РЕФЕРАТ

Пояснительная записка к дипломному проекту: 85 страниц, 15 рисунков, 29 таблиц, 24 источника, 5 приложений, 3 листа чертежей формата А1.

Объект исследований: разработка контролера шагового двигателя робота.

Предмет исследования: контроллер шагового двигателя.

В первом разделе рассмотрены общие принципы разработки устройств на микроконтроллерах и внедрения их в производство, принцип действия шаговых двигателей.

Во втором разделе выполнена разработка структурной, функциональной и принципиальной схем контролера шагового двигателя робота, разработаны алгоритм и ПО микроконтроллера, осуществлен выбор элементной базы.

В третьем разделе выполнено технико-экономическое обоснование объекта разработки, сделан вывод о целесообразности производства данного устройства.

В четвертом разделе проведены расчеты вентиляции, природного и искусственного освещения, уровня шума, полученные значения сопоставлены с нормативными.

АЛГОРИТМ, КВАРЦЕВЫЙ РЕЗОНАТОР, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА, ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

**Введение**

Современную микроэлектронику трудно представить без такой важной составляющей, как микроконтроллеры. Микроконтроллеры незаметно завоевали весь мир. Микроконтроллерные технологии очень эффективны. Одно и то же устройство, которое раньше собиралось на традиционных элементах, будучи собрано с применением микроконтроллеров, становится проще, не требует регулировки и меньше по размерам. С применением микроконтроллеров появляются практически безграничные возможности по добавлению новых потребительских функций и возможностей к уже существующим устройствам. Для этого достаточно просто изменить программу.

Однокристальные (однокорпусные) микроконтроллеры представляют собой приборы, конструктивно выполненные в виде БИС и включающие в себя следующие составные части: микропроцессор, память программ и память данных, а также программируемые интерфейсные схемы для связи с внешней средой.

Мировая промышленность выпускает огромную номенклатуру микроконтроллеров. По области применения их можно разделить на два класса: специализированные, предназначенные для применения в какой-либо одной конкретной области и универсальные, которые не имеют конкретной специализации и могут применяться в самых различных областях микроэлектроники, с помощью которых можно создать как любое из перечисленных выше устройств, так и принципиально новое устройство.

В практике часто встречаются исполнительные устройства на шаговых двигателях (ШД). Принтеры, факсы, станки с ЧПУ, стиральные машины, дисководы, видеоплееры, проявочные и упаковочные машины – вот далеко не полный перечень устройств, использующих ШД. Одно из применений в учебных целях – это радиолюбительские модели, исполнительные узлы роботов, привод редукторов точного поворота антенн… Устройство можно также применить в качестве привода в станках для точного сверления и калибровки отверстий небольшого диаметра, в транспортерных линиях и т.п.

Предмет исследования – разработка контроллера шагового двигателя робота.

Целью работы является разработка схемы управления шаговым двигателем на базе микроконтроллера, которая в дальнейшем будет использоваться для управления исполнительных механизмов робота.

Задачей данного исследования является разработка алгоритма работы микроконтроллера, управляющего шаговым двигателем робота; функциональной, структурной и принципиальной схемы устройства.

Проект основывается на микроконтроллере типа AT90S2313 фирмы Atmel.

**1. Теоретические основы разработки**

**1.1 Разработка микропроцессорной системы на основе микроконтроллера**

**1.1.1 Основные этапы разработки**

Микропроцессорная система (МПС) на основе микроконтроллера (МК) используются чаще всего в качестве встроенных систем для решения задач управления некоторым объектом (в конкретном случае – шаговым двигателем). Важной особенностью данного применения является работа в реальном времени, т.е. обеспечение реакции на внешние события в течение определенного временного интервала. Такие устройства получили название контроллеров.

Перед разработчиком МПС стоит задача реализации полного цикла проектирования, начиная от разработки алгоритма функционирования и заканчивая комплексными испытаниями в составе изделия. Методология проектирования контроллеров может быть представлена так, как показано на рис. 1.1.

В техническом задании формулируются требования к контроллеру с точки зрения реализации определенной функции управления. Техническое задание включает в себя набор требований, который определяет, что пользователь хочет от контроллера и что разрабатываемый прибор должен делать. Техническое задание может иметь вид текстового описания.

На основании требований пользователя составляется функциональная спецификация, которая определяет функции, выполняемые контроллером для пользователя после завершения проектирования, уточняя тем самым, насколько устройство соответствует предъявляемым требованиям. Она включает в себя описания форматов данных, как на входе, так и на выходе, а также внешние условия, управляющие действиями контроллера.

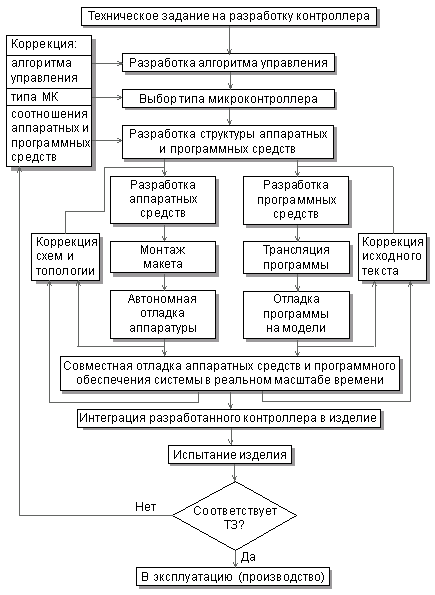


Рисунок 1.1 – Основные этапы разработки контроллера

Этап разработки алгоритма управления является наиболее ответственным, поскольку ошибки данного этапа обычно обнаруживаются только при испытаниях законченного изделия и приводят к необходимости дорогостоящей переработки всего устройства. Разработка алгоритма обычно сводится к выбору одного из нескольких возможных вариантов алгоритмов, отличающихся соотношением объема программного обеспечения и аппаратных средств.

При этом необходимо исходить из того, что максимальное использование аппаратных средств упрощает разработку и обеспечивает высокое быстродействие контроллера в целом, но сопровождается, как правило, увеличением стоимости и потребляемой мощности. При выборе типа МК учитываются следующие основные характеристики:

– разрядность;

– быстродействие;

– набор команд и способов адресации;

– требования к источнику питания и потребляемая мощность в различных режимах;

– объем ПЗУ программ и ОЗУ данных;

– возможности расширения памяти программ и данных;

– наличие и возможности периферийных устройств, включая средства поддержки работы в реальном времени (таймеры, процессоры событий и т.п.);

– возможность перепрограммирования в составе устройства;

– наличие и надежность средств защиты внутренней информации;

– возможность поставки в различных вариантах конструктивного исполнения;

– стоимость в различных вариантах исполнения;

– наличие полной документации;

– наличие и доступность эффективных средств программирования и отладки МК;

– количество и доступность каналов поставки, возможность замены изделиями других фирм.

Список этот не является исчерпывающим.

Номенклатура выпускаемых в настоящее время МК исчисляется тысячами типов изделий различных фирм. Современная стратегия модульного проектирования обеспечивает потребителя разнообразием моделей МК с одним и тем же процессорным ядром. Такое структурное разнообразие открывает перед разработчиком возможность выбора оптимального МК, не имеющего функциональной избыточности, что минимизирует стоимость комплектующих элементов.

**1.1.2 Разработка и отладка аппаратных средств**

После разработки структуры аппаратных и программных средств дальнейшая работа над контроллером может быть распараллелена. Разработка аппаратных средств включает в себя разработку общей принципиальной схемы, разводку топологии плат, монтаж макета и его автономную отладку. На этапе ввода принципиальной схемы и разработки топологии используются, как правило, распространенные системы проектирования типа «ACCEL EDA» или «OrCad».

**1.1.3 Разработка и отладка программного обеспечения**

Содержание этапов разработки программного обеспечения, его трансляции и отладки на моделях существенно зависит от используемых системных средств. В настоящее время ресурсы 8-разрядных МК достаточны для поддержки программирования на языках высокого уровня. Это позволяет использовать все преимущества структурного программирования, разрабатывать программное обеспечение с использованием раздельно транслируемых модулей. Одновременно продолжают широко использоваться языки низкого уровня типа ассемблера, особенно при необходимости обеспечения контролируемых интервалов времени. Задачи предварительной обработки данных часто требуют использования вычислений с плавающей точкой, трансцендентных функций.

В настоящее время самым мощным средством разработки программного обеспечения для МК являются интегрированные среды разработки, имеющие в своем составе менеджер проектов, текстовый редактор и симулятор, а также допускающие подключение компиляторов языков высокого уровня типа Паскаль или Си. При этом необходимо иметь в виду, что архитектура многих 8-разрядных МК вследствие малого количества ресурсов, страничного распределения памяти, неудобной индексной адресации и некоторых других архитектурных ограничений не обеспечивает компилятору возможности генерировать эффективный код.

**1.2 Принципы работы шагового двигателя**

Существуют два основных типа шаговых двигателей, применяемых в практике:

• с постоянным магнитом;

• с переменным магнитным полем.

Конструкция типичного биполярного шагового двигателя показана на рис. 1.2.

Двигатели с постоянным магнитом бывают биполярными (рис. 1.3) и униполярными (рис. 1.4).

Биполярные двигатели – наиболее простые для решения несложных задач. Они состоят из постоянного магнита вращающегося ротора и окруженного полюсами статора, состоящего из четырех обмоток. Протекание тока в обмотках статора возбуждает ротор, и при последовательной коммутации обмоток происходит ступенчатое вращение.

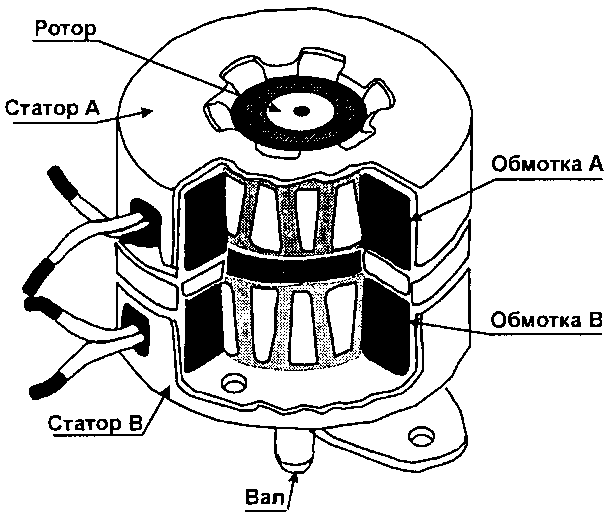


Рисунок 1.2 – Конструкция биполярного шагового двигателя

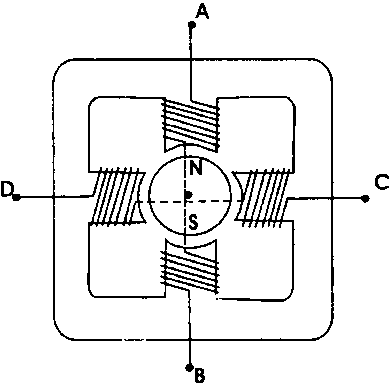


Рисунок 1.3 – Схема биполярного двигателя

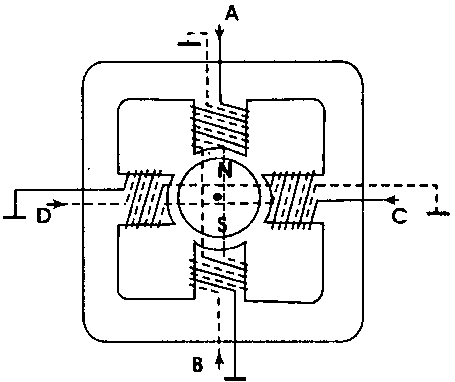


Рисунок 1.4 – Схема униполярного двигателя

Для двигателя этого типа существует три метода возбуждения обмоток.

• Возбуждение обмоток происходит в последовательности AB/CD/ BA/DC (ВА указывает на то, что обмотка АВ возбуждается в противоположном направлении). Эта последовательность известна под названием «одна фаза активна», «полный шаг» или «привод волны». В каждый момент возбуждается только одна из фаз (рис. 1.5).

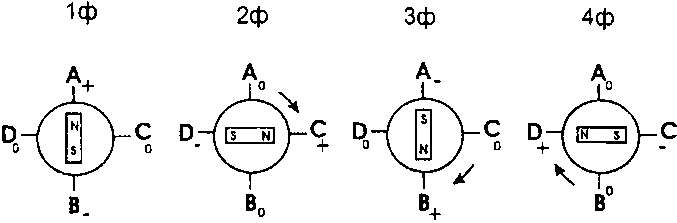


Рисунок 1.5 – Последовательность возбуждения обмоток «одна фаза активна»

• Возбуждение одновременно обеих фаз, чтобы ротор выровнялся между двумя положениями полюса. Такой метод называется «две фазы активны», «полный шаг». Это состояние является следующей последовательностью привода биполярного двигателя и дает самый высокий вращающий момент (рис. 1.6).

• Возбуждение одной фазы, потом – двух, потом – одной и т.д., чтобы ротор двигался поэтапно, вращаясь в квадранте. Эта последовательность известна как «ступенчатый метод половины». Полуволна имеет большой угол вращения за шаг двигателя, но слабый вращающий момент (рис. 1.7).

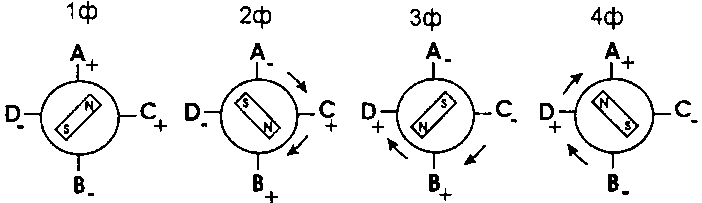


Рисунок 1.6 – Последовательность возбуждения обмоток «две фазы активны»

Для вращения в противоположном направлении (синхронизация прежняя) изменяется порядок возбуждения обмоток, на противоположный. Как показано на диаграммах, угол поворота ротора составляет 90°. Промышленные двигатели имеют больше полюсов и достигают угла поворота в несколько градусов, но число обмоток и последовательность привода остаются неизменными.

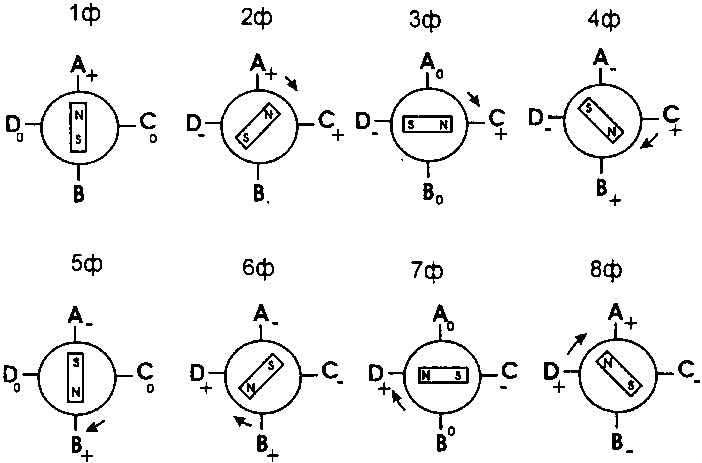


Рисунок 1.7 – Последовательность возбуждения обмоток «ступенчатый метод половины»

Униполярный двигатель с постоянным магнитом идентичен биполярному за тем исключением, что у него в каждой фазе используются две обмотки. Это необходимо для того, чтобы полностью изменить поток статора быстрее, чем в двунаправленном приводе (рис. 1.8).

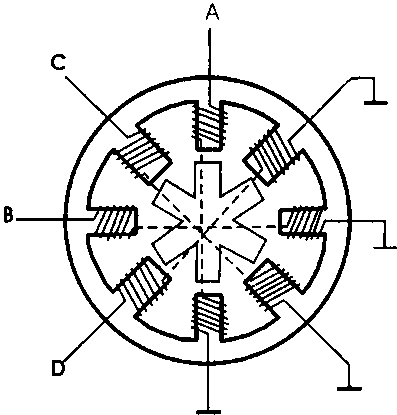


Рисунок 1.8 – Схема униполярного двигателя с постоянным магнитом

Ротор выполняет тот же путь, что и у биполярного двигателя за тем исключением, что мостовые драйверы заменены простыми униполярными каскадами: четыре транзистора Дарлингтона, или счетверенные транзисторные матрицы Дарлингтона.

Униполярные двигатели более дорогостоящие, поскольку у них – вдвое больше обмоток. Кроме того, их характеризует гораздо меньший вращающий момент при одинаковых габаритах, так как обмотки выполнены из более тонкого провода. Все двигатели с постоянным магнитом генерируют электромагнитные помехи ротором, который ограничивает скорость вращения. При очень высоких скоростях вращения необходим двигатель с переменным магнитным полем.

Двигатель переменного магнитного поля оснащен ротором из нена-магниченного мягкого железа с меньшим количеством полюсов, чем статор (рис. 1.8). При этом используется униполярный метод возбуждения пары полюсов статора, чтобы повернуть ротор к полюсам возбуждаемой обмотки ступенчато. Здесь также используют три различных последовательности возбуждения фаз:

• «одна фаза активна» – A/C/B/D;

• «две фазы активны» – AC/CB/BD/DA;

• «шаг-половина» – A/AC/C/BC/B/BD/D/DA.

Заметим, что угол поворота ротора составляет 15°, а не 45°. В прошлом униполярные двигатели были более интересны для проектировщиков, поскольку имеют простой выходной каскад. Теперь, когда выпускаются монолитные драйверы напряжения, биполярные двигатели становятся более популярным.

Для правильного генерирования импульса обмотки ШД необходим мостовой коммутатор тока обмотки. Такой коммутатор можно собрать на дискретных элементах.

**2. Разработка контроллера шагового двигателя робота**

**2.1 Постановка задачи**

Требуется разработать схему контролера шагового двигателя робота.

Разработка устройства велась с учётом следующих требований:

– простота схемы (минимальное количество компонентов);

– функциональная насыщенность, многообразие регулируемых параметров;

– устойчивость к изменениям напряжения, долговечность;

– отсутствие либо минимальный нагрев компонентов;

– низкое энергопотребление.

**2.2 Разработка структурной схемы устройства и функциональной спецификации**

Рассмотрим структуру разрабатываемого устройства (Рис. 2.1). АЦП, который тактируется от задающего генератора, снимает напряжение с регулятора R. Это напряжение преобразуется в шестнадцатиричный код. Полученные данные преобразуются для достижения целей поставленной задачи. Далее программа задает код работы порта А в зависимости от внешних управляющих сигналов. Этот код отрабатывает драйвер, который возбуждает обмотки ШД.

Uпит

СН

**ВУУ**

**ГТС**

**UАЦП Шаговый двигатель**

**Программа**

**управления**

**режимом и временем шага**

**ПОРТ**

**АЦП**

**ДР**

**КР**

**Контроль по току**

**Индикация**

Рисунок 2.1 – Структурная схема разрабатываемого устройства

ГТС – генератор тактового сигнала;

ВУУ – внешнее управление устройством;

ДР – драйвер;

КР – кварцевый резонатор;

СН – стабилизатор напряжения.

Функциональная спецификация контролера шагового двигателя робота: 1. Входы:

а. Передача сигналов управления из внешнего управления устройством;

b. Электропитание МК и драйверов стабилизированным напряжением;

с. Регулировка скорости вращения шаговым двигателем на вход АЦП;

d. Стабилизация частоты генератора кварцевым резонатором (КР).

2. Выходы:

а. Сигнал управления от МК драйвера;

b. Сигналы на устройство индикации работы ШД.

3. Функции:

а. Управление шаговым двигателем (функцией движения «Вперед-назад»);

b.МК управляет работой драйверов, которые управляют движением ШД;

с. При подаче определенного сигнала на вход МК изменение хода движения двигателя и его скорости;

d. Электропитание МК и драйверов;

е. Кварцевый резонатор осуществляет стабилизацию частоты генератора.

**2.3 Аппаратные средства микроконтроллеров серии AT90S2313**

В ТЗ на проектирование задан микроконтроллер типа AT90S2313 фирмы Atmel.

AT90S2313 – 8 – ми разрядный AVR® микроконтроллер с 2 Кбайт Flash памятью с поддержкой внутрисистемного программирования

Отличительные особенности:

AVR® – высокая производительность и RISC архитектура с низким энергопотреблением

118 мощных инструкций – большинство из них выполняются за один такт

2 Кбайт Flash – памяти с поддержкой внутрисистемного программирования

SPI – последовательный интерфейс для загрузки программного кода

Ресурс: 1000 циклов записи/ стирания

128 байта EEPROM:

Ресурс: 100 000 циклов запись/ стирание

Рабочие регистры общего назначения 32 х 8

15 программируемых линий I/O

Питание VCC: от 2.7 В до 6.0 В

Полностью статический режим работы:

От 0 до 10 МГц, при питании от 4.0 В до 6.0 В

От 0 до 4 МГц, при питании от 2.7 В до 6.0 В

Производительность, вплоть до 10 MIPS при 10 МГц

Один 8-ми разрядный таймер/ счетчик с отдельным предварительным делителем частоты

Один 16-ти разрядный таймер/ счетчик с отдельным предварительным делителем частоты с режимами сравнения и захвата

Полнодуплексный UART

Выбираемые 8, 9, или 10-ти разрядные режимы широтно-импульсной модуляции (ШИМ)

Внешние и внутренние источники прерывания

Программируемый следящий таймер с встроенным тактовым генератором

Встроенный аналоговый компаратор

Экономичные режимы ожидания и пониженного энергопотребления

Программируемая блокировка для безопасности программного обеспечения

Расположение выводов AT90S2313 (Рисунок 2.2).

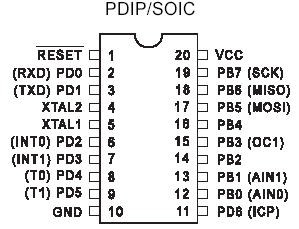


Рисунок 2.2 – Расположение выводов микроконтроллера AT90S2313

Блок – схема AT90S2313 представлена на рисунке 2.3.

AT90S2313 является 8-ми разрядным CMOS микроконтроллером с низким энергопотреблением, основанным на усовершенствованной AVR RISC архитектуре.

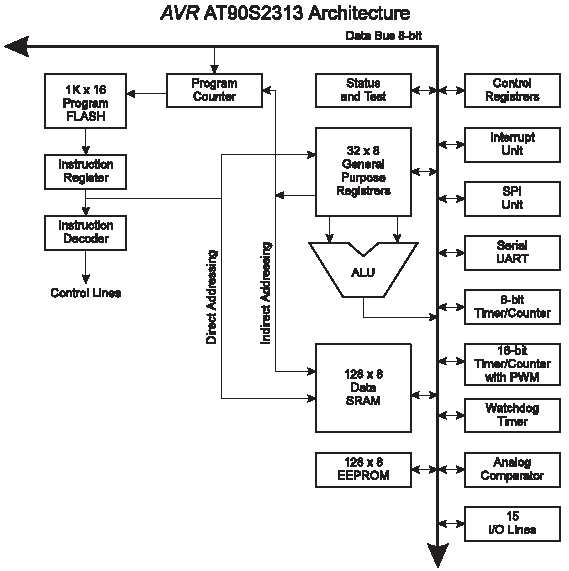


Рисунок 2.3 – Структурная схема микроконтроллера AT90S2313

Благодаря выполнению высокопроизводительных инструкций за один период тактового сигнала, AT90S2313 достигает производительности, приближающейся к уровню 1 MIPS на МГц, обеспечивая разработчику возможность оптимизировать уровень энергопотребления в соответствии с необходимой вычислительной производительностью.

Ядро AVR содержит мощный набор инструкций и 32 рабочих регистра общего назначения. Все 32 регистра напрямую подключены к арифметико – логическому устройству (АЛУ), что обеспечивает доступ к двум независимым регистрам при выполнении одной инструкции за один такт. В результате, данная архитектура имеет более высокую эффективность кода, при повышении пропускной способности, вплоть до 10 раз, по сравнению со стандартными микроконтроллерами CISC.

AT90S2313 имеет: 2 Кбайт Flash – памяти с поддержкой внутрисистемного программирования, 128 байт EEPROM, 15 линий I/O общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, универсальные таймеры/ счетчики с режимами сравнения, внутренние и внешние прерывания, программируемый UART последовательного типа, программируемый следящий таймер с встроенным тактовым генератором и программируемый последовательный порт SPI для загрузки программ в Flash память, а также, два программно выбираемых режима экономии энергопотребления. Режим ожидания «Idle Mode» останавливает CPU, но позволяет функционировать SRAM, таймеру/ счетчикам, SPI порту и системе прерываний. Режим экономии энергопотребления «Power Down» сохраняет значения регистров, но останавливает тактовый генератор, отключая все остальные функции микроконтроллера, вплоть до следующего внешнего прерывания, или до аппаратной инициализации.

Устройство производится с применением технологи энергонезависимой памяти с высокой плотностью размещения, разработанной в корпорации Atmel. Встроенная Flash – память с поддержкой внутрисистемного программирования обеспечивает возможность перепрограммирования программного кода в составе системы, посредством SPI последовательного интерфейса, или с помощью стандартного программатора энергонезависимой памяти. Благодаря совмещению усовершенствованного 8-ми разрядного RISC CPU с Flash – памятью с поддержкой внутрисистемного программирования на одном кристалле получился высокопроизводительный микроконтроллер AT90S2313, обеспечивающий гибкое и экономически – высокоэффективное решение для многих приложений встраиваемых систем управления.

AVR AT90S2313 поддерживается полным набором программ и пакетов для разработки, включая: компиляторы С, макроассемблеры, отладчики/ симуляторы программ, внутрисхемные эмуляторы и наборы для макетирования.

**2.4 Разработка функциональной схемы устройства**

Функциональная схема контролера шагового двигателя робота изображена на рисунке 2.4.

Стабилизатор

+U

Сигналы управления

**ДРАЙВЕРА**

Кварцевый

резонатор



Рисунок 2.4 – Функциональная схема контролера шагового двигателя робота

**2.5 Разработка алгоритма управления**

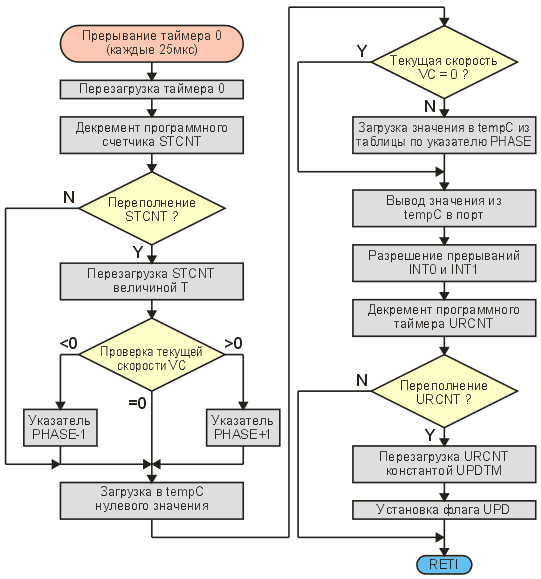


Рисунок 2.5 – Основной алгоритм контролера шагового двигателя робота

**2.6 Разработка программного обеспечения микроконтроллера**

Главной задачей программы является формирование импульсных последовательностей для 4-х обмоток двигателя. Поскольку для этих последовательностей временные соотношения являются критичными, формирование выполняется в обработчике прерывания таймера 0. Можно сказать, основную работу программа делает именно в этом обработчике. Алгоритм работы обработчика приведен на рисунке 2.5.

Несомненно, было бы удобнее использовать таймер 1, так как он 16-разрядный и способен вызывать периодические прерывания по совпадению с автоматическим обнулением. Однако он занят формированием с помощью ШИМ опорного напряжения для компараторов. Поэтому приходится перезагружать таймер 0 в прерывании, что требует некоторой корректировки загружаемой величины и вызывает некоторый джиттер, который, однако, на практике не мешает. В качестве основной временной базы выбран интервал 25 мкс, который и формируется таймером. С такой дискретностью могут формироваться временные последовательности фаз, такой же период имеет и ШИМ стабилизации тока в фазах двигателя.

Для формирования периода повторения шагов используется программный 16-разрядный таймер STCNT. В отличие от таймера 0, его загрузочная величина не является константой, так как именно она определяет скорость вращения двигателя. Таким образом, переключение фаз происходит только при переполнении программного таймера.

Последовательность чередования фаз задана таблично. В памяти программ микроконтроллера имеются три разных таблицы: для полношагового режима без перекрытия фаз, полношагового с перекрытием и для полушагового режима. Все таблицы имеют одинаковую длину 8 байт. Нужная таблица в начале работы загружается в ОЗУ, что позволяет наиболее просто переходить между разными режимами работы двигателя. Выборка значений из таблицы происходит с помощью указателя PHASE, поэтому переключение направления вращения двигателя тоже осуществляется очень просто: для вращения вперед требуется инкрементировать указатель, а для вращения назад – декрементировать.

Самая «главная» переменная в программе – это 24-битная знаковая переменная VC, которая содержит значение текущей скорости. Знак этой переменной определяет направление вращения, а значение – частоту следования шагов. Нулевое значение этой переменной говорит о том, что двигатель остановлен. Программа в этом случае выключает ток всех фаз, хотя во многих приложениях в этой ситуации требуется оставить включенными текущие фазы и лишь несколько уменьшить их ток, обеспечив этим удержание положения двигателя. При необходимости такое изменение логики работы программы сделать очень просто.

Таким образом, в случае переполнения программного таймера STCNT происходит анализ значения переменной VC, в случае положительного значения указатель PHASE инкрементируется, а в случае отрицательного – декрементируется. Затем из таблицы выбирается очередная комбинация фаз, которая выводится в порт. В случае нулевого значения VC указатель PHASE не изменяется, и в порт выводятся все нулевые значения.

Величина T, которой следует загружать таймер STCNT, однозначно связана со значением переменной VC. Однако перевод частоты в период занимает довольно много времени, поэтому эти вычисления производятся в основной программе, и не на каждом шаге, а гораздо реже. Вообще, эти вычисления нужно периодически производить только во время разгона или торможения. В остальных случаях скорость, и, соответственно, период повторения шагов, не меняются.

Для осуществления ШИМ-стабилизации тока фазы должны периодически включаться, а затем, при достижении током заданного уровня, выключаться. Периодическое включение производится в прерывании таймера 0, для чего даже в случае отсутствия переполнения программного таймера STCNT в порт выводится текущая комбинация фаз. Происходит это с периодом 25 мкс (что соответствует частоте ШИМ 40кГц). Выключением фаз управляют компараторы, выходы которых подключены к входам прерывания INT0 и INT1. Прерывания разрешаются после того, как ток фаз включается, и запрещаются сразу после переключения компараторов. Это исключает их повторную обработку. В обработчиках прерываний происходит только отключение соответствующих фаз (рисунок 2.6).

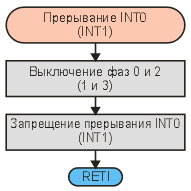


Рисунок 2.6 – Блок-схема обработчика прерываний INT0 и INT1

Процессы, происходящие при ШИМ-стабилизации тока, показаны на рисунке 2.7. Особо следует отметить, что ток в датчике тока имеет прерывистый характер даже в том случае, если ток обмотки не прерывается. Это связано тем, что во время спада тока его путь не проходит через датчик тока (а проходит через диод).

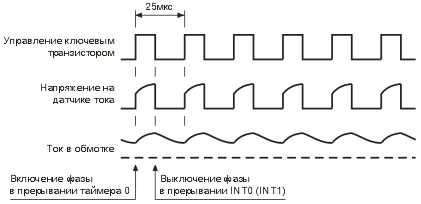


Рисунок 2.7 – Процесс ШИМ-стабилизации тока

Аналоговая часть системы ШИМ-стабилизации тока фаз двигателя является довольно «капризной». Дело в том, что сигнал, снимаемый с датчика тока, содержит большое количество помех. Помехи возникают в основном в моменты коммутации обмоток двигателя, причем как «своей», так и «чужой» фазы.

В данной программе периодичность вычисления новых значений скорости и периода выбрана равной 15.625 мс. Такое значение выбрано не случайно. Этот интервал составляет 1/64с, а главное, он содержит целое число периодов переполнения таймера 0 (25 мкс). Удобно, если значения скорости и ускорения задаются в естественных единицах, т.е. в шагах в секунду и в шагах, деленных на секунду в квадрате. Для того чтобы иметь возможность в целочисленной арифметике вычислять мгновенную скорость 64 раза в секунду, нужно перейти к внутреннему представлению скорости, увеличенному в 64 раза. Умножение и деление на 64 сводится к обычным сдвигам и поэтому требует очень мало времени. Заданную периодичность вычислений обеспечивает еще один программный таймер URCNT, который декрементируется в прерывании таймера 0 (раз в 25 мкс). Этот таймер всегда загружается постоянной величиной, что обеспечивает неизменный период его переполнений, равный 15.625 мс. При переполнении этого таймера устанавливается битовый флаг UPD, который сигнализирует основной программе, что «пора бы обновить значения скорости и периода».

Основная программа (рисунок 2.8) выполняет вычисление мгновенных значений скорости и периода следования шагов, обеспечивая необходимую кривую разгона. В данном случае разгон и торможение осуществляются с постоянным ускорением, поэтому скорость меняется линейно. Период при этом меняется по гиперболическому закону, и его вычисление – основная работа программы.

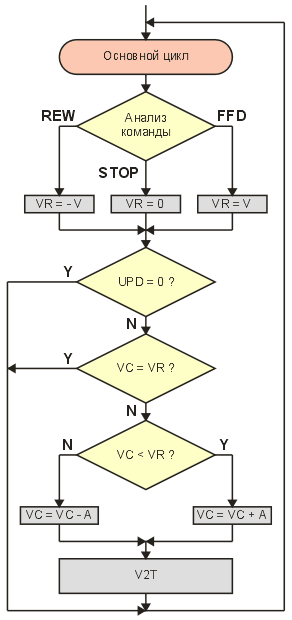


Рисунок 2.8 – Блок-схема основного цикла программы

Обновление значений скорости и периода следования шагов основная программа делает периодически, периодичность задается флагом UPD. Обновление программа делает на основе сравнения значений двух переменных: мгновенной скорости VC и требуемой скорости VR.

Значение требуемой скорости также определяется в основной программе. Это делается на основе анализа управляющих сигналов и сигналов с концевых выключателей. В зависимости от этих сигналов, основная программа загружает переменную VR значением требуемой скорости. В данной программе это V для движения вперед, – V для движения назад и 0 для остановки. В общем случае, набор скоростей (а также ускорений и токов фаз) может быть сколь угодно большим, в зависимости от требований.

Если скорости VC и VR равны, значит, шаговый двигатель работает в стационарном режиме и обновления не требуется. Если же скорости не равны, то значение VC с заданным ускорением приближается к VR, т.е. двигатель ускоряется (или замедляется) до достижения номинальной скорости. В случае, когда даже знаки VR и VC отличаются, двигатель замедляется, реверсируется и потом достигает требуемой скорости. Происходит это как бы само собой, благодаря структуре программы.

Если при очередной проверке обнаруживается, что скорости VR и VC не равны, то к значению VC прибавляется (или вычитается) значение ускорения A. Если в результате этой операции происходит превышение требуемой скорости, то полученное значение корректируется путем замены на точное значение требуемой скорости.

Затем происходит вычисление периода T (рисунок 2.9).

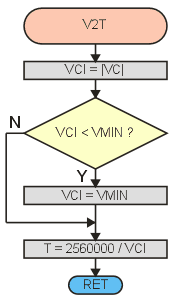


Рисунок 2.9 – Блок-схема подпрограммы вычисления периода

Вначале вычисляется модуль текущей скорости. Затем происходит ограничение минимальной скорости. Это ограничение необходимо по двум причинам. Во-первых, бесконечно малой скорости соответствует бесконечно большой период, что вызовет ошибку в вычислениях. Во-вторых, шаговые двигатели имеют довольно протяженную по скорости зону старта, поэтому нет необходимости стартовать на очень маленькой скорости, тем более что вращение на малых скоростях вызывает повышенный шум и вибрацию. Значение минимальной скорости VMIN должно выбираться исходя из конкретной задачи и типа двигателя. После ограничения минимальной скорости производится вычисление периода по формуле T = 2560000/|VC|. На первый взгляд формула не очевидна, но если учесть, что период необходимо получить в 25 мкс-интервалах, а внутреннее представление VC – это умноженное на 64 ее истинное значение, то все становится на свои места. При вычислении T требуется операция беззнакового деления формата 24/24, которое AVR на тактовой частоте 10МГц делает примерно за 70 мкс. Учитывая, что вычисления периода происходят не чаще, чем один раз в 15.625 мс, загрузка процессора получается очень низкой. Основную загрузку производит прерывание таймера 0, да и оно в основном выполняется по короткой ветке (без переполнения STCNT) длительностью примерно 3 мкс, что соответствует 12%-й загрузке процессора. Это означает, что имеются значительные резервы вычислительных ресурсов.

**2.7 Выбор элементной базы**

Основой устройства является микроконтроллер U1 типа AT90S2313 фирмы Atmel. Сигналы управления обмотками двигателя формируются на портах PB4 – PB7 программно. Для коммутации обмоток используются по два включенных параллельно полевых транзистора типа КП505А, всего 8 транзисторов (VT1 – VT8). Эти транзисторы имеют корпус TO-92 и могут коммутировать ток до 1.4А, сопротивление канала составляет около 0.3 ома. Для того, чтобы транзисторы оставались закрытыми во время действия сигнала «сброс» микроконтроллера (порты в это время находятся в высокоимпедансном состоянии), между затворами и истоками включены резисторы R11 – R14. Для ограничения тока перезарядки емкости затворов установлены резисторы R6 – R9. Данный контроллер не претендует на высокие скоростные характеристики, поэтому вполне устраивает медленный спад тока фаз, который обеспечивается шунтированием обмоток двигателя диодами VD2 – VD5. Для подключения шагового двигателя имеется 8-контактный разъем XP3, который позволяет подключить двигатель, имеющий два отдельных вывода от каждой обмотки (как, например, ДШИ-200). Для двигателей с внутренним соединением обмоток один или два общих контакта разъема останутся свободными.

Необходимо отметить, что контроллер может быть использован для управления двигателем с большим средним током фаз. Для этого только необходимо заменить транзисторы VT1 – VT8 и диоды VD2 – VD5 более мощными. Причем в этом случае параллельное включение транзисторов можно не использовать. Наиболее подходящими являются МОП-транзисторы, управляемые логическим уровнем. Например, это КП723Г, КП727В и другие.

Стабилизация тока осуществляется с помощью ШИМ, которая тоже реализована программно. Для этого используются два датчика тока R15 и R16. Сигналы, снятые с датчиков тока, через ФНЧ R17C8 и R18C9 поступают на входы компараторов U3A и U3B. ФНЧ предотвращают ложные срабатывания компараторов вследствие действия помех. На второй вход каждого компаратора должно быть подано опорное напряжение, которое и определяет пиковый ток в обмотках двигателя. Это напряжение формируется микроконтроллером с помощью встроенного таймера, работающего в режиме 8-битной ШИМ. Для фильтрации сигнала ШИМ используется двухзвенный ФНЧ R19C10R22C11. Одновременно резисторы R19, R22 и R23 образуют делитель, который задает масштаб регулировки токов фаз. В данном случае максимальный пиковый ток, соответствующий коду 255, выбран 5.11А, что соответствует напряжению 0.511В на датчиках тока. Учитывая тот факт, что постоянная составляющая на выходе ШИМ меняется от 0 до 5В, необходимый коэффициент деления равен примерно 9.7. Выходы компараторов подключены к входам прерываний микроконтроллера INT0 и INT1.

Для управления работой двигателя имеются два логических входа: FWD (вперед) и REW (назад), подключенных к разъему XP1. При подаче «низкого» логического уровня на один из этих входов, двигатель начинает вращаться на заданной минимальной скорости, постепенно разгоняется с заданным постоянным ускорением. Разгон завершается, когда двигатель достигает заданной рабочей скорости. Если подается команда изменения направления вращения, двигатель с тем же ускорением тормозится, затем реверсируется и снова разгоняется.

Кроме командных входов, имеются два входа для концевых выключателей, подключенных к разъему XP2. Концевой выключатель считается сработавшим, если на соответствующем входе присутствует «низкий» логический уровень. При этом вращение в данном направлении запрещено. При срабатывании концевого выключателя во время вращения двигателя он переходит к торможению с заданным ускорением, а затем останавливается.

Командные входы и входы концевых выключателей защищены от перенапряжений цепочками R1VD6, R2VD7, R3VD8 и R4VD9, состоящими из резистора и стабилитрона.

Питание микроконтроллера формируется с помощью микросхемы стабилизатора 78LR05, которая одновременно выполняет функции монитора питания. При понижении напряжения питания ниже установленного порога эта микросхема формирует для микроконтроллера сигнал «сброс». Питание на стабилизатор подается через диод VD1, который вместе с конденсатором C6 уменьшает пульсации, вызванные коммутациями относительно мощной нагрузки, которой является шаговый двигатель. Питание на плату подается через 4-контактный разъем XP4, контакты которого задублированы.

**2.8 Разработка схемы электрической принципиальной**

Принципиальная схема контролера шагового двигателя робота выполнена в САПР *Accel Eda* (Рисунок 2.10).

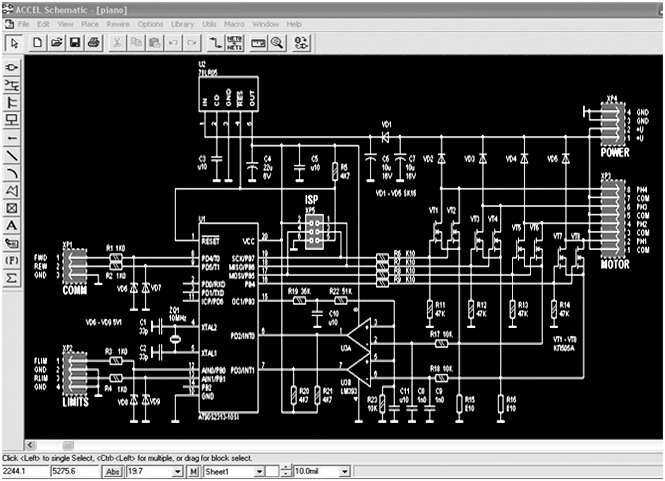


Рисунок 2.10 – Принципиальная схема контролера шагового двигателя робота в *Accel EDA*

**3. Технико-экономическое обоснование объекта разработки**

В данном разделе проводится технико-экономический расчет стоимости контроллера шагового двигателя робота.

Стоимость устройства будет состоять из стоимости разработки ПО для микроконтроллера, стоимости разработки конструкторской документации (КД) и стоимости сборки и испытания устройства.

**3.1 Расчет расходов на ПО, которое разрабатывается**

Исходные данные для расчета стоимости разработки ПО, которое разрабатывается приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные по предприятию

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №п/п | Статьи затрат | Усл. обоз. | Ед. изм. | Значения |
|  |
| Проектирование и разработка ПО | | | | |
| 1 | Часовая тарифная ставка программиста | *Зпр* | грн. | 8,00 |
| 2 | Коэффициент сложности программы | *с* | коэф. | 1,40 |
| 3 | Коэффициент коррекции программы | *Р* | коэф. | 0,05 |
| 4 | Коэффициент увеличения расходов труда | *Z* | коэф. | 1,3 |
| 5 | Коэффициент квалификации программиста | *k* | коэф. | 1,0 |
| 6 | Амортизационные отчисления | *Амт* | % | 10,0 |
| 7 | Мощность компьютера, принтера | *WМ* | Квт/ч | 0,40 |
| 8 | Стоимость ПЕОМ IBM  Sempron LE1150 (AM2)/1GB/TFT | *Втз* | грн. | 3200,00 |
| 9 | Тариф на электроэнергию | *Це/е* | грн. | 0,56 |
| 10 | Норма дополнительной зарплаты | *Нд* | % | 10,0 |
| 11 | Отчисление на социальные расходы | *Нсоц* | % | 37,2 |
| 12 | Транспортно-заготовительные расходы | *Нтр* | % | 4,0 |
| Эксплуатация П0 | | | | |
| 13 | Численность обслуживающего персонала | *Чо* | чел | 1 |
| 14 | Часовая тарифная ставка обслуживающего персонала | *Зпер* | грн. | 6,00 |
| 15 | Время обслуживания систем | *То* | час/г | 150 |
| 16 | Стоимость ПЕОМ | *Втз* | грн. | 3200,00 |
| 17 | Норма амортизационных отчислений на ПЕОМ | *На* | % | 10,0 |
| 18 | Норма амортизационных отчислений на ПЗ | *НаПО* | % | 10,0 |
| 19 | Накладные расходы | *Рнак* | % | 25,0 |
| 20 | Отчисление на содержание и ремонт ПЕОМ | *Нр* | % | 10,0 |
| 21 | Стоимость работы одного часа ПЕОМ | *Вг* | грн. | 6,5 |

Первичными исходными данными для определения себестоимости ПО является количество исходных команд (операторов) конечного программного продукта. Условное количество операторов *Q* в программе задания может быть оценено по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.1) |

где  *у* – расчетное количество операторов в программе, что разрабатывается (единиц);

*с* – коэффициент сложности программы;

*р* – коэффициент коррекции программы в ходе ее разработки.

Рассчитанное количество операторов в разработанной программе – 200.

Коэффициент *с* – относительная сложность задания относительно отношения к типичной задаче, сложность которой принята более 1, лежит в границах от 1,25 до 2,0 и выбирается равным 1,30.

Коэффициент коррекции программы *р* – увеличение объема работ за счет внесения изменений в программу лежит в границах от 0,05 до 0,1 и выбирается равным 0,05.

Подставим выбранные значения в формулу (3.1) и определим величину *Q*:

*Q* = 200∙1,3 (1 + 0,05) = 273.

**3.2 Расчет расходов на создание ПО**

Расчет расходов на ПО проводится методом калькуляции расходов, в основу которого положена трудоемкость и заработная плата разработчиков. Трудоемкость разработки ПО рассчитывается по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3.2) |

где *То* – расходы труда на описание задания;

*Ти* – расходы труда на изучение описания задания;

*Та* – расходы труда на разработку алгоритма решения задания;

*Тп* – расходы труда на составление программы по готовой блок-схеме;

*Тотл* – расходы труда на отладку программы на ЭВМ;

*Тд* – расходы труда на подготовку документации.

Составные расходы труда, в свою очередь, можно определить по числу операторов *Q* для ПО, которое разрабатывается. При оценке расходов труда используются:

– коэффициенты квалификации разработчика алгоритмов и программ – *k*;

– увеличение расходов труда в результате недостаточного описания задания – *Z*.

Коэффициент квалификации разработчика характеризует меру подготовленности исполнителя к порученной ему работе (он задается в зависимости от стажа работы), *k* = 1,0.

Коэффициент увеличения расходов труда в результате недостаточного описания задания характеризует качество постановки задания, выданного для разработки программы, в связи с тем, что задание требовало уточнения и некоторой доработки. Этот коэффициент принимается равным 1,3.

Все исходные данные приведенные в таблице 3.1.

а) Трудоемкость разработки П0 составляет:

Расходы труда на подготовку описания задания *То* принимаются равными 5 чел./час, исходя из опыта работы.

Расходы труда на изучение описания задания *Те*с учетом уточнения описания и квалификации программиста могут быть определены по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.3) |
| *Ти* = 273∙1,3/80∙1 = 5 (чел./час) |  |

Расходы труда на разработку алгоритма решения задачи рассчитываются по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.4) |
| *Та=*273/25∙1 = 11(чел./час) |  |

Расходы труда на составление программы по готовой блок-схеме *Тп* рассчитываются по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.5) |
| (чел./час) |  |

Расходы труда на отладку программы на ПЕОМ *Тотл* рассчитываются по формуле:

* при автономной отладке одного задания:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.6) |
| (чел./час) |  |

* при комплексной отладке задания:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.7) |
| (чел./час) |  |

Расходы труда на подготовку документации по заданию *Тд* определяются по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.8) |

где *Тдр* – расходы труда на подготовку материалов в рукописи:

|  |  |
| --- | --- |
| ; | (3.9) |
| (чел./час) |  |

*Тдо* – расходы труда на редактирование, печать и оформление документация:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (3.10) |
| (чел./час) |  |

Подставляя приобретенных значений в формулу (3.8), получим:

|  |  |
| --- | --- |
| (чел./час) |  |

Определим трудоемкость разработки ПО, подставив полученные значения составляющих в формулу (3.2):

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Расчет трудоемкости и зарплаты приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Трудоемкость и зарплата разработчиков ПО

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование этапов  разработки | Трудоемкость. чел./часов | Почасовая тарифная ставка программиста, грн. | Сумма зарплаты, грн. |
| Описание задания | 5 | 8,00 | 40,00 |
| Изучение задания | 5 | 8,00 | 40,00 |
| Составление алгоритма решения задачи | 11 | 8,00 | 88,00 |
| Программирование | 13 | 8,00 | 104,00 |
| Отладка программы | 55 | 8,00 | 440,00 |
| Оформление документации | 25 | 8,00 | 200,00 |
| ВСЕГО: | 114 | 8,00 | 912,00 |

б) Расчет материальных расходов на разработку ПО

Материальные расходы *Мз*, которые необходимы для создания ПО приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчет материальных расходов на разработку ПО

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Материал | Фактическое количество | Цена за единицу, грн. | Сумма, грн. |
| 1. DVD | 2 | 3,00 | 6,00 |
| 2. Бумага | 500 | 0,10 | 50,00 |
| ВСЕГО: |  |  | 56,00 |
| ТЗР (4%) |  |  | 2,24 |
| ИТОГО: |  |  | 57,24 |

в) Расходы на использование ЭВМ при разработке ПО

Расходы на использование ЭВМ при разработке ПО рассчитываются, исходя расходов одного часа, по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.12) |

где *Вг* – стоимость работы одного часа ЭВМ, грн.;

*Тотл* – расходы труда на наладку программы на ЭВМ, чел./час.;

*Тд* – расходы труда на подготовку документации, чел./час.;  
 *Тп* – расходы труда на составление программы по готовой блок-схеме, чел./час.

|  |  |
| --- | --- |
| (грн.) |  |

г) Расчет технологической себестоимости создания программы

Расчет технологической себестоимости создания программы проводится методом калькуляции расходов (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Калькуляция технологических расходов на создание ПО

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Наименование | Расходы, грн. |
| 1 | Материальные расходы | 57,24 |
| 2 | Основная зарплата | 912,00 |
| 3 | Дополнительная зарплата (15,0%) | 136,80 |
| 4 | Отчисление на социальные мероприятия (37,2%) | 390,15 |
| 5 | Накладные расходы (25,0%) | 228,00 |
| 6 | Расходы на использование ЭВМ  составлении программного обеспечения ПО | 604,50 |
| 7 | Себестоимость ПО микроконтроллера | 2328,69 |

В таблице 3.4 величина материальных расходов *Мз* рассчитана в таблице 3.3, основная зарплата *Со* берется из таблицы 3.2, дополнительная зарплата составляет 15% от основной зарплаты, отчисление на социальные потребности – 37,2% от основной и дополнительной зарплат (вместе), накладные расходы – 25% от основной зарплаты. Себестоимость разработанной программы *СПО* рассчитывается как сумма пунктов 1 – 6.

Стоимость ПО для микроконтроллера составляет 2328,69 грн. на единицу продукции.

**3.3 Расчет стоимости разработки конструкторской документации и сборки устройства**

а) Трудоемкость разработки КД изделия (*Т*) рассчитывается по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.13) |

где *Татз* – расходы труда на анализ технического задания (ТЗ), чел./час;

*Трес* – расходы труда на разработку электрических схем, чел./час;

*Трк* – расходы труда на разработку конструкции, чел./час;

*Трт* – расходы труда на разработку технологии, чел./час;

*Токд* – расходы труда на оформление КД, чел./час;

*Твидз* – расходы труда на изготовление и испытание опытного образца, чел./час.

Данные расчета заносятся в таблицу 3.5.

Заработная плата на разработку КД изделия определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.14) |

где  – почасовая тарифная ставка разработчика, грн.;

 – трудоемкость разработки КД изделия.

Таблица 3.5 – Расчет заработной платы на разработку КД изделия

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды работ | Условные обозначения | Почасовая тарифная ставка -  *Сст,* грн. | Факт.  расходы времени  чел./час; | Зарплата, грн. |
| 1. Анализ ТЗ | *Татз* | 6,00 | 2 | 12,00 |
| 2. Разработка электрических схем | *Трес* | 6,00 | 4 | 24,00 |
| 3. Разработка конструкции | *Трк* | 6,00 | 4 | 24,00 |
| 4. Разработка технологии | *Трт* | 6,00 | 2 | 12,00 |
| 5. Оформление КД | *Токд* | 6,00 | 2 | 12,00 |
| 6. Изготовление и испытание опытного образца | *Твидз* | 6,00 | 8 | 48,00 |
| Всего: | *∑* | 6,00 | 22 | 132,00 |

б) Расчет материальных расходов на разработку КД

Материальные расходы *Мв*, которые необходимы для разработки (создании) КД, приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчет материальных расходов на разработку КД

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Обозначение пометь. | Факт. кол.  чество | Цена за ед. грн.  цу, грн. | Сумма,  грн. |
| 1. CD DVD |  | 2 | 3,00 | 6,00 |
| 2. Бумага |  | 500 | 0,07 | 35,00 |
| ВСЕГО: | *∑* |  |  | 41,00 |
| ТЗР (4%) |  |  |  | 1,64 |
| Итого: | *Мв* |  |  | 42,64 |

в) Расходы на использование ЭВМ при разработке КД

Расходы, на использование ЭВМ при разработке КД, рассчитываются исходя из расходов работы одного часа ЭВМ по формуле, грн.:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.15) |

где  *Вг* – стоимость работы одного часа ЭВМ, грн.

*Трес* – расходы труда на разработку электрических схем, чел./час;

*Трк* – расходы труда на разработку конструкции, чел./час;

*Трт* – расходы труда на разработку технологии, чел./час;

*Токд* – расходы труда на оформление КД, чел./час;

При этом, стоимость работы одного часа ЭВМ (других технических средств – ТС) *Вг* определяется по формуле, грн.:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.16) |

где *Те/е* *–* расходы на электроэнергию, грн.;

*Ваморт* – величина 1-ого часа амортизации ЭВМ (ТС), грн.;

*Зперс*– почасовая зарплата обслуживающего персонала, грн.;

*Трем* *–* расходы на ремонт, покупку деталей, грн.;

Стоимость одного часа амортизации *Ваморт* определяется по формуле, грн.: (при 40 часовой рабочей неделе)

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.17) |

где *Втз* – стоимость технических средств, грн.

*На* – норма годовой амортизации (%).

*Кт* - количество недель на год (52 недели/год).

*Гт* - количество рабочих часов в неделю (40 час/неделя)

Почасовая оплата обслуживающего персонала *Зперс* рассчитывается по формуле, грн.:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.18) |

где *Окл* – месячный оклад обслуживающего персонала, грн.

*Крг* – количество рабочих часов в месяц (160 часов / месяц);

*Нрем*- расходы на оплату труда ремонта ЭВМ (6% *Окл*).

Расходы на ремонт, покупку деталей для ЭВМ *Трем* определяются по формуле, грн.:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.19) |

где  *Втз* – стоимость технических средств, грн.

*Нрем* – процент расходов на ремонт, покупку деталей (%);

*Кт* - количество недель на год (52 недели/год).

*Гт* – количество рабочих часов в неделю (36 ÷ 168 час./неделя)

Расходы на использование электроэнергии ЭВМ и техническими средствами *Те/е* определяются по формуле, грн.:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.20) |

где *Ве/е* – стоимость одного кВт/час электроэнергии, грн.;

*Wпот* – мощность компьютера, принтера и сканера (за 1 час), (кВт/час.).

Таким образом, стоимость одного часа работы ЭВМ при разработке КД будет составлять (см. формулу 3.16), грн.:

.

Расходы на использование ЭВМ при разработке, грн. (см. формулу 3.15):



г) Расчет технологической себестоимости создания КД

Расчет технологической себестоимости создания КД изделия проводится методом калькуляции расходов (таблица 3.7).

В таблице 3.7 величина материальных расходов *Мв* рассчитана в таблице 3.6, основная зарплата *Со* берется из таблицы 3.5, дополнительная зарплата 15% от основной зарплаты, отчисление на социальные мероприятия –37,2% – от основной и дополнительной зарплаты (вместе). Накладные расходы 25% от основной зарплаты. Себестоимость разработанной конструкторской документации *Скд* рассчитывается как сумма пунктов 1–6.

Таблица 3.7 – Калькуляция технологических расходов на создание КД изделия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименование статей | Условные  обозначения | Расходы (грн.) |
| 1. | Материальные расходы | *Мв* | 42,64 |
| 2. | Основная зарплата | *Зо* | 132,00 |
| 3. | Дополнительная зарплата | *Зд* | 19,80 |
| 4. | Отчисление на социальные мероприятия | *37,2%(Зо+Зд)* | 56,47 |
| 5. | Общепроизводственные (накладные)  расходы предприятия | *Ннакл* | 33,00 |
| 6. | Расходы на использование ЭВМ при составлении программного обеспечения КД | *ВЕОМ* | 26,60 |
| 7. | Себестоимость КД изделия | *Скд= ∑ (1÷6)* | 310,51 |

## 3.4 Расчет расходов на стадии производства изделия

Себестоимость изделия которое разрабатывается, рассчитывается на основе норм материальных и трудовых расходов. Среди исходных данных, которые используются для расчета себестоимости изделия, выделяют нормы расходов сырья и основных материалов на одно изделие.

Таблица 3.8 – Расчет расходов на сырье и основные материалы на одно изделие

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материалы | Норма расходов  (единиц) | Оптовая цена грн./ед. | Фактические расходы  (единиц) | Сумма  грн. |
| Стеклотекстолит СФ-2–35  (лист 1,0 ГОСТ 10316 – 78), кг | 0,5 | 24,00 | 0,4 | 9,60 |
| Припой ПОС – 61 (ГОСТ 21930 – 76), кг | 0,05 | 18.00 | 0,05 | 0,90 |
| Всего: |  |  |  | 10,50 |
| Транспортно-заготовительные расходы (4%) |  |  |  | 0,42 |
| Итого: |  |  |  | 10,92 |

В ходе расчета себестоимости изделия, как исходные данные, используют спецификации материалов, покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов, которые используются при сборке одного изделия.

Расчет зарплаты основных производственных рабочих проводим на основе норм трудоемкости по видам работ и по часовым ставкам рабочих (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Расчет основной зарплаты работников, участвующих в сборке, настройке и монтаже изделия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование операции | Почасовая тарифная ставка, грн. | Норма временичел./час. | Сдельная зарплата, грн. |
| Заготовительная | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Фрезерная | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Слесарная | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Гравировка | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Фотохимпечать | 5,67 | 2 | 11,34 |
| Гальваническая | 5,67 | 2 | 11,34 |
| Маркировочная | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Сборка | 5,67 | 2 | 11,34 |
| Монтаж | 5,67 | 1 | 5,67 |
| Настройка | 5,67 | 2 | 11,34 |
| Другие | - | - | - |
| Всего: |  | 14 | 62,37 |

Калькуляция себестоимости и определения цены выполняется в таблице 3.10.

Таблица 3.10 **–** Калькуляция себестоимости и определения цены изделия

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование статей расходов | Расходы  грн. |
| Сырье и материалы | 10,92 |
| Покупные комплектующие изделия | 77,29 |
| Основная зарплата рабочих | 62,37 |
| Дополнительная зарплата (15%) | 9,36 |
| Отчисление на социальные мероприятия (37,2%) | 26,68 |
| Накладные расходы (25%) | 15,59 |
| Стоимость КД | 310,51 |
| Общая стоимость изделия | 512,72 |

Общая стоимость изделия будет составлять:

Собщ. = С прог. + С баз. Бл. (3.21)

где С прог. – себестоимость составления программы для микроконтроллера;

С баз. Бл – себестоимость подготовки КД и сборки устройства.

При единичном изготовлении:

Собщ. = 2328,69+ 512,72 = 2841,41 (грн.).

При производстве 100 единиц продукции:

Собщ.100 = 204,51 грн.

При производстве 1000 изделий:

Собщ.1000 = 203,73 грн.

При расчете не учитывалось снижение цены на покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, т. к. эта величина при оптовой закупке будет зависеть от величины партии.

**4. Охрана труда**

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей (диапазон радиочастот: ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека-оператора.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

**4.1 Требования к производственным помещениям**

**4.1.1 Окраска и коэффициенты отражения**

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения.

Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму.

Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

окна ориентированы на юг: – стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол – зеленый;

окна ориентированы на север: – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол – красновато-оранжевый;

окна ориентированы на восток: – стены желто-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый;

окна ориентированы на запад: – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения: для потолка: 60–70%, для стен: 40–50%, для пола: около 30%. Для других поверхностей и рабочей мебели: 30–40%.

**4.1.2 Освещение**

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах.

Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Существует три вида освещения – естественное, искусственное и совмещенное (естественное и искусственное вместе).

Естественное освещение – освещение помещений дневным светом, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях помещений.

Естественное освещение характеризуется тем, что меняется в широких пределах в зависимости от времени дня, времени года, характера области и ряда других факторов.

Искусственное освещение применяется при работе в темное время суток и днем, когда не удается обеспечить нормированные значения коэффициента естественного освещения (пасмурная погода, короткий световой день).

Освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным, называется совмещенным освещением.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное. Рабочее освещение, в свою очередь, может быть общим или комбинированным. Общее – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно или применительно к расположению оборудования. Комбинированное – освещение, при котором к общему добавляется местное освещение.

Согласно СНиП II-4–79 в помещений вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3…0,5 мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%, а при зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5…1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная – 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности – 200 и 300 лк соответственно.

Кроме того все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т. к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

**4.1.3 Параметры микроклимата**

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения (см. табл. 4.1)

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м3/человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в табл. 4.2.

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

Таблица 4.1 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Период года | Параметр микроклимата | Величина |
| Холодный | Температура воздуха в помещении | 22…24 °С |
| Относительная влажность | 40…60% |
| Скорость движения воздуха | до 0,1 м/с |
| Теплый | Температура воздуха в помещении | 23…25 °С |
| Относительная влажность | 40…60% |
| Скорость движения воздуха | 0,1…0,2 м/с |

Таблица 4.2 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика помещения | Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м3 /на одного человека в час |
| Объем до 20м3 на человека | Не менее 30 |
| 20…40м3 на человека | Не менее 20 |
| Более 40м3 на человека | Естественная вентиляция |

**4.1.4 Шум и вибрация**

Шум ухудшает условия труда оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума [выше 80 дБ(А)] на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

В табл. 4.3 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности.

Таблица 4.3 – Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория напряженности труда | Категория тяжести труда | | | |
| Легкая | Средняя | Тяжелая | Очень тяжелая |
| I. Мало напряженный | 80 | 80 | 75 | 75 |
| II. Умеренно напряженный | 70 | 70 | 65 | 65 |
| III. Напряженный | 60 | 60 | - | - |
| IV. Очень напряженный | 50 | 50 | - | - |

Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах – 65дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

**4.1.5 Электромагнитное и ионизирующее излучения**

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры. Однако исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует и исследования в этом направлении продолжаются.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в табл. 4.4.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10–100 мВт/м2.

Таблица 4.4 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542–96)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Допустимые значения |
| Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора | 10В/м |
| Напряженность магнитной составляющей электромагнитного  поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора | 0,3А/м |
| Напряженность электростатического поля не должна превышать:  для взрослых пользователей  для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений | 20кВ/м  15кВ/м |

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения (MPR-II, TCO-92, TCO-99), устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

**4.2 Эргономические требования к рабочему месту**

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста являются стол и кресло.

Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление программиста.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле – пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук – это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

ДИСПЛЕЙ размещается в зоне а (в центре);

СИСТЕМНЫЙ БЛОК размещается в предусмотренной нише стола;

КЛАВИАТУРА – в зоне г/д;

«МЫШЬ» – в зоне в справа;

СКАНЕР в зоне а/б (слева);

ПРИНТЕР находится в зоне а (справа);

ДОКУМЕНТАЦИЯ: необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – в, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно (Рис. 4.1).

а

б в

г д

Рисунок 4.1 – Разбивка рабочего стола программиста по зонам

На рис. 4.2 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

– высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;

– нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;

– поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;

– конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей);

**4**

**1**

**3**

**2**

**5**

Рисунок 4.2 – Размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста:

1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола,

5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

– высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680–760 мм;

– высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-

550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300–450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

– расстоянием считывания (0,6 – 0,7 м);

– углом считывания, направлением взгляда на 20˚ ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

– по высоте +3 см;

– по наклону от -10˚ до +20˚ относительно вертикали;

– в левом и правом направлениях.

При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

– голова не должна быть наклонена более чем на 20˚,

– плечи должны быть расслаблены,

– локти – под углом 80˚-100˚,

– предплечья и кисти рук – в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60–80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет

3:4, а расстояние между знаками – 15–20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов – от 1:2 до 1:15.

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50–60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение, как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

**4.3 Режим труда**

Как уже было неоднократно отмечено, при работе с персональным компьютером очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

В табл. 4.5 представлены сведения о регламентированных перерывах, которые необходимо делать при работе на компьютере, в зависимости от продолжительности рабочей смены, видов и категорий трудовой деятельности с ВДТ (видеодисплейный терминал) и ПЭВМ (в соответствии с САнНиП 2.2.2 542–96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ»).

Таблица 4.5 – Время регламентированных перерывов при работе на компьютере

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категория работы с ВДТ или ПЭВМ | Уровень нагрузки за  рабочую смену при  видах работы с ВДТ, количество знаков | Суммарное время регламентированных перерывов, мин | |
| При 8-часовой  смене | При 12-часовой  смене |
| Группа А | до 20000 | 30 | 70 |
| Группа Б | до 40000 | 50 | 90 |
| Группа В | до 60000 | 70 | 120 |

Примечание. Время перерывов дано при соблюдении указанных Санитарных правил и норм. При несоответствии фактических условий труда требованиям Санитарных правил и норм время регламентированных перерывов следует увеличить на 30%.

В соответствии со САнНиП 2.2.2 546–96 все виды трудовой деятельности, связанные с использованием компьютера, разделяются на три группы: группа А: работа по считыванию информации с экрана ВДТ или ПЭВМ с предварительным запросом; группа Б: работа по вводу информации; группа В: творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

Эффективность перерывов повышается при сочетании с производственной гимнастикой или организации специального помещения для отдыха персонала с удобной мягкой мебелью, аквариумом, зеленой зоной и т.п.

**4.4 Расчет освещенности**

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ:

– по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;

– обладают более высоким КПД (в 1,5–2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);

– обладают повышенной светоотдачей (в 3–4 раза выше, чем у ламп накаливания);

– более длительный срок службы.

Расчет освещения производится для комнаты площадью 15м2, ширина которой – 5 м, высота – 3 м. Воспользуемся методом светового потока.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

F = E∙S∙Z∙К / n, (4.1)

Где F – рассчитываемый световой поток, Лм;

Е – нормированная минимальная освещенность, Лк (определяется по таблице). Работу программиста, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет Е = 300Лк;

S – площадь освещаемого помещения (в нашем случае S = 15м2);

Z – отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1–1,15, пусть Z = 1,1);

К – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае К = 1,5);

n – коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (РС) и потолка (РП)), значение коэффициентов РС и РП были указаны выше: РС=40%, РП=60%. Значение n определим по таблице коэффициентов использования различных светильников.

Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

I = A∙B / h (A+B), (4.2)

где h – расчетная высота подвеса, h = 2,92 м;

A – ширина помещения, А = 3 м;

В-длина помещения, В = 5 м.

Подставив значения получим:

I= 0,642.

Зная индекс помещения I, по таблице 7 [23] находим n = 0,22.

Подставим все значения в формулу (4.1) для определения светового потока F, получаем F = 33750 Лм.

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ40–1, световой поток которых Fл = 4320 Лк.

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

N = F / Fл, (4.3)

где N – определяемое число ламп;

F – световой поток, F = 33750 Лм;

Fл – световой поток лампы, Fл = 4320 Лм.

N = 8 ламп.

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

Значит требуется для помещения площадью S = 15 м2 четыре светильника типа ОД.

Расчет естественного освещения помещений

Организация правильного освещения рабочих мест, зон обработки и производственных помещений имеет большое санитарно-гигиеническое значение, способствует повышению продуктивности работы, снижения травматизма, улучшения качества продукции. И наоборот, недостаточное освещение усложняет исполнения технологического процесса и может быть причиной несчастного случая и заболевания органов зрения.

Освещение должно удовлетворять такие основные требования:

– быть равномерным и довольно сильным;

– не создавать различных теней на местах работы, контрастов между освещенным рабочем местом и окружающей обстановкой;

– не создавать ненужной яркости и блеска в поле взора работников;

– давать правильное направление светового потока;

Все производственные помещения необходимо иметь светлопрорезы, которые дают достаточное природное освещение. Без природного освещения могут быть конференц-залы заседаний, выставочные залы, раздевалки, санитарно-бытовые помещения, помещения ожидания медицинских учреждений, помещений личной гигиены, коридоры и проходы.

Коэфициент естественного освещения в соответствии с ДНБ В 25.28.2006, для нашого III пояса светового климата составляет 1,5.

Исходя из этого произведем расчет необходимой площади оконных проемов.

Расчет площади окон при боковом освещении определяется, по формуле:

Sо = (Ln\*Кз.\*N0\*Sn\*Кзд.)/(100 \*T0\*r1) (4.4)

где: Ln – нормированное значение КЕО

Кз – коэффициент запаса (равен 1,2)

N0 – световая характеристика окон

Sn – площадь достаточного естественного освещения

Кзд. – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями

r1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении

T0 – общий коэффициент светопропускания, который рассчитывается по формуле:

T0 = T1 \* T2 \* T3 \* T4 \* T5, (4.5)

где T1 – коэффициент светопропускания материала;

T2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;

T3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях;

T4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитный устройствах;

T5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 1;

Теперь следует рассчитать боковое освещение для зоны, примыкающей к наружной стене. По разряду зрительной работы нужно определить значение КЕО. КЕО = 1,5 нормированное значение КЕО с учетом светового климата необходимо вычислить по формуле:

Ln=l\*m\*c, (4.6)

где l – значение КЕО (l=1.5);

m – коэффициент светового климата (m=1);

c – коэффициент солнечности климата (c=1)

Ln=1,5

Теперь следует определить отношение длины помещения Ln к глубине помещения B:

Ln/B=3/5 =0,6;

Отношение глубины помещения В к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна h1 (в данном случае h1=1,8):

B/h1=5/1,8 = 2,77.

Световая характеристика световых проемов N0=9.

Кзд=1

Значение T0=0,8\*0,7\*1\*1\*1=0,56.

Ln для 4 разряда зрительных работ равен 1,5 при мытье окон два раза в год.

Определяем r1, r1=1,5.

Кз.=1,2.

Теперь следует определить значение Sп:

Sп=Ln\*В=3\*15=15 м2.

Кзд.=1.

На данном этапе следует рассчитать необходимую площадь оконных проемов: (Ln\* Кз.\*N0\*Sn\*Кзд.) / (100\*T0\*r1)

Sо = (1,5\*1,2\*9\*15\*1)/(100\*0,56\*1,5)=243/84= 2,89 м2;

Принимаем количество окон 1 штука:

S1=2,89 м2 площадь одного окна

Высота одного окна составляет – 1,5 м, ширина 1,92 м.

Выбираем размеры окна 1,5 х 2,0 м.

**4.5 Расчет вентиляции**

В зависимости от способа перемещения воздуха вентиляция бывает естественная и принудительная.

Параметры воздуха, поступающего в приемные отверстия и проемы местных отсосов технологических и других устройств, которые расположены в рабочей зоне, следует принимать в соответствии с ГОСТ 12.1.005–76. При размерах помещения 3 на 5 метров и высоте 3 метра, его объем 45 куб. м. Следовательно, вентиляция должна обеспечивать расход воздуха в 90 куб. м/час. В летнее время следует предусмотреть установку кондиционера с целью избежания превышения температуры в помещении для устойчивой работы оборудования. Необходимо уделить должное внимание количеству пыли в воздухе, так как это непосредственно влияет на надежность и ресурс эксплуатации ЭВМ.

Мощность (точнее мощность охлаждения) кондиционера является главной его характеристикой, от неё зависит на какой объем помещения он рассчитан. Для ориентировочных расчетов берется 1 кВт на 10 м2 при высоте потолков 2,8 – 3 м (в соответствии со СНиП 2.04.05–86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»).

Для расчета теплопритоков данного помещения использована упрощенная методика:

Q=S·h·q (4.8)

где: Q – Теплопритоки

S – Площадь помещения

h – Высота помещения

q – Коэффициент равный 30–40 вт/м3 (в данном случае 35 вт/м3)

Для помещения 15 м2 и высотой 3 м теплопритоки будут составлять:

Q=15·3·35=1575 вт

Кроме этого следует учитывать тепловыделение от оргтехники и людей, считается (в соответствии со СНиП 2.04.05–86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование») что в спокойном состоянии человек выделяет 0,1 кВт тепла, компьютер или копировальный аппарат 0,3 кВт, прибавив эти значения к общим теплопритокам можно получить необходимую мощность охлаждения.

Qдоп=(H·Sопер)+(С·Sкомп)+(P·Sпринт) (4.9)

где: Qдоп – Сумма дополнительных теплопритоков

C – Тепловыделение компьютера

H – Тепловыделение оператора

D – Тепловыделение принтера

Sкомп – Количество рабочих станций

Sпринт – Количество принтеров

Sопер – Количество операторов

Дополнительные теплопритоки помещения составят:

Qдоп1=(0,1·2)+(0,3·2)+(0,3·1)=1,1 (кВт)

Итого сумма теплопритоков равна:

Qобщ1=1575+1100=2675 (Вт)

В соответствии с данными расчетами необходимо выбрать целесообразную мощность и количество кондиционеров.

Для помещения, для которого ведется расчет, следует использовать кондиционеры с номинальной мощностью 3,0 кВт.

**4.6 Расчет уровня шума**

Одним из неблагоприятных факторов производственной среды в ИВЦ является высокий уровень шума, создаваемый печатными устройствами, оборудованием для кондиционирования воздуха, вентиляторами систем охлаждения в самих ЭВМ.

Для решения вопросов о необходимости и целесообразности снижения шума необходимо знать уровни шума на рабочем месте оператора.

Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучений отдельных источников:

∑L = 10·lg (Li∙n), (4.10)

где Li – уровень звукового давления i-го источника шума;

n – количество источников шума.

Полученные результаты расчета сравнивается с допустимым значением уровня шума для данного рабочего места. Если результаты расчета выше допустимого значения уровня шума, то необходимы специальные меры по снижению шума. К ним относятся: облицовка стен и потолка зала звукопоглощающими материалами, снижение шума в источнике, правильная планировка оборудования и рациональная организация рабочего места оператора.

Уровни звукового давления источников шума, действующих на оператора на его рабочем месте представлены в табл. 4.6.

Обычно рабочее место оператора оснащено следующим оборудованием: винчестер в системном блоке, вентилятор(ы) систем охлаждения ПК, монитор, клавиатура, принтер и сканер.

Подставив значения уровня звукового давления для каждого вида оборудования в формулу (4.4), получим:

Таблица 4.6 – Уровни звукового давления различных источников

|  |  |
| --- | --- |
| Источник шума | Уровень шума, дБ |
| Жесткий диск | 40 |
| Вентилятор | 45 |
| Монитор | 17 |
| Клавиатура | 10 |
| Принтер | 45 |
| Сканер | 42 |

∑L=10·lg (104+104,5+101,7+101+104,5+104,2)=49,5 дБ

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума для рабочего места оператора, равный 65 дБ (ГОСТ 12.1.003–83). И если учесть, что вряд ли такие периферийные устройства как сканер и принтер будут использоваться одновременно, то эта цифра будет еще ниже. Кроме того при работе принтера непосредственное присутствие оператора необязательно, т. к. принтер снабжен механизмом автоподачи листов.

В данном разделе дипломной работы были изложены требования к рабочему месту инженера – программиста. Созданные условия должны обеспечивать комфортную работу. На основании изученной литературы по данной проблеме, были указаны оптимальные размеры рабочего стола и кресла, рабочей поверхности, а также проведен выбор системы и расчет оптимального освещения производственного помещения, произведен расчет рационального кондиционирования помещения, а также расчет уровня шума на рабочем месте. Соблюдение условий, определяющих оптимальную организацию рабочего места инженера – программиста, позволит сохранить хорошую работоспособность в течение всего рабочего дня, повысит как в количественном, так и в качественном отношениях производительность труда программиста, что в свою очередь будет способствовать быстрейшей разработке и отладке программного продукта.