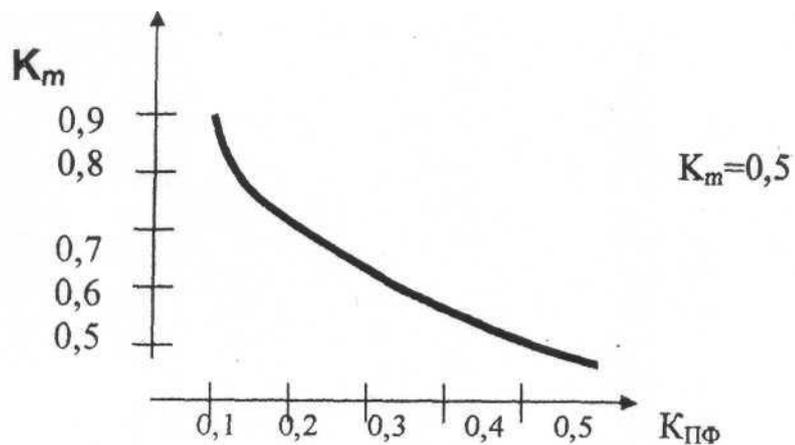


Рисунок 5.2 – Коэффициент перегрева

$$\Delta T_{\delta} = 0,93 * K_M \Delta T_1 = 0,93 * 0,5 * 10 = 4,65^{\circ}\text{C} \quad (5.38)$$

$$\Delta T_{\text{НЗ}} = K_m \Delta T_2 = 0,5 * 15 = 7,5^{\circ}\text{C} \quad (5.39)$$

$$\Delta T_{\text{СП}} = 0,6 \Delta T_{\text{НЗ}} = 0,6 * 7,5 = 4,5^{\circ}\text{C} \quad (5.40)$$

$$q_K = \frac{P_K}{S_K} = \frac{1,5}{0,587 \cdot 10^{-3}} = 2555,4 \text{ Вт/м}^2 \quad (5.41)$$

Перегрев поверхности компонента:

$$\Delta T_K = \Delta T_{\text{НЗ}} \left(0,75 + 0,25 \frac{q_K}{q_{\text{НЗ}}} \right) = 7,5 \left(0,75 + 0,25 \frac{2555,4}{166,7} \right) = 34,4^{\circ}\text{C} \quad (5.42)$$

Перегрев воздуха над компонентом:

$$\Delta T_{\text{СК}} = \Delta T_{\text{СП}} \left(0,75 + 0,25 \frac{q_K}{q_{\text{НЗ}}} \right) = 20,61^{\circ}\text{C} \quad (5.43)$$

Температура блока:

$$T_{\delta} = T_{\text{ОС}} + \Delta T_{\delta} = 25 + 4,65 = 29,65^{\circ}\text{C} \quad (5.44)$$

$$T_{\text{НЗ}} = T_{\text{ОС}} + \Delta T_{\text{НЗ}} = 25 + 7,5 = 32,5^{\circ}\text{C} \quad (5.45)$$

В нагретой зоне:

$$T_{\text{СП}} = T_{\text{ОС}} + \Delta T_{\text{СП}} = 25 + 4,5 = 29,5^{\circ}\text{C} \quad (5.46)$$

Температура компонента:

$$T_K = T_{\text{ОС}} + \Delta T_K = 25 + 34,4 = 59,4^{\circ}\text{C} \quad (5.47)$$

$$t_{ск} = T_{ос} + \Delta T_{ск} = 25 + 20,61 = 45,61^{\circ}\text{C} \quad (5.48)$$

$$T_{доп} = 70^{\circ}\text{C} > T_{к} = 59,4^{\circ}\text{C}$$

В данном блоке не нужна принудительная вентиляция, т.к. естественные условия допускают температурный режим.

5.11 Расчет надежности

Интенсивность отказов

$$\lambda_2 = \lambda_{02} K_1 K_2 K_3 K_4 Q_2(T, K_H), \quad (5.49)$$

где λ_{02} - номинальная интенсивность отказов;

$$K_1 = 1,04; K_2 = 1,03.$$

$$K_3 = 1.$$

.

$$K_1 K_2 K_3 K_4 = 1,22 \quad (5.50)$$

$$\text{Микросхемы: } K_{\Sigma} Q_2 = 1,22 * 0,5 = 0,61$$

$$\text{Резисторы: } K_{\Sigma} Q_2 = 1,22 * 0,53 = 0,65 \quad \text{Конденсаторы: } K_{\Sigma} Q_2 = 1,22 * 0,2 = 0,24$$

Для узла:

$$\Lambda^1 = \sum_{i=1}^9 \Lambda_i = 1,8 \cdot 10^{-7} + 10^{-6} + 4,2 \cdot 10^{-7} + 3,4 \cdot 10^{-8} + 24 \cdot 10^{-6} + 0,85 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 10^{-6} = 32,48 \cdot 10^{-6} \quad 1/\text{ч} \quad (5.51)$$

Без резервирования:

$$P(t_p) = \exp(-\Lambda^1 t_p) = \exp(-33,7 \cdot 3 \cdot 10^{-3}) = 0,99 \quad (5.52)$$

Зададим $t_p = 3000$ ч

Наработка на отказ:

$$T = \frac{1}{\Lambda^1} = 30788,1 \text{ ч} \quad (5.53)$$

5.12 Конструкция печатной платы и монтаж

Большинство деталей размещены на печатной плате. Например, печатная плата блока управления с двух сторон показана на рисунках 5.3 и 5.4, а сборочный чертёж печатной платы этого блока – на рисунке 5.5. Печатная плата блока защиты представлена на рисунке 5.6.

- Диаметр контактных и переходных отверстий платы 0.8 - 1.0 мм (для элементов - 1 мм).
- Паять припоем ПОС61 (ГОСТ 21930-76).
- Отверстия диаметром 3 мм, расположенные в углах платы, предназначены для крепления печатной платы к корпусу прибора.

Микросхемы DD1 - DD8 устанавливаются в контактные панели. Этим достигается возможность замены вышедших из строя без применения операций пайки.

Контактные штыри X1 - X13 предназначены для подключения к плате прибора измерительных щупов.

Подготовка технической документации проведена в соответствии с рекомендациями [10,11].

6 Эффективность работы

Расчёт экономической эффективности по внедрению новой техники и технологии можно разделить на следующие направления:

- внедрение новых машин, оборудования, приборов и аппаратуры;
- внедрение новых видов сырья и материалов;
- внедрение конструкторских изменений в серийно выпускаемые изделия;
- разработка и внедрение новых и совершенствование действующих технологических процессов;
- создание и внедрение новых и совершенствование действующих методов и систем организации и управления производством;
- внедрение стандартизации и унификации в производство;
- разработка и внедрение автоматизированных систем управления;
- снижение сроков освоения путём внедрения прогрессивных технологий.

Для определения экономической эффективности внедрения новой техники и прогрессивной технологии применяется комплекс основных и дополнительных показателей, с помощью которых возможно установить является ли данное мероприятие экономически эффективным, а также выявить величину годового экономического эффекта.

Экономический эффект означает сокращение или экономию производственных ресурсов при изготовлении продукции.

Особенностью экономического обоснования научных исследований поискового характера является то, что по ним трудно, а порою и невозможно определить прямой экономический эффект, хотя своей целью они имеют получение эффекта в перспективе. Для доказательства необходимости работ такого типа требуется обоснование цели исследования и практической значимости их резуль-

татов. Затраты, связанные с выполнением поисковых и научно-исследовательских работ сведены в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 Затраты, связанные с выполнением поисковых и научно-исследовательских работ

Наименование затрат	Единицы измерения	Величина
1 Директивное время, A	дни	120
2 Среднемесячный оклад научного руководителя, $Z_{рук}$	руб	20000
3 Отчисления в пенсионный фонд, $K_{пенс}$	%	18
4 Отчисления в фонд медицинского страхования, $K_{мед стр}$	%	6
5 Отчисления в фонд социального страхования, $K_{соц}$	%	2,2
6 Накладные расходы, $K_{нр}$	%	60
7 Стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, $C_{эл}$	руб	3,18
8 Удельная мощность ЭВМ, $M_{ЭВМ}$	кВт	0,300
9 монитора, N_M	кВт	0,264
9 принтера, $N_{ПР}$	кВт	0,147
10 Удельная мощность сканера, $N_{ск}$	кВт	0,230

6.1 Расчёт капитальных затрат

Капитальные затраты на НИР включают стоимость оборудования, стендов, приборов, дорогостоящих инструментов, необходимых для проведения

работы. Прайс-лист на момент расчёта капитальных затрат на персональный компьютер приведен в таблице 6.2.

Расчёт капитальных затрат на персональный компьютер

Данные для расчёта капитальных затрат	Количество, шт	Цена за 1 шт, руб	Стоимость, руб
Gembird/Maxxtro WCS-699 (/G)	1	687	687
LCD Samsung SyncMaster 720NA (GSEKS)	1	10230	10230
Power Cube B 1.8 м 5 евророзеток	1	91	91
Кабель USB 2.0 A-B 1.8 м	1	19	19
Клавиатура + мышь A4Tech KBS – 2348RP	1	962	962
ПК Практик /P4 505J/81915P-C D/256Mb/256Mb/256×550/160Gb/FDD/ATX/DVDRW	1	15569	15569
Итого			27558

Стоимость остального оборудования и расходных материалов приведена в таблице 6.3

Таблица 6.3 Капитальные затраты

Данные для расчёта капитальных затрат	Количество, шт	Цена за 1 шт, руб	Стоимость, руб
Принтер Canon Рихта iP1700	1	1609	1609

Сканер Canon CanoScan Lide60	1	1986	1986
Сетевой фильтр SurgeProtector	1	145	145
Кабель USB A-B	2	15	30
Итого			3770

Таким образом, капитальные затраты на разработку проекта составляют

$$Z_{К.НИР} = Z_{ПК} + Z_{ОБОР}$$

Где: $Z_{ПК}$ - стоимость персонального компьютера;

$Z_{ОБОР}$ - затраты на основное оборудование

$$Z_{К.НИР} = 27558 + 3770 = 31328 \text{ руб}$$

6.2 Расчёт текущих затрат

К текущим затратам НИР относят: заработную плату исполнителей; отчисления на социальные нужды; затраты на силовую энергию; затраты на расходные материалы.

1) В выполнении НИР принимали участие научный работник и студент. Заработная плата научного руководителя рассчитывается дифференцировано, исходя из установленного месячного оклада и необходимого количества времени на проведение научно-исследовательской работы. Расчёт затрат на работу исполнителей Z_{Σ} представлен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 Расчёт заработной платы исполнителей

Долж- ность	Числен- ность исполни- телей, чел	Ме- сячный оклад, руб	Ча- совая став- ка, руб	Огра- ботанное время	Сум- ма зара- ботной
Научный руководитель	1	20000	166,6 7	24 часа	4000

2) Отчисления на социальные нужды производятся в размере установленных процентов от общей суммы заработной платы и вычисляются по формуле:

$$Z_{соц.н} = Z_{зарпл} \cdot K_{соц}$$

Где: $Z_{зарпл}$ - заработная плата исполнителей, руб;

$K_{соц}$ - коэффициент отчислений на социальные нужды;

$$Z_{соц.н} = 4000 \cdot 0,34 = 1360 \text{ руб}$$

3) Расчет затрат на силовую энергию производится по формуле

$$Z_{эл.} = Q_{эл.} \cdot C_{эл.},$$

Где: $Q_{эл.}$ - количество потребленной электроэнергии, кВт/ч;

$C_{эл.}$ - цена электроэнергии, руб;

Количество электроэнергии определяется по формуле

$$Q_{эл.} = t_{маш} \cdot N_{уст}$$

Где: $t_{маш}$ - машинное время работы оборудования, часов;

$N_{уст}$ - установленная мощность оборудования, кВт;

Машинное время

$$t_{\text{маш}} = T_{\text{об}} \cdot q$$

Где: $T_{\text{об}}$ - количество дней работы оборудования;

q - количество часов работы оборудования в день, ч.

Расчет затрат на силовую энергию сведен в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 - Расчет затрат на силовую энергию

Наименование оборудования	Дни работы, $T_{\text{об}}$, дней	Мощность оборудования, $N_{\text{уст}}$, кВт	Машинное время, $t_{\text{маш}}$, ч	Количество электроэнергии, кВт-ч	Затраты на электроэнергию, $Z_{\text{эл}}$, руб
ЭВМ	100	0,3	800	240	720,0
Монитор	100	0,264	800	211,2	633,6
Принтер	100	0,147	50	7,35	22,1
Сканер	100	0,230	16,6	3,83	11,5
Итого					1387,2

4) Расчет амортизационных отчислений

В качестве оборудования используется компьютер, общей стоимостью 27558 руб, принтер, стоимостью 1609 руб и сканер, стоимостью 1986 руб. Рассчитаем затраты на амортизационные отчисления за период разработки проекта, который составляет 120 дня или 0,329 года.

$$A_1 = C_n \cdot H_a$$

Норма амортизации

$$H_a = \frac{T_n + 1 - i}{T_{\text{кум}}}$$

Где: T_n - нормативный срок службы; i -текущий год;

$T_{\text{кум}}$ - кумулятивное число, равное сумме лет эксплуатации оборудования. на первый год составит;

i – текущий год.

$$H_A = \frac{5 + 1 - 1}{1 + 2 + 3 + 4 + 5} = 0.33$$

Амортизационные отчисления за первый год

$$A_1 = 27558 \cdot 0,33 = 9094,14 \text{ руб}$$

За период разработки

$$A_{0,329} = 9094 \cdot 0,329 = 2991,97 \text{ руб}$$

Расчет амортизации сведен в таблицу 6.6.

Затраты на амортизацию

Оборудование	Первоначальная стоимость, $C_{п}$	Норма амортизации, $H_{А}$	Амортизационные отчисления, A
ЭВМ	27558	0,33	2991,97
Принтер	1609	0,33	151,33
Сканер	1986	0,33	186,78
Итого			3330

5) Накладные расходы

Где: Z - затраты на заработную плату исполнителей, руб;

$K_{нр}$ - коэффициент накладных расходов;

$$H_p = 4000 \cdot 0,6 = 2400 \text{ руб}$$

На основании выполненных расчетов определили общую сумму текущих затрат на выполнение НИР. Полученные результаты сведены в таблицу 6.7.

Таблица 6.7 Общая сумма текущих затрат на выполнение НИР

Наименование затрат	Сумма, руб	Удельный вес, %
1 Заработная плата исполнителей	4000	32,9
2 Отчисления на социальные нужды	1048	8,6
3 Электроэнергия силовая	1387,2	11,4
4 Амортизация	3330	27,4
5 Накладные расходы	2400	19,7
Итого	12165,2	100

Затраты на создание проекта в условиях ТГУ составляют

$$Z_{нпр} = Z_{м.НИР} + Z_{к.НИР} \cdot E_n$$

Где: $Z_{т.НИР}$ — текущие затраты, руб;

$Z_{к.НИР}$ — капитальные затраты, руб;

$E_H = 0,33$ -

$$Z_{НИР} = 12165,2 + 31328 \cdot 0,33 = 22503,4 \text{ руб.}$$

Таким образом, в данном разделе были рассчитаны:

- а) Время, которое понадобилось на разработку данного проекта.
- б) На сколько данный проект экономичен по сравнению с другими.
- в) Сколько было затрачено денег на всю разработку данного проекта.

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана система управления производством. В соответствии с поставленной задачей представлены стадии температурной обработки и диапазоны температур при обжиге; дана конструкция обжиговой печи; разработаны схемы блоков управления и защиты системы управления, произведены расчёт и конструирование печатных узлов, определена эффективность работы.

Литература

- 1 Умаралиев, Р.Ш. Автоматизированная система управления технологическим процессом обжига кирпича / М.И. Исмоилов, Р.Ш. Умаралиев // Теория и практика электронного документооборота в промышленности: сб. науч. тр. № 2 (50), МАДИ. - М., 2011. – С. 176-183.
- 2 Шило, В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник, - 2-е изд., испр. / В.Л. Шило. – Челябинск: Metallургия, Челябинское отд., 2009. – 352с., ил.
- 3 Коледов, Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: учебное пособие для вузов/ изд. 2-е/Л.А.Коледов. – Спб.: Лань, 2008. – 400с.
- 4 Григорян, С.Г. Конструирование электронных устройств систем автоматизации и вычислительной техники: учебное пособие для вузов / С.Г.Григорян. – Ростов н/Д: Феникс, 2007 – 303с.
- 5 Резисторы: Справочник / Под ред. И.И.Четверткова. – М.: Энергоиздат, 1991. – 252с.
- 6 Боготарев, Е.А. Энциклопедия электронных компонентов : Большие интегральные схемы / Е.А. Боготарев, А.Н. Еркин, В.Ю. Ларин, А.Е. Лянин, ред. А.Н. Еркин. Т.1. – М.: ООО Микротим, 2006. – 224с.
- 7 Шишмарев, В.Ю. Автоматизация производственных процессов машиностроения: учебник для вузов / В.Ю.Шишмарев. – М.: Академия, 2007. – 364с.
- 8 Медведев, А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы / А.М.Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 302с.
- 9 Пирогова, Е.В. Проектирование и технология печатных плат Учеб. Для вузов / Е.В.Пирогова. – М.: ИНФА-М, 2005.- 560с.
- 10 Кашкаров, А.Н. Современная электроника в новых схемах и конструкциях / А.Н.Кашкаров. – Ростов н/д: «Феникс», 2008. – 369с.

- 11 Павлов, В.Н. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб пособие для вузов / В.Н.Павлов. – М.: Академия, 2008. – 288с.
- 12 Машу, Ж.Ф. Электронные компоненты: Руководство по выбору. Пер. с фр. 2^е изд. / Ж.Ф.Машу. – М.: Додэка XXI, 2008. – 176с.
- 13 Техническая документация фирмы ATMEL. <<http://www.atmel.com>>
- 14 Система стандартов безопасности труда: [Сборник] . – М.: издательство стандартов, 2002. – 102с.
- 15 Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: Учебное пособие./ Л.Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2007. - 68 с.
- 16 Денисенко, Г.Ф. Охрана труда: Учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов./ Г.Ф. Денисенко. – М.: Высш. школа, 2007. – 319 с.: ил.
17. Резисторы, конденсаторы, коммутационные устройства РЭА: Справочник/Н. Н. Акимов, Е. П. Ващуков, В. А. Прохоренко, Ю. П. Ходоренок - Мн.: Беларусь, 1994.
18. Ушаков К.З. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. – М.:МГТУ, 2004. – 533 с.
19. Аналоговые интегральные схемы: Справочник/А. Л. Булычев, В. И. Галкин, В. А. Прохоренко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Беларусь, 1994.
20. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Резисторы. Конденсаторы. Справочное пособие. - М.: СОЛОН-Р, 2000. - 240 с.