

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

Институт электронного обучения  
 Специальность 230101 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети  
 Кафедра вычислительной техники

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ГАЗОПРОВОДЕ</b>

УДК 004.032.2:004.3'1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8302	Серебряников Глеб Максимович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ВТ	Мыцко Е.А.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Конопский В.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Извеков В.Н.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ВТ	Марков Н.Г.	Д.Т.Н., профессор		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 104 с., 17 рис., 30 табл., 16 источников, 9 прил.

Объектом исследования является автоматизированная система контроля давления газа в газопроводе.

Цель работы – разработка аппаратного и программного обеспечения для автоматизированной системы контроля давления газа в газопроводе.

В процессе исследования проводился обзор существующих аналогов автоматизированных систем контроля давления.

В результате исследования была спроектирована собственная автоматизированная система контроля давления газа в газопроводе.

## СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ГАЗОПРОВОДЕ.....	10
1.1 Методы преобразования давления.....	10
1.1.1 Механическое преобразование (трубка Бурдона).....	10
1.1.2 Тензометрический метод .....	12
1.1.3 Пьезорезистивный метод.....	13
1.1.4 Емкостной метод.....	15
1.1.5 Резонансный метод.....	16
1.2 Общие сведения о системах автоматизированного контроля давления.....	19
1.3 Системы на основе цифровых манометров WİKA CPG1000.....	19
1.4 Системы на основе цифровых манометров Ametek Crystal XP2i....	21
2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ГАЗОПРОВОДЕ.....	23
2.1 Проектирование системы .....	23
2.2 Структурная схема прибора измерения давления.....	24
2.3 Описание структурной схемы .....	24
2.4 Выбор элементной базы .....	25
2.4.1 Выбор микроконтроллера .....	25
2.4.2 Выбор чувствительного элемента .....	32
2.4.3 Выбор интерфейса .....	35
2.4.4 Выбор индикатора .....	36
2.4.5 Выбор источника питания .....	37
2.5 Принципиальная электрическая схема системы измерения давления.	39
2.6 Трассировка и компоновка элементов на печатных платах.....	39

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ.....	40
3.1 Алгоритм программы автоматизированной системы контроля давления.....	40
3.2 Код программы автоматизированной системы контроля давления..	40
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	41
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	60
6. ПОГРЕШНОСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ .....	84
7. АНАЛИЗ И РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	100
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Е .....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж .....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ З .....	109

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

## 1 Общие сведения

### 1.1 Наименование разработки

Автоматизированная система контроля давления газа в газопроводе.

### 1.2 Краткая характеристика области применения

Автоматизированная система контроля давления газа должна представлять собой совокупность средств измерительного устройства, интерфейсной части для коммутации, программного обеспечения и ПК для контроля оператором.

### 1.3 Основание для разработки

Основанием для разработки системы является задание, выданное руководителем дипломного проекта. Задание выполняется на кафедре Вычислительной техники Томского политехнического университета.

## 2 Назначение и цели создания системы

### 2.1 Назначение системы

Система предназначена для контроля давления газа в газопроводе с автоматическим срабатыванием в случае падения давления и иметь открытый код для возможности интегрирования в уже имеющуюся систему, либо написания потребителем прикладного ПО для удаленного контроля.

## 3 Сведения об объекте

Объектом автоматизированной системы контроля давления газа должен быть газопровод протяженностью не более 600м и расположенный не более чем 1200м от ПК оператора.

## **4 Требования к системе**

### **4.1 Требования к системе в целом**

Автоматизированная система контроля давления газа должна быть надежной и высокоточной, а так же модульной для быстрого устранения неполадок, путем замены модуля.

### **4.2 Требования к программному обеспечению**

Для реализации функций автоматизированного контроля давления газа система должна включать в себя программное обеспечение с открытым кодом, позволяющее потребителям интегрировать систему с уже имеющимся оборудованием(в случае если таковое существует), либо написанием потребителем прикладного ПО для удаленного контроля.

### **4.3 Требования к конструктивному исполнению**

Средства измерения системы должны иметь резьбу М20х1.5 согласно ГОСТа 19257-73 для установки в точки контроля газопровода. Степень защиты устройств находящихся на открытом воздухе должна быть IP54, а так же климатическое исполнение У2 по ГОСТ 15150-69.

### **4.4 Требование к надежности**

- Средний срок службы 8 лет.
- Максимальная вероятность безотказной работы.
- Модульность системы для удобства и уменьшения времени ремонта

#### **4.5 Требования к условиям эксплуатации**

- Температура воздуха от минус 40 до 70 °С.
- Относительная влажность воздуха при температуре 20°С от 10 до 90 % без конденсации влаги.

## ВВЕДЕНИЕ

Жизнь без манометров была бы куда на много тяжелее. Было почти невозможно рассчитать такие повседневные вещи как давление нефти, воздуха, или кровяное давление. Без манометров мы бы не смогли даже нормально принять душ, потому что нужное давление воды в наших домах пришлось бы искать наугад.

Для обеспечения нормальной работы газовых приборов в газопроводах необходимо поддерживать оптимальное давление газа в соответствии с установленным режимом. Установленный режим давления систематически контролируется и корректируется диспетчерской службой по данным регистрирующих и указывающих манометров, установленных в газорегуляторных пунктах.

В передовых газовых хозяйствах внедряются средства телеизмерения, осуществляющие на расстоянии измерение давления газа на газорегуляторных пунктах. Особенно это важно для газопроводов низкого давления, так как от них питаются жилые дома и коммунально-бытовые предприятия. Изменение давления газа резко ухудшает условия работ газовых приборов, уменьшает к.п.д. и может нарушить нормальное горение.

Уменьшение величины давления часто объясняется большими перепадами давления газа на отдельных участках газопроводов.

Для проверки и изучения режима работы газопроводов, выявления участков с наибольшим перепадом давления производят замеры давления газа. Для этого могут быть использованы газорегуляторные пункты, конденсатосборники, вводы в дома или непосредственно газовые приборы.

Замер давления газа проводят в часы максимального газопотребления, причем замеры должны быть проведены одновременно во всех намечаемых пунктах.

Для полного изучения режима работы газопроводов проводят одновременные замеры давления газа не реже 2 раз в год, в период наибольшего расхода (зимой) и наименьшего (летом). По результатам замеров составляют



карты давлений в газовых сетях. По этим картам легко определяют те участки, где имеется наибольший перепад давления газа.

Разрабатываемая система измерения давления в газопроводе должна  
будет:

- измерять давление в различных точках газопровода;
- сравнивать измеренные значения давления с давлением, которое необходимо поддерживать в газопроводе;
- в случае выхода измеряемых значений за допустимые пределы, подать сигналы на устройства управления давлением.
- иметь связь с ПК.

# 1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА УЧАСТКА ГАЗОПРОВОДА

## 1.1 Методы преобразования давления

### 1.1.1 Механическое преобразование (трубка Бурдона)

Самыми популярными у потребителей являются **манометры с трубкой Бурдона** или деформационные манометры, конструкцию которых придумал Э. Бурдон в 1849г.

**Трубка Бурдона** - главный конструктивный элемент манометра, его чувствительный элемент, являющийся первичным преобразователем давления (рис. 1).

**Трубка Бурдона** выполнена обычно из латуни или фосфористой бронзы, имеет на низкие давления форму полукруга, на средние и высокие давления форму витка. Одним концом трубка соединена с входным штуцером манометра, который является присоединительным элементом к измеряемой среде а второй конец запаян и расположен консольно. Путем применения трубок более сложной формы (спиральной, винтообразной) можно получать приборы с большей чувствительностью, но меньшим пределом измерения.



Рисунок-1. Трубка Бурдона

Принцип действия деформационных манометров. Под давлением среды консольно расположенный конец трубки Бурдона перемещается - трубка старается распрямиться. Величина этого перемещения пропорциональна величине давления.

Несложная рычажно-зубчатая передача приводит в движение стрелку, указывающую на шкале прибора величину давления. Такое устройство имеют большинство манометров отечественных марок МП, МТП, ДМ ТМ, М 3/1, ОБМ, МТИ, МПТИ, МО, немецкие манометры Wika 111.10, 111.12, 213.53, RCh, RChg, RChgG и манометры других производителей.

Схема устройства манометра с трубкой Бурдона: 1-трубка Бурдона; 2-тяги передаточного механизма; 3-зубчатый сектор; 4-стрелка; 5-штуцер.

Кроме стрелочных манометров, широко применяются бесшкальные манометры (имеющие подобную схему устройства) МЭД с унифицированными электрическими выходными сигналами, используемые в системах контроля, автоматического регулирования и управления различными технологическими процессами.

Существенным недостатком деформационных манометров является гистерезис. Суть явления: деформируемый элемент трубка Бурдона, подвергнутый воздействию высокого давления, при последующих измерениях будет давать несколько завышенные показания. То же относится и к вакуумметру, который после откачки до глубокого вакуума будет, напротив, занижать показания. Учитывая, что система вакуумного насоса работает в диапазоне давлений от атмосферного до 0,133 Па (10 в -3 мм рт. ст.), такие перепады будут отрицательно сказываться на точности деформационного манометра.

Для предотвращения повреждения деформационных манометров из-за значительных перепадов давления в измерительных системах предусматривается кран или клапан, отключающий прибор в промежутках между измерениями

### **1.1.2 Тензометрический метод**

В настоящее время основная масса датчиков давления в нашей стране выпускаются на основе чувствительных элементов, принципом которых является измерение деформации тензорезисторов, сформированных в эпитаксиальной пленке кремния на подложке из сапфира (КНС), припаянной твердым припоем к титановой мембране. Иногда вместо кремниевых тензорезисторов используют металлические: медные, никелевые, железные и др.

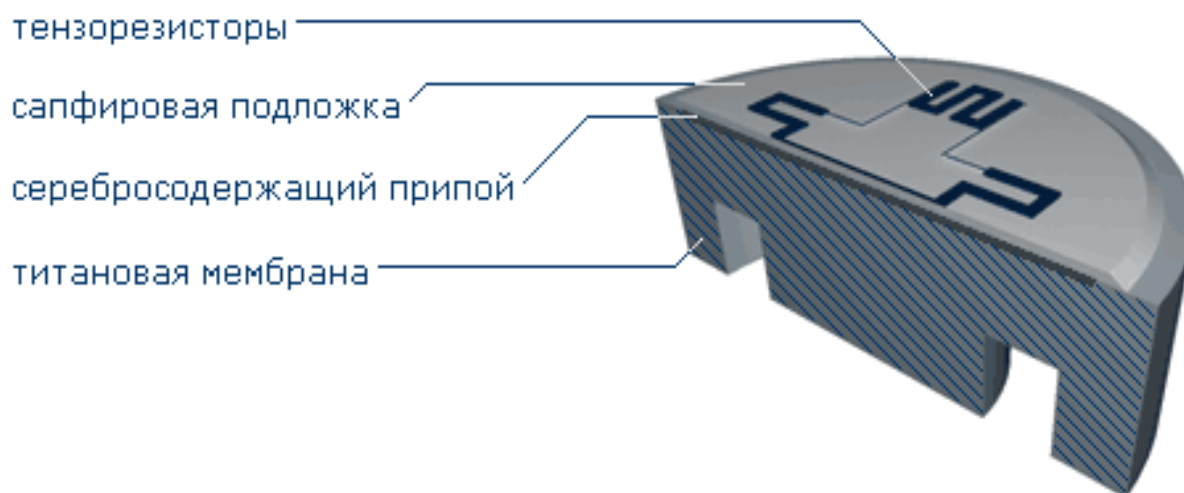


Рисунок-2. Упрощенный вид тензорезистивного чувствительного элемента

Принцип действия тензопреобразователей основан на явлении тензоэффекта в материалах. Чувствительным элементом служит мембрана с тензорезисторами, соединенными в мостовую схему. Под действием давления измеряемой среды мембрана прогибается, тензорезисторы меняют свое сопротивление, что приводит к разбалансировке моста Уитстона. Разбалансировка линейно зависит от степени деформации резисторов и, следовательно, от приложенного давления. Изменение деформации конструкции ( $\varepsilon$ ) определяется по формуле:

$$(\varepsilon) = (\Delta)R/kR,$$

где  $(\Delta)R$  — изменение номинального сопротивления  $R$ ,  $k$  — коэффициент чувствительности.

Следует отметить принципиальное ограничение КНС преобразователя — неустранимую временную нестабильность градуировочной характеристики и

существенные гистерезисные эффекты от давления и температуры. Это обусловлено неоднородностью конструкции и жесткой связью мембраны с конструктивными элементами датчика. Поэтому, выбирая преобразователь на основе КНС, необходимо обратить внимание на величину основной погрешности с учетом гистерезиса и величину дополнительной погрешности. К преимуществам можно отнести хорошую защищенность чувствительного элемента от воздействия любой агрессивной среды, налаженное серийное производство, низкую стоимость.

### 1.1.3 Пьезорезистивный метод

Практически все производители датчиков в России проявляют живой интерес к использованию интегральных чувствительных элементов на основе монокристаллического кремния. Это обусловлено тем, что кремниевые преобразователи имеют на порядок большую временную и температурную стабильности по сравнению с приборами на основе КНС структур.

Кремниевый интегральный преобразователь давления представляет собой мембрану из монокристаллического кремния с диффузионными пьезорезисторами, подключенными в мост Уинстона. Чувствительным элементом служит кристалл ИПД, установленный на диэлектрическое основание с использованием легкоплавкого стекла или методом анодного сращивания.

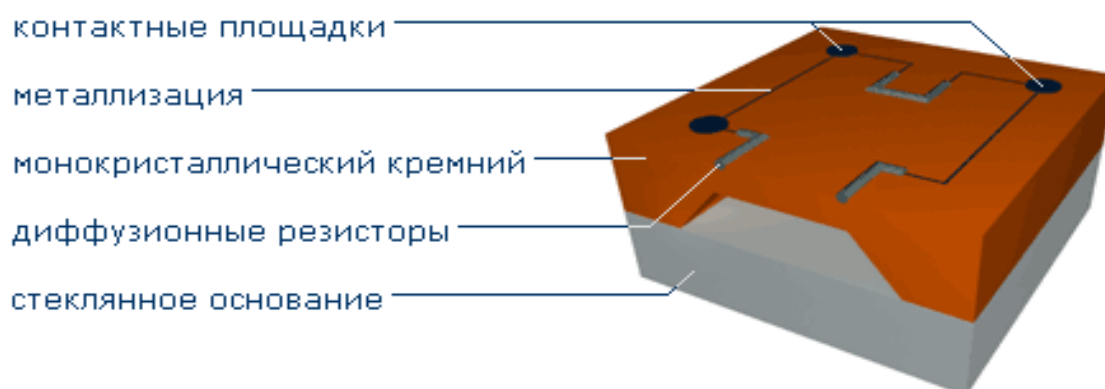


Рисунок-3. Кремниевый интегральный преобразователь давления

Для измерения давления чистых неагрессивных сред применяются, так называемые, Low cost – решения, основанные на использовании чувствительных элементов либо без защиты, либо с защитой силиконовым гелем.

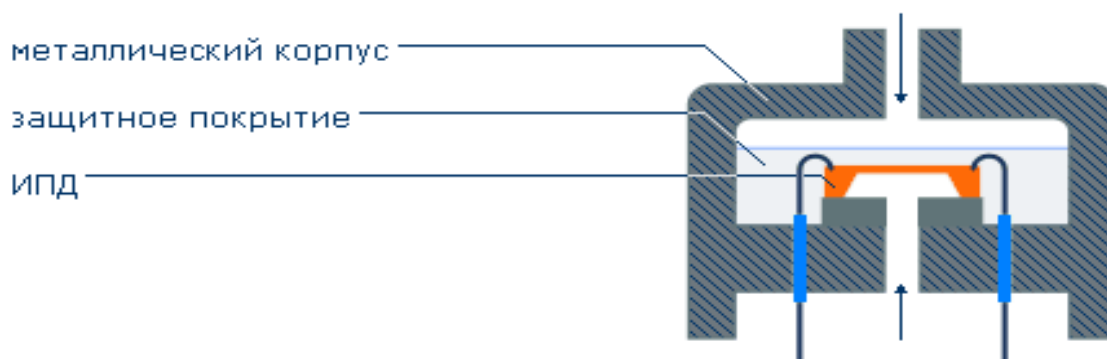


Рисунок-4. Low Cost решение для пьезорезистивных чувствительных элементов с использованием защитного покрытия

Для измерения агрессивных сред и большинства промышленных применений применяется преобразователь давления в герметичном металло-стеклянном корпусе, с разделительной диафрагмой из нержавеющей стали (мембраной), передающей давление измеряемой среды на ИПД посредством кремний органической жидкости.

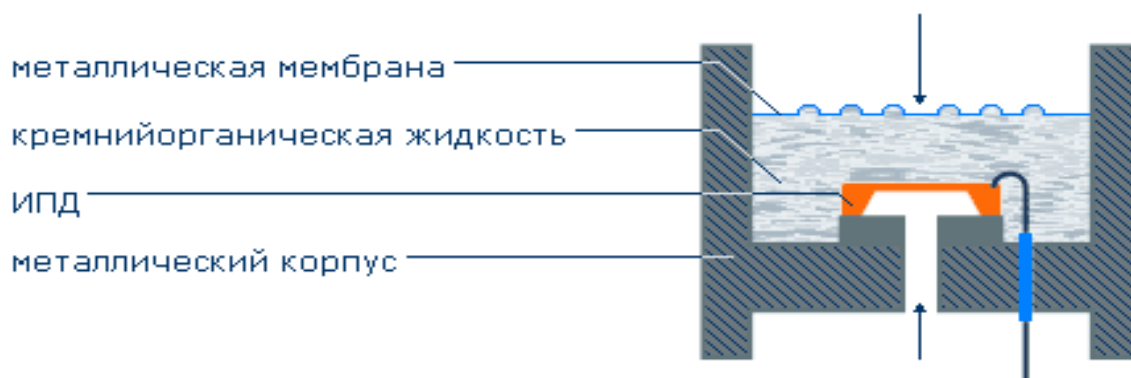


Рисунок-5. Преобразователь давления защищенный от измеряемой среды посредством коррозионно-стойкой мембраны

Основным преимуществом пьезорезистивных датчиков является более высокая стабильность характеристик, по сравнению с КНС преобразователями. ИПД на основе монокристаллического кремния, устойчив к воздействию ударных и знакопеременных нагрузок. Если не происходит механического

разрушения чувствительного элемента, то после снятия нагрузки он возвращается к первоначальному состоянию, что объясняется использованием идеально-упругого материала.

#### 1.1.4 Емкостной метод

Емкостные преобразователи используют метод изменения емкости конденсатора при изменении расстояния между обкладками. Известны керамические или кремниевые емкостные первичные преобразователи давления и преобразователи, выполненные с использованием упругой металлической мембраны. При изменении давления мембрана с электродом деформируется и происходит изменение емкости.

В элементе из керамики или кремния, пространство между обкладками обычно заполнено маслом или другой органической жидкостью

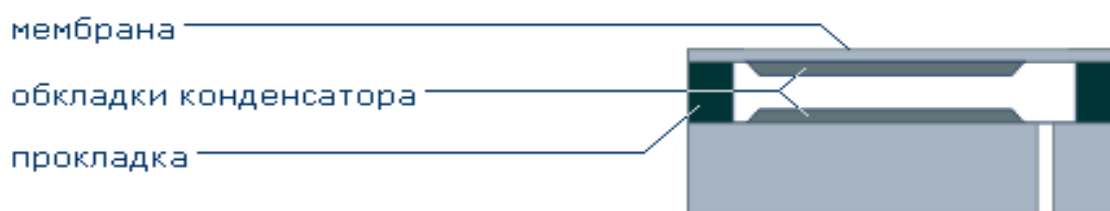


Рисунок-6. Емкостной керамический преобразователь давления, выполненный методами микромеханики

При использовании металлической диафрагмы ячейка делится на две части, с одной стороны которой расположены электроды. Электроды с диафрагмой образуют две переменные емкости, включенные в плечи измерительного моста. Когда давление по обеим сторонам одинаково, мост сбалансирован. Изменение давления в одной из камер приводит к деформации мембраны, что изменяет емкости, разбалансируя мост. В настоящее время сенсоры изготавливаются с электродами, расположенными с одной стороны от диафрагмы. Газ будет контактировать только с камерой, выполненной из нержавеющей стали или инконеля. Это позволяет проводить измерения давления загрязненных,

агрессивных, радиоактивных газов и смесей неизвестного состава. В абсолютной модели опорное давление составляет  $10^{-7} - 10^{-8}$  мм рт.ст., которое поддерживается в течение длительного времени химическим геттером.

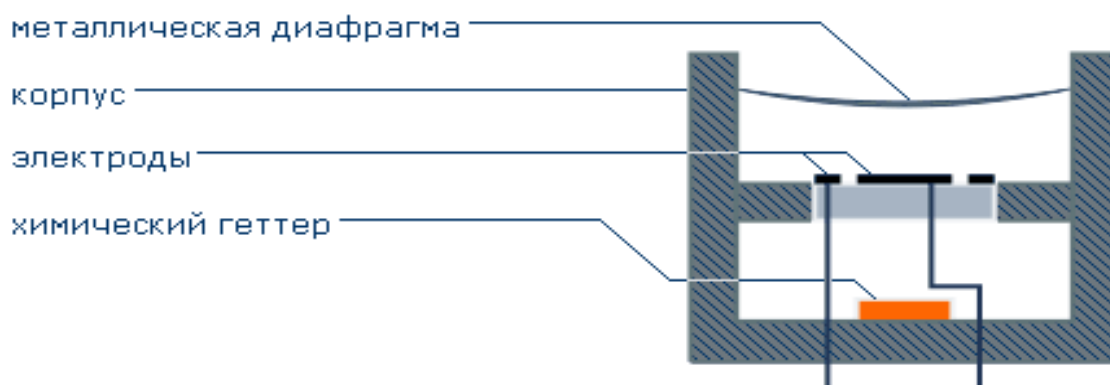


Рисунок-7. Емкостной преобразователь давления (роль подвижной обкладки конденсатора выполняет металлическая диафрагма).

Достоинством чувствительного емкостного элемента является простота конструкции, высокая точность и временная стабильность, возможность измерять низкие давления и слабый вакуум. К недостатку можно отнести нелинейную зависимость емкости от приложенного давления.

### 1.1.5 Резонансный метод

Резонансный принцип используется в датчиках давления на основе вибрирующего цилиндра, струнных датчиках, кварцевых датчиках, резонансных датчиках на кремнии. В основе метода лежат волновые процессы: акустические или электромагнитные. Это и объясняет высокую стабильность датчиков и высокие выходные характеристики прибора.

Частным примером может служить кварцевый резонатор. При прогибе мембраны, происходит деформация кристалла кварца, подключенного в электрическую схему и его поляризация. В результате изменения давления частота колебаний кристалла меняется. Подбрав параметры резонансного контура, изменяя емкость конденсатора или индуктивность катушки, можно добиться того, что сопротивление кварца падает до нуля – частоты колебаний электрического сигнала и кристалла совпадают - наступает резонанс.



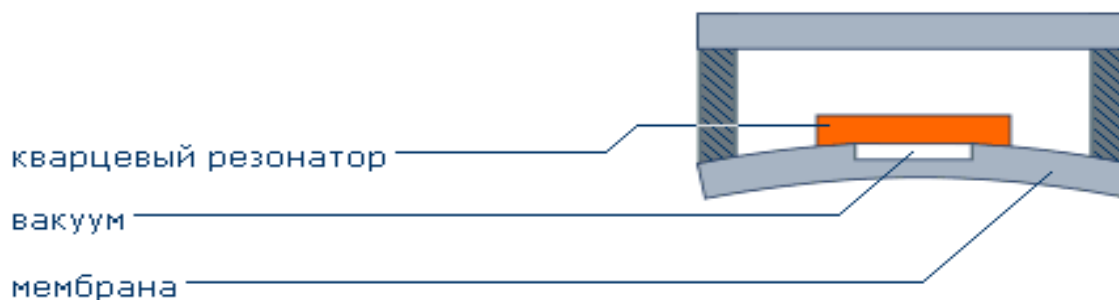


Рисунок-8. Упрощенный вид резонансного чувствительного элемента, выполненного на кварце.

Преимуществом резонансных датчиков является высокая точность и стабильность характеристик, которая зависит от качества используемого материала.

К недостаткам можно отнести индивидуальную характеристику преобразования давления, значительное время отклика, не возможность проводить измерения в агрессивных средах без потери точности показаний прибора.

Таблица 1. – Основные достоинства и недостатки различных методов преобразования давления в электрический сигнал.

Достоинства	Недостатки
<b><i>Тензометрический (КНС-преобразователи)</i></b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая степень защиты от агрессивной среды</li> <li>2. Высокий предел рабочей температуры</li> <li>3. Налажено серийное производство</li> <li>4. Низкая стоимость</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неустраняемая нестабильность градуировочной характеристики</li> <li>2. Высокие гистерезисные эффекты от давления и температуры</li> <li>3. Низкая устойчивость при воздействии ударных нагрузок и вибраций</li> </ol>
<b><i>Пьезорезистивный (на монокристаллическом кремнии)</i></b>	

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая стабильность характеристик</li> <li>2. Устойчивость к ударным нагрузкам и вибрациям</li> <li>3. Низкие (практически отсутствуют) гистерезисные эффекты</li> <li>4. Высокая точность</li> <li>5. Низкая цена</li> <li>6. Измерение давления различных агрессивных сред</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ограничение по температуре (до 150°C)</li> <li>2. Высокая чувствительность к температурным изменениям.</li> </ol>
<i><b>Достоинства</b></i>	<i><b>Недостатки</b></i>
<i><b>Емкостной</b></i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая точность</li> <li>2. Высокая стабильность характеристик</li> <li>3. Возможность измерять низкий вакуум</li> <li>4. Простота конструкции</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зачастую, нелинейная зависимость емкости от приложенного давления</li> <li>2. Необходимо дополнительное оборудование или электрическая схема для преобразования емкостной зависимости в один из стандартных выходных сигналов</li> </ol>
<i><b>Резонансный</b></i>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая стабильность характеристик</li> <li>2. Высокая точность измерения давления</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При измерении давления агрессивных сред необходимо защитить чувствительный элемент, что приводит к потере точности измерения</li> <li>2. Высокая цена</li> <li>3. Длительное время отклика</li> <li>4. Индивидуальная характеристика преобразования давления в электрический сигнал</li> </ol>

## **1.2 Общие сведения о системах автоматизированного давления**

В передовых газовых хозяйствах внедряются средства телеизмерения, осуществляющие на расстоянии измерение давления газа на газорегуляторных пунктах. Особенно это важно для газопроводов низкого давления, так как от них питаются жилые дома и коммунально-бытовые предприятия. Изменение давления газа резко ухудшает условия работ газовых приборов, уменьшает к.п.д. и может нарушить нормальное горение.

Уменьшение величины давления часто объясняется большими перепадами давления газа на отдельных участках газопроводов.

Для проверки и изучения режима работы газопроводов, выявления участков с наибольшим перепадом давления производят замеры давления газа. Для этого могут быть использованы газорегуляторные пункты, конденсатосборники, вводы в дома или непосредственно газовые приборы.

Замер давления газа проводят в часы максимального газопотребления, причем замеры должны быть проведены одновременно во всех намечаемых пунктах.

На сегодняшний день на рынке предоставлен большой выбор цифровых манометров, рассмотрим более подробно некоторые из них.

## **1.3 Системы на основе цифровых манометров WIKA CPG1000.**

Компания WIKA -мировой лидер в области производства средств измерения давления, температуры и уровня. Занимается разработкой комплексных решений и интегрирует их в бизнес-процессы, используя при этом только высококачественные технические компоненты.



Рисунок-9. CPG1000

На рисунке 9 изображен цифровой манометр **CPG1000** и обладает следующими характеристиками:

Диапазоны от 0 ... 70 Мбар до 0 ... 700 бар (также возможны диапазоны для вакуума и абсолютного давления).

Погрешность: 0,05 % (сертификат заводской калибровки).

Искробезопасное исполнение, II 3G Ex nA ПВ Т6.

Прочный корпус из нержавеющей стали по NEMA 4/IP 65.

Программное обеспечение и полные сервисные наборы по запросу.

Интерфейс: RS232.

Рабочий диапазон температур: минус 10 -55°C.

Относительная влажность, % не более: 90.

Срок службы: 10 Лет.

Цена ~ 2000\$(~160000р)

#### **Достоинства:**

- Высокая надежность
- Высокая точность измерений
- Прочный корпус с защитным кожухом

#### **Недостатки:**

-Маленькая область рабочих температур(нельзя использовать в зонах с зимним климатом на открытом воздухе)

-Интерфейс RS232 – очень маленькое расстояние передачи сигнала, в случае использования переходника на RS485 станет слабым местом системы.

-Высокая цена.

## 1.4 Системы на основе цифровых манометров Ametek Crystal XP2i.

Корпоративный план развития АМЕТЕК основан на четырех ключевых стратегиях: Высоком качестве разработки и производства, Стратегических слияниях и поглощениях, Расширении рынков сбыта во всем мире и на Разработке новых изделий и приборов. Предлагает свой вариант цифровых манометров



Рисунок-10. Crystal XP2i

На рисунке 10 изображен цифровой манометр **Crystal XP2i** и обладает следующими характеристиками:

Верхние пределы измерений положительного избыточного давления: 100, 200, 700 кПа 2, 3, 7, 14, 20, 30, 70 МПа)

Погрешность измерений:  $\pm 0,1\%$  ИВ (в диапазоне от 20 до 100% шкалы)  
 $\pm 0,02\%$  ВПИ (в диапазоне от 0 до 20% шкалы)

Диапазон отрицательного избыточного давления: От -99,9 до 0 кПа

Погрешность измерений:  $\pm 0,25\%$  ВПИ

Единиц измерения: мбар, бар, кгс/см<sup>2</sup>, кПа, МПа, psi, мм Hg, мм H<sub>2</sub>O.

Давление перегрузки: От 1,5х до 6,5х (в зависимости от диапазона измерения) мигание дисплея при давлении перегрузки более 110%

Разрешение: От 0,001 до 1 кПа в зависимости от диапазона измерения

Отображение информации на дисплее: 5 символов (высота 14 мм – 2 строки, высота 16,5 мм – одна строка), 3 изм./с

Возможности: Фиксация пиковых значений, обнуление, выбор единиц измерения

Перекалибровка: через интерфейс RS232 или с клавиатуры

При наличии контроллера: перекалибровка выполняется автоматически

Фитинг: 1/4NPT, внешняя резьба

Рабочая среда: Жидкости и газы совместимые с нержавеющей сталью марки 316

Возможно использование в кислородной среде

Диапазон рабочих температур: От минус 10 до +50°C

Диапазон температур хранения: От минус 40 до +75°C

Питание: 3 элемента питания типа AA (LR6) (До 1500 часов работы), индикатор разрядки батарей

Взрывозащита: Exia class 1, Div 1, gr A, B, C, & D T4

Цена ~1000\$(~80000р)

Так же бонусом к этому цифровому манометру идет программное обеспечение:

-ПО ConfigXP входит в комплект поставки и предназначено для управления настройками прибора

-Опционное ПО DataLoggerXP предназначено для управления режимами даталоггера, передачи, сохранения, печати данных и графиков, экспорта в табличные форматы.

-Опционное русифицированное ПО FastCalXP позволяет сократить затраты времени на калибровку СИ давления, сохранить результаты, и распечатать протокол.

Благодаря такому ПО можно считать автоматизированную систему контроля давления почти готовой, однако он имеет те же минусы как и прибор фирмы Wika **CPG1000**, что очень ограничивает область его применения.

## 2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В ГАЗОПРОВОДЕ

### 2.1 Проектирование системы

Система должна состоять из устройства измерения давления, устройства коммутации с ПК оператора, и иметь ПО с открытым кодом для возможности интегрирования в уже имеющуюся систему, либо написанием потребителем прикладного ПО для удаленного контроля. В роли устройства измерения давления спроектируем цифровой манометр, для этого необходимо подобрать подходящий микроконтроллер с большим набором функций, для высокой эффективности системы и проверенный временем для надежности. Так же в цифровом манометре должен быть интерфейс, посредством, которого будут передаваться контрольные данные, для передачи на большие расстояния подойдет RS485. Для реализации отображения данных давления на самом приборе нужно разработать и схему индикации.

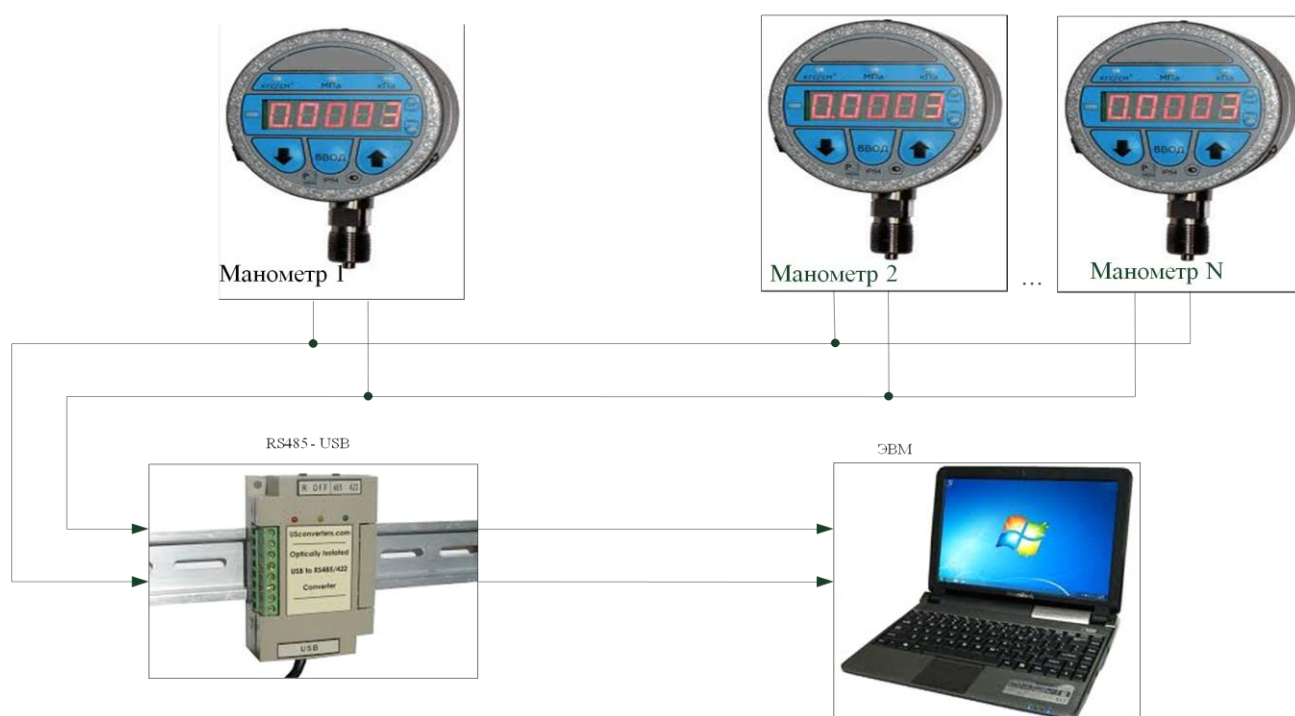


Рисунок-11. Автоматизированная система контроля давления газа в газопроводе

## 2.2 Структурная схема прибора измерения давления

Структурная схема представлена в приложении А.

## 2.3 Описание структурной схемы

Давление измеряемой среды воздействует на тензопреобразователь, представляющий собой тензорезистивную мостовую схему, напряжение с которого поступает на электронный преобразователь.

Функционально электронный преобразователь состоит из микроконтроллера, стабилизатора напряжения, звена защиты, блока цифрового интерфейса, генератора тока, блока индикации, преобразователя «напряжение-ток», кнопок управления, блока сигнализации. Микроконтроллер имеет периферийные устройства: аналоговый мультиплексор, программно-управляемый инструментальный усилитель, два дифференциальных сигма-дельта аналого-цифровых преобразователя, цифро-аналоговый преобразователь.

На вход АЦП микроконтроллера поступают напряжения с измерительной и питающей диагонали тензопреобразователя. В памяти микроконтроллера хранятся в цифровом формате результаты предварительных измерений этих напряжений во всем рабочем диапазоне давлений и температур.

Таким образом, микроконтроллер корректирует выходной сигнал тензопреобразователя в рабочем диапазоне температур, линеаризует его, вычисляет значение измеренного давления, управляет работой блока индикации, корректирует выходной сигнал ЦАП, устанавливает сигналы управления блоком сигнализации в соответствии с текущим значением давления. Для повышения точности при вычислении давления происходит усреднение результата многократных измерений.

Преобразователь «напряжение-ток» преобразует сигнал, поступающий с ЦАП, в выходной токовый сигнал. Прибор имеет три встроенные кнопки,



расположенные на передней панели, позволяющие инициализировать режим изменения параметров.

Для дистанционного управления прибором, настройки, изменения его параметров, а также получения результатов измерения используется блок цифрового интерфейса.

Напряжение питания поступает на вход звена защиты, которое предотвращает выход из строя прибора при неправильной полярности напряжения питания. С выхода звена защиты напряжение поступает на вход стабилизатора напряжения, предназначенного для формирования напряжений питания аналоговой и цифровой частей электронного преобразователя. Питание тензопреобразователя осуществляется генератором тока.

## **2.4 Выбор элементной базы**

### **2.4.1 Выбор микроконтроллера**

Существующая номенклатура микроконтроллеров позволяет выбрать конкретный, оптимальный для тех или иных областей применения. С другой стороны, поскольку микроконтроллер является функционально-сложным программно-управляемым устройством и одновременно интегральной схемой с высокой степенью интеграции и характеризуется очень большим количеством параметров, задача выбора оптимального с технической и экономической точек зрения микропроцессора оказывается достаточно сложной.

Обычно область применения достаточно точно определяет выбор типа микроконтроллера.

В отличие от ЭВМ, у которых каждое последующее поколение по основным технико-экономическим показателям превосходит предыдущее и обычно вытесняет его, микроконтроллеры всех поколений сосуществуют и взаимно дополняют друг друга. Так, например, появление 16- и 32-разрядных микроконтроллеров не вытеснило полностью 8-разрядные, а расширило круг

решаемых задач, позволило повысить быстродействие устройств, открыло возможности получения новых свойств разрабатываемых систем. Кроме того, появление большого числа типов универсальных микроконтроллеров не уменьшило количества разработок специализированных микроконтроллеров, рассчитанных на конкретное применение и оптимизированных по различным параметрам.

Трудность выбора микроконтроллера для измерительной техники усугубляется тем, что в ней находят применение практически все существующие типы. Для облегчения выбора типа микроконтроллера можно выделить две группы измерительных устройств, каждой из которых соответствует определенный класс схем: 1) промышленное оборудование для контроля и управления процессами; 2) аппаратуры для лабораторного анализа и исследований.

Для первой группы характерными чертами являются:

работа в реальном масштабе времени, т.е. согласованно с изменением параметров контролируемого процесса;

преобладание обработки информации с пониженной длиной информационного слова с использованием простейших арифметических и логических команд;

повышенные требования к надежности, помехозащищенности, простоте обслуживания;

максимальная загрузка используемой аппаратуры для достижения высоких технико-экономических показателей;

фиксированный набор решаемых задач на протяжении всего срока службы изделия.

Характерными чертами второй группы являются:

выраженное разделение циклов измерения и обработки;

вычисление с повышенной точностью (использование 8-, 16- и 32-разрядных слов) и сложных математических преобразований;

высокая степень перестраиваемости и универсальности.

Исходя из указанных особенностей назначения и применения измерительной аппаратуры со встроенными микроконтроллерами, можно сформулировать определенную совокупность требований к аппаратуре, программному обеспечению и вспомогательным средствам.

Правильный выбор типа микроконтроллера является важным залогом успешной разработки измерительной системы.

Немаловажное значение при выборе микроконтроллера имеют наличие технической документации и руководства по практическому применению, возможность консультаций с разработчиком, условия поставки, а также опыт работы с тем или иным типом микроконтроллера и возможность обучения.

Несмотря на непрерывное развитие и появление все новых и новых 16- и 32-разрядных микроконтроллеров и микропроцессоров, наибольшая доля мирового микропроцессорного рынка и по сей день остается за 8-разрядными устройствами. Среди всех восьмиразрядных микроконтроллеров семейство MCS-51 является несомненным чемпионом по количеству разновидностей и количеству компаний, выпускающих его модификации.

Микропроцессорная архитектура MCS-51 является стандартом «де-факто» в области встраиваемых систем управления. Архитектура MCS-51 получила свое название от первого представителя этого семейства – микроконтроллера 8051. Первые микроконтроллеры семейства MCS-51 были выпущены на рынок фирмой Intel более 25 лет назад. Архитектура оказалась настолько удачной, что за более чем два десятилетия развития она не претерпела каких-либо значительных изменений. По номенклатуре кристаллов семейство MCS-51 не имеет себе равных среди 8-разрядных встраиваемых микропроцессоров. По лицензии фирмы Intel микроконтроллеры выпускают огромное количество производителей полупроводниковой техники.

Система команд семейства MCS-51 содержит 111 базовых команд, которые по функциональному признаку можно подразделить на пять групп:

- пересылки данных;
- арифметических операций;

- логических операций;
- операций над битами;
- передачи управления.

Формат команд – одно-, двух- и трехбайтовый. Первый байт любых команд всегда содержит код операции, второй и третий байты содержат либо адреса операндов, либо непосредственные операнды. Набор команд классического микроконтроллера 51-го семейства стал основой для ядра широкого круга микроконтроллеров, существенно превосходящих по своим параметрам оригинал.

Analog Devices разрабатывает, производит и продает современные, высококачественные электронные компоненты и подсистемы для применения во вновь разрабатываемых и уже используемых аналоговых устройствах. Более 1'300 стандартизованных изделий Analog Devices производится на предприятиях компании расположенных по всему миру. При производстве компания используют самые современные на сегодняшний день технологии в области производства микросхем, в том числе: комплементарно биполярную, стандартно биполярную, Submicron CMOS, BiMOS. Отдел разработок компании постоянно работает над усовершенствованием производимых микросхем, с целью своевременного снабжения своих клиентов современной, совершенной продукцией по приемлемым ценам. Новейшие разработки компании производятся в приобретающих все большую популярность корпусах (SOIC, mSOIC, SSOP, TSSOP а так же SOT). Тридцати летний опыт успешного производства микросхем и постоянно растущий уровень профессионализма сотрудников позволяет компании выпускать продукцию, соответствующую потребностям широкого круга потребителей. Постоянно продолжающаяся работа по усовершенствованию производимой продукции позволяет компании оставаться ведущим лидером по производству аналоговых устройств.

Analog Devices является одним из крупнейших мировых производителей АЦП и ЦАП; исследовательские центры фирмы вносят огромный вклад в развитие этой области. Многие решения от Analog Devices стали стандартами де-факто, аналоги выпускаются многими фирмами. Analog Devices вышли на рынок

8-разрядных микроконтроллеров, предложив семейство MicroConverter. В этих изделиях объединены на одном кристалле важнейшие компоненты систем сбора и обработки информации – процессорное ядро MCS52 и блок ввода-вывода аналоговой информации, включающий многоканальные ЦАП и АЦП. Идея такого объединения не нова, однако фирме Analog Devices удалось разместить на кристалле с процессором действительно высококачественный АЦП, с разрешением 12 бит и более, с функциями калибровки и измерения температуры. Технические данные микроконтроллеров приведены в таблице 9. Analog Devices анонсировала пять новых контроллеров семейства MicroConverters для систем сбора данных

от своих предшественников увеличенной флэш/ЕЕ-памятью и более высокой скоростью ядра. Кроме самих контроллеров, компания предлагает также оценочные комплекты QuickStart. Все контроллеры имеют на кристалле 62 Кбайт флэш/ ЕЕ-программной памяти, 8 Кбайт флэш/ЕЕ-памяти данных и 2304 байт RAM данных, ЦАПы, АЦП с потенциальным выходом, PWM и сигма/дельта выходы, температурный датчик, ИОН, сторожевой таймер, счетчик интервалов времени, последовательные I/O-порты (I2C, SPI и UART) и три таймера/счетчика с производительностью до 524 Кбод. ADuC831 и ADuC841 предназначены для замены ADuC812 и различаются числом тактов на инструкцию - 12 для ADuC831 и один для ADuC841, а также тактовой частотой - 16 МГц (3 В) для ADuC831 и 25 МГц для ADuC841 (при питании от отдельного источника 5 В). ADuC832 и ADuC842 имеют схожие параметры, но работают от генератора 32 кГц с последующим повышением частоты PLL-схемой. Кроме того, приборы различаются АЦП - 200 К выборок/с (ADuC831/32) и 400 К выборок/с (ADuC841/42) и ИОНами -100 ppm/°C (ADuC831/32) и 20 ppt/°C (ADuC841/42). ADuC836 -аналог ADuC816 с увеличенным объемом памяти. Все контроллеры выпускаются в 52-выводных корпусах PQFP размером 8x8 мм (в размер кристалла).

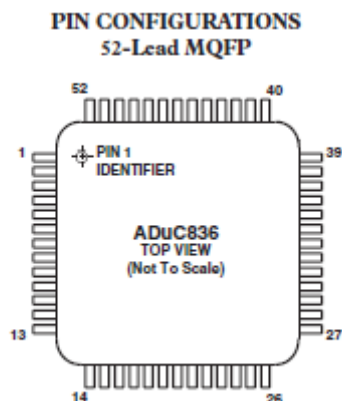


Рисунок-12. УГО ADuC836

Таблица 2.– Совместимые микроконтроллеры со встроенным АЦП и ЦАП  
фирмы Analog Devices семейства MicroConverter

Flash/EE адрес	Flash/EE данные	ОЗУ	Корпус	Особенности
8 Кбайт	640 байт	256 байт	52-PQFP/ CSP	5 мкс АЦП
8 Кбайт	640 байт	256 байт	52-PQFP/ CSP	Буферизированный вход/PGA
8 Кбайт	640 байт	256 байт	52-PQFP/ CSP	Совместимый по выводам с ADuC816
8 Кбайт	640 байт	256 байт	28-TSSOP	Малогобаритный, недорогой, с малым энергопотреблением
62 Кбайт	4 Кбайт	256 байт + 2 Кбайт	52-PQFP/ CSP	Модернизация "большой памяти" до
62 Кбайт	4 Кбайт	256 байт + 2 Кбайт	52-PQFP/ CSP	Модернизация "большой памяти" до ADuC824
62 Кбайт	4 Кбайт	256 байт + 2 Кбайт	52-PQFP/ CSP	ADuC812 с "большой памятью" (без ФАПЧ)
62 Кбайт	4 Кбайт	256 байт + 2 Кбайт	52-PQFP/ CSP	ADuC812 с "большой памятью" (с ФАПЧ)

Тип	АЦП	ЦАП
AduC812	8-канальный, 12-разрядный	Сдвоенный, 12-разрядный
AduC816	Сдвоенный, 16-разрядный	Одинарный, 12-разрядный
AduC824	24-разр. + 16-разр.	Одинарный, 12-разрядный
AduC814	6-канальный, 12-разрядный	Сдвоенный, 12-разрядный
AduC834	24-разр. + 16-разр.	Одинарный, 12-разрядный
AduC836	Сдвоенный, 16-разрядный	Одинарный, 12-разрядный + сдвоенный ШИМ
AduC831	8-канальный, 12-разрядный	Одинарный, 12-разрядный + сдвоенный ШИМ
AduC832	8-канальный, 12-разрядный	Одинарный, 12-разрядный + сдвоенный ШИМ

В представленном цифровом манометре используется микроконтроллер ADUC836.

Описание микроконтроллера ADUC836:

ADUC836 - полностью интегрированная 16 битная однокристалльная система сбора данных. Как и другие приборы семейства MicroConverter компании ADI, этот прибор имеет высокоточные АЦП, ЦАП и перепрограммируемый микроконтроллер. Имеет 100 % (аппаратную и программную) обратную совместимость с прибором ADUC816. Прибор выпускается в 52 выводном PQFP корпусе или 56 выводном CSP кристалле и имеет напряжение питания 3В или 5В.

Отличительные особенности:

- 2 канальный основной 16 битный АЦП с дифференциальным входом, программируемым усилителем и само калибровкой
- 3 канальный вспомогательный 16 битный АЦП с несимметричным входом и само калибровкой
- 12 битный ЦАП с потенциальным выходом с динамическим диапазоном, равным напряжению питания
- Два выхода ШИМ
- Ядро промышленного стандарта 8052

- 62 кБ FLASH памяти программы
  - 4 кБ FLASH памяти данных
  - 2 кБ статического ОЗУ (в дополнение к 256 байтам ядра 8052)
  - Прецизионный температурный датчик
  - Программируемая частота генератора с ФАПЧ и малая потребляемая мощность
  - ИОН, последовательные интерфейсы, сторожевой таймер, монитор напряжения питания, схема сброса по включению питания (POR) и т. д.
- Встроенная система загрузки, отладки и эмуляции

#### **2.4.2 Выбор чувствительного элемента (тензопреобразователя)**

Тензопреобразователи предназначены для непрерывного пропорционального преобразования силы (серия С) или давления (серия Д) в электрический сигнал.

Область применения тензопреобразователей - в измерительных преобразователях, могут использоваться также в любой другой отрасли народного хозяйства, где необходимо преобразование силы или давления неагрессивных, некристаллизующихся (незатвердевающих) сред.

Тензопреобразователи построены на основе кремниевых тензорезисторов на сапфировой мембране и имеют высокую воспроизводимость характеристик и временную стабильность.

Тензопреобразователи применяются в изделиях, поставляемых для внутреннего рынка, а также поставляются на экспорт как в составе изделий, так и самостоятельно.

Климатическое исполнение тензопреобразователей по ГОСТ 15150 - УХЛ категории размещения 3, но в рабочем интервале температур от минус 50 до + 80°C.

Предельный допустимый диапазон эксплуатации - от минус 60°C до + 130°C.



При этом характеристики вне рабочего диапазона температур не нормируются.

По устойчивости к механическим и климатическим воздействиям тензопреобразователь должен соответствовать классификационной группе V2 по ГОСТ 12997-84

Степень защиты IP00 по ГОСТ 14254. По эксплуатационной законченности тензопреобразователи относятся к изделиям второго порядка по ГОСТ 12997.

Варианты исполнения тензопреобразователей приведены в таблице 3.

Тензопреобразователь относится к изделиям одноканальным, однофункциональным, невозстанавливаемым и не ремонтируемым.

Таблица 3. – Варианты исполнения тензопреобразователей

Наименование	Обозначение	Преобразуемый параметр	Верхний предел измерения преобразуемого параметра	Диапазон измерения преобразуемого параметра	Группа	Исполнение
C05M - 4-	АГБР.434769.001-06	сила	5,0 Н	От минус 5,0 до 5,0 Н		
C05M - 4-	АГБР.434769.001					
C05M - 3-	ВЮМА.434769.001-					
C05M - 3-	ВЮМА.434769.001-					
C50M - 4-	АГБР.434769.001-07		50 Н	От минус 50 до 50 Н		
C50M - 4-	АГБР.434769.001-01					
C50M - 3-	ВЮМА.434769.001-					
C50M - 3-	ВЮМА.434769.001-					
Д 0,1 - 4	АГБР 408854.002	давление	0,1 МПа	От минус 0,1 до плюс 0,1		
Д 0,1Т- 4	АГБР 408854.002-01					
Д 0,6М - 4	АГБР.434769.009-01		0,6 МПа	От минус 0,1 до 0,6 МПа		
Д 0,6М - 3	ВЮМА.434769.009-					
Д 2,5М - 4	АГБР.434769.005		2,5 МПа	От минус 0,1 до 2,5 МПа		
Д 2,5М - 3	ВЮМА.434769.005-					
Д 6М - 3	АГБР 408854.006-04		6,0 МПа	От 0 до 6 МПа		
Д 6М - 4	АГБР 408854.006-05					
Д16М - 4	АГБР.434769.006		16 МПа	От 0 до 16 МПа		
Д16М - 3	ВЮМА.434769.006-					
Д25М - 4	АГБР.434769.006-02		25 МПа	От 0 до 25 МПа		
Д25М - 3	ВЮМА.434769.006-					

Д 60М - 4	АГБР.434769.007-02		60 МПа	От 0 до 60 МПа		
Д 60М - 3	ВЮМА.434769.007-03					
Д100М - 4	АГБР.434769.008		100 МПа	От 0 до 100 МПа		
Д100М - 3	ВЮМА.434769.008-01					

Примечание.

Исполнение **а** – не герметичный корпус,

**б** – герметичный корпус (для серии С).

Группа 3 – термокомпенсированные тензопреобразователи.

Группа 4 – не термокомпенсированные тензопреобразователи.

Исходя из выше перечисленных характеристик, для нашей системы выбираем тензопреобразователь модели Д 2,5М - 3

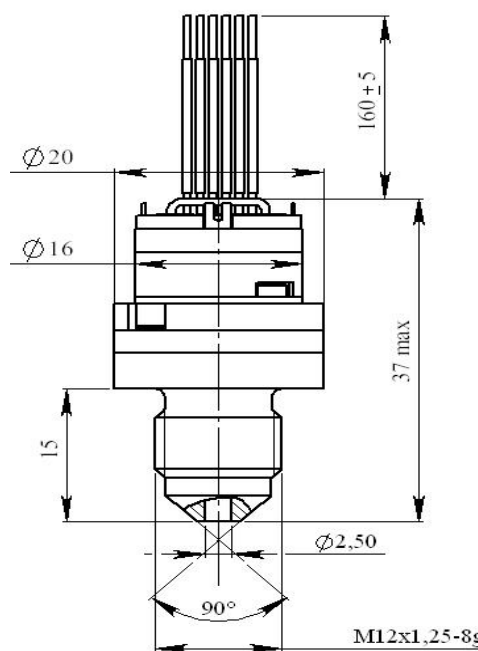


Рисунок-13. Габаритные и присоединительные размеры

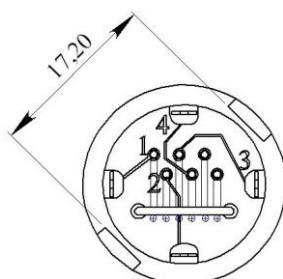


Рисунок-14. Габаритные и присоединительные размеры

### 2.4.3 Выбор интерфейса

Интерфейс RS-485 наиболее часто используется при создании современных локальных сетей различного назначения, как в промышленных изделиях, так и в любительской практике. Основными преимуществами интерфейса являются:

1. относительно низкая стоимость микросхем драйверов, что снижает стоимость аппаратной реализации сетевых диспетчеров- узлов связи между сетевой средой (линиями связи) и ядром станции (узла) сети, т.е. микроконтроллерной или микропроцессорной системой;

2. использование в сетях на базе интерфейса RS-485 всего трех проводов, что значительно снижает себестоимость всей системы, поскольку известно, что себестоимость сетевой среды современных локальных сетей практически всегда составляет более 60 % от стоимости всей системы;

3. микросхемы драйверов имеют малые габаритные размеры. Наиболее часто используются микросхемы, выполненные в корпусе DIP8 со стандартным расположением выводов, ставшим de-facto промышленным стандартом. Микросхемы драйверов используют всего несколько дискретных элементов для защиты. Малые габаритные размеры микросхем драйверов и минимальное число внешних элементов экономит площадь печатной платы, что также положительно сказывается на стоимости системы;

4. современные микросхемы имеют достаточно низкое энергопотребление, многие из них при отсутствии активности в сети автоматически переходят в режим экономии, что снижает энергопотребление системы;

5. современные микросхемы драйверов имеют повышенную нагрузочную способность. Если раньше большинство микросхем было рассчитано на работу с 32 станциями, то современные модели обеспечивают нормальное функционирование до 256 станций;

6. в настоящее время выпускаются микросхемы с высокой предельной скоростью передачи. Это позволяет создавать высокоскоростные сети и снижает количество ошибок в сети за счет улучшения формы передаваемого сигнала;

драйверы интерфейса RS-485 имеют достаточно простое управление.

Микросхемы интерфейса RS-485 выпускают многие фирмы. Мы используем микросхемы фирмы Analog Devices.

#### 2.4.4 Выбор индикатора

В данной системе используется три семисегментных индикатора.

Один марки SA56-11RWA,

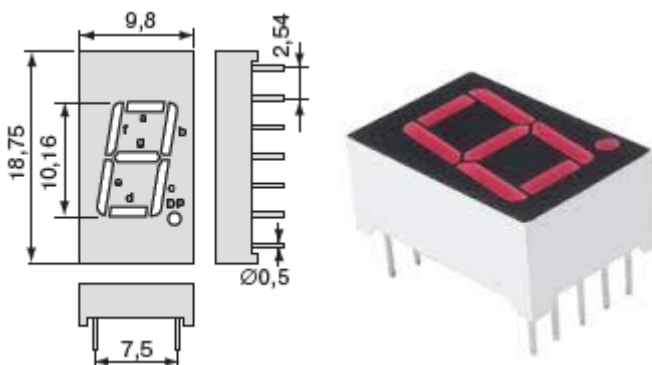


Рисунок-15. Размеры и внешний вид семисегментного индикатора и два марки DA56-11SRWA

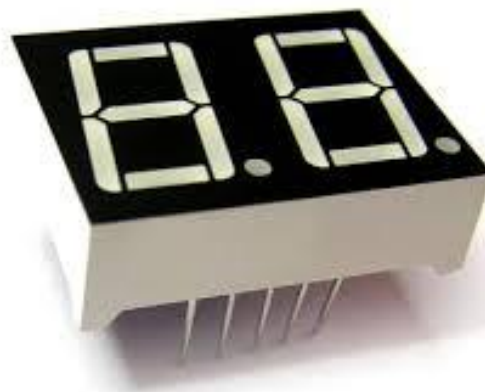
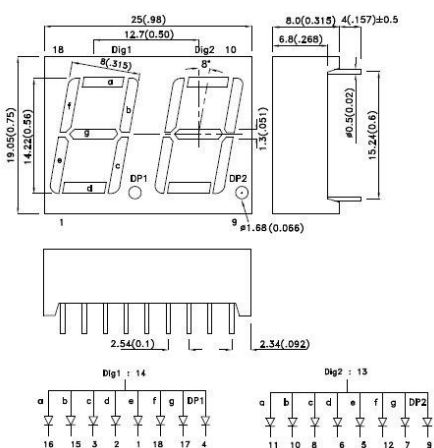


Рисунок-16. Размеры и внешний вид двойного семисегментного индикатора

Технические параметры:

Дополнительный символ -

точка

Цвет свечения -

красный

Длина волны, нм -

568

Минимальная сила света Iv мин., мКд -	3
Максимальная сила света Iv макс., мКд -	10.5
При токе Iпр., мА -	10
Количество сегментов -	7
Количество разрядов -	2
Схема включения -	общий анод
Высота знака, мм -	14.2
Максимальное прямое напряжение, В -	2.5
Максимальное обратное напряжение, В -	5
Максимальный прямой ток ,мА -	25
Максимальный импульсный прямой ток ,мА -	140
Рабочая температура, С -	-40...85

Основным параметром выбора данных индикаторов является рабочая температура, которая удовлетворяет требованиям климатических условий данной системы.

#### **2.4.5 Выбор источника питания**

Блок питания это устройство, предназначенное для формирования необходимого напряжения из напряжения электрической сети. Сегодня применяются два типа блоков:

- Трансформаторные;
- Импульсные.

##### **Трансформаторные блоки питания**

Трансформаторный источник питания в общем случае состоит из понижающего трансформатора, у которого первичная обмотка рассчитана на сетевое напряжение. Затем для преобразования переменного напряжения в постоянное (пульсирующее однонаправленное) устанавливается выпрямитель. В большинстве случаев выпрямитель состоит четырёх диодов, образующих диодный мост (двухполупериодный выпрямитель). После выпрямителя устанавливается фильтр, сглаживающий пульсации напряжения. Обычно это просто конденсатор большой ёмкости.

Также в схеме могут быть установлены фильтры высокочастотных помех, всплесков, защиты от КЗ, стабилизаторы напряжения и тока. Но это удорожает прибор - чтобы получить дешевый блок питания этого лучше не делать.

### **Достоинства трансформаторных источников питания**

- Простота конструкции - дешевый источник питания;
- Высокая надежность;
- Доступность элементной базы;
- Низкий уровень создаваемых радиопомех.

Недостатки трансформаторных блоков питания

- Большой вес и габариты, особенно при большой мощности;
- Металлоемкость;
- Низкий КПД.

### **Импульсные источники питания**

В импульсных блоках питания переменное входное напряжение сначала выпрямляется, а затем преобразуется в прямоугольные импульсы повышенной частоты и определенной скважности. Эти импульсы подаются либо на трансформатор (в случае импульсных блоков питания с гальванической развязкой от питающей сети), либо напрямую на выходной фильтр низкой частоты. Благодаря высокой частоте импульсов здесь могут применяться малогабаритные трансформаторы.

Для стабилизации напряжения в импульсных источниках используют отрицательную обратную связь. Она позволяет поддерживать выходное напряжение на относительно постоянном уровне вне зависимости от колебаний входного напряжения и величины нагрузки. Обратную связь можно организовать разными способами. В случае импульсных источников питания с гальванической развязкой от питающей сети наиболее распространенными способами являются использование связи посредством одной из выходных обмоток трансформатора или при помощи оптрона. Если развязка не требуется, то, чаще всего используется простой резистивный делитель напряжения. Это обеспечивает стабильное

выходное напряжение.

### **Достоинства импульсных источников питания**

Импульсные источники питания обладают следующими достоинствами:

- небольшой вес;
- высокий КПД (вплоть до 90-98%);
- меньшая по сравнению с трансформаторными блоками питания стоимость;
- широким диапазоном питающего напряжения и частоты;
- наличием в большинстве современных блоках питания встроенных цепей защиты от короткого замыкания и от отсутствия нагрузки на выходе.

### **Недостатки импульсных блоков питания**

- Работа основной части схемы без гальванической развязки от сети;
- Все без исключения импульсные блоки питания являются источником высокочастотных помех, поскольку это связано с самим принципом их работы;
- В распределённых системах электропитания: эффект гармоник кратных трём.

Исходя из выше перечисленных характеристик, для данной системы выбираем импульсный блок питания, т.к. он более подходит по техническим характеристикам.

## **2.5 Принципиальная электрическая схема системы измерения давления**

Принципиальная электрическая схема системы измерения давления представлена в приложениях Б и В.

## **2.6 Трассировка и компоновка элементов на печатных платах**

Трассировка и компоновка элементов на печатных платах представлены в приложениях Г и Д.

### **3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ.**

#### **3.1. Алгоритм программы системы измерения давления**

Алгоритм программы представлен в приложении Е

#### **3.2. Код программы на языке C++**

Код программы на языке C++ представлен в приложении Ж.



## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» - комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. В работе оценены полные денежные затраты на разработку ВКР, описаны результаты разработки. Также раздел содержит комплексную оценку научно-технического уровня ВКР на основе полученных данных.

### 4.1 Организация и планирование работ

Планирование ВКР заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определении участников каждой работы; установлении продолжительности в рабочих днях; построения линейного или сетевого графика и его оптимизации. Для определения затрат на проведение ВКР необходимо разбить поставленную тему на определенные этапы.

Для наглядной демонстрации результатов планирования работ данной ВКР линейный график реализации проекта, так как степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна. Исполнителями проекта являются научный руководитель (НР) и студент-инженер (И). Описание и перечень этапов, исполнителей и их нагрузка занесены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№ этапа	Этапы работы	Исполните ли	Нагрузка исполните ль
1	Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 20% И – 100%
2	Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	НР – 20%

			И – 100%
3	Разработка календарного плана	НР,И	НР – 20% И – 100%
4	Обзор существующих аналогов	И	И – 100%
5	Разработка системы измерения давления	И	И – 100%
6	Выбор управляющей элементной базы	И	И – 100%

Продолжение таблицы 4.1.

<b>№ этапа</b>	<b>Этапы работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Нагрузка исполнителей</b>
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	И – 100%
8	Разработка структурной схемы	И	И – 100%
9	Разработка принципиальной схемы	И	И – 100%
10	Разработка ПО	И	И – 100%
11	Программирование микроконтроллера	И	И – 100%
12	Составление пояснительной записки	НР, И	НР – 10% И – 100%
13	Оформление графического материала (приложений)	И	И – 100%
14	Подведение итогов	НР, И	НР – 30% И – 100%

#### 4.1.1 Продолжительность этапов работ

Для расчета продолжительности этапов в отсутствии достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов использован экспертный способ, предполагающий генерацию необходимых количественных оценок исполнителей проекта. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется формула .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (4.1)$$

- $t_{\min}$  - минимальная продолжительность работы, дн.;
- $t_{\max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

Чтобы построить линейный график необходимо рассчитать по формуле длительность этапов, определяемых в рабочих днях и перевести длительность в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ

$K_{Д} = 1,2$ ;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (4.3)$$

где  $T_{\text{КД}}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_K = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (4.4)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{ВД}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );

$T_{\text{ПД}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 10$ ).

$$T_K = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1,481$$

Таблица 4.2

## Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.				
		$T_{РД}$		$T_{КД}$		НР	И	НР	И
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
Составление и утверждение технического задания	НР, И	2	3	2,4	0,576	2,88	0,85	4,26	
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	2	3	2,4	0,576	2,88	0,85	4,26	
Разработка календарного плана	НР,И	1	2	1,4	0,336	1,68	0,50	2,49	
Обзор существующих аналогов	И	3	4	3,4	-	4,08	-	6,04	
Разработка системы измерения давления	И	3	5	3,8	-	4,56	-	6,75	
Выбор управляющей элементной базы	И	2	3	2,4	-	2,88	-	4,26	
Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	4	5	4,4	-	5,28	-	7,81	
Разработка структурной схемы	И	5	7	5,8	-	6,96	-	10,30	
Разработка принципиальной схемы	И	6	8	6,8	-	8,16	-	12,08	
Разработка ПО	И	8	11	9,2	-	11,04	-	16,34	
Программирование микроконтроллера	И	6	9	7,2	-	8,64	-	12,79	

Продолжение таблицы 4.2.

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Составление пояснительной записки	НР, И	4	6	4,8	0,576	5,76	0,85	8,52
Оформление графического материала (приложений)	И	2	3	2,4	-	2,88	-	4,26
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	0,864	2,88	1,28	4,26
<b>Итого:</b>				<b>58,8</b>	<b>2,93</b>	<b>70,56</b>	<b>4,33</b>	<b>104,42</b>

Таблица 4.3

*Линейный график работ*

Эт ап	НР	И	Январь		Февраль			Март			Апрель			Май
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	0,85	4,26	■											
2	0,85	4,26		■										
3	0,50	2,49			■									
4	-	6,04				■								
5	-	6,75					■							
6	-	4,26						■						
7	-	7,81							■					
8	-	10,30								■				
9	-	12,08									■			
10	-	16,34										■		
11	-	12,79											■	
12	0,85	8,52												■
13	-	4,26												
14	1,28	4,26												

НР – ; ■ И - ■

#### 4.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Расчет накопления готовности проекта демонстрирует оценку текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- ТР<sub>общ.</sub> – общая трудоемкость проекта;
- ТР<sub>i</sub> (ТР<sub>k</sub>) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта,  $i = \overline{1, I}$ ;
- ТР<sub>iH</sub> – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;
- ТР<sub>ij</sub> (ТР<sub>kj</sub>) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь  $j = \overline{1, m}$  – индекс исполнителя, в нашем случае  $m = 2$ .

Степень готовности определяется формулой (4.5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (4.5)$$

Таблица 4.4.– Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР <sub>i</sub> , %	СГ <sub>i</sub> , %
Составление и утверждение технического задания	3,58	3,58
Подбор и изучение материалов по теме	3,58	7,16
Разработка календарного плана	2,09	9,25
Обзор существующих аналогов	5,07	14,33
Разработка системы измерения давления	5,67	20,00
Выбор управляющей элементной базы	3,58	23,58
Проведение теоретических расчетов и обоснований	6,57	30,15
Разработка структурной схемы	8,66	38,81
Разработка принципиальной схемы	10,15	57,61
Разработка ПО	13,73	82,09



Программирование микроконтроллера	10,75	68,36
Составление пояснительной записки	7,16	92,84
Оформление графического материала (приложений)	3,58	96,42
Подведение итогов	3,58	100,00

## 4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав сметы затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию технологического оборудования;
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы.

### 4.2.1 Расчет материальных затрат

Для расчета материальных затрат учитываются стоимость материалов, покупных изделий, а также специально приобретенное оборудование, инструменты и другие материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Кроме того статья включает транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю.

Транспортно-заготовительные расходы составили 5 % от отпускной цены материалов

Таблица 4.5.– Расчет затрат на материалы

№ п/п	Наименование	Кол-во, шт.	Цена за ед, руб.	Стоимость, руб.
1	ОУ OP07CD	2	24	48
2	Тензопреобразователь Серии Д6	1	1237	1237
3	Керамический СНIP-Конденсатор	11	3	33
4	Кварцевый резонатор 32768	1	18	18
5	СНIP-индуктивность	3	80	240
6	СНIP-Резистор	23	1	23
7	Микроконтроллер Aduc836BS	1	1360	1360
8	Микросхема ADM810LART	1	410	410
9	Диод BAS 216	2	10	20
10	Стабилизатор LM317LZ	1	18	18
11	Регулятор напряжения LP2950CZ-5.0	1	55	55
12	Импульсный регулятор LM2574N-5.0	1	170	170
13	Индикатор SA56-11SRWA	1	65	65
14	Индикатор DA56-11SRWA	2	170	340
15	Интерфейс 485 ADM483ear	1	77	77
16	Печатная плата ДИП	2	160	320
	<b>Итого</b>			<b>4434</b>

Материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 4434 * 1,05 = 4655,7$  руб.

#### 4.2.2 Расчет заработной платы

В данном разделе рассчитываются основные заработные платы всех исполнителей проекта, состоящие из тарифной заработной платы, премий,

дополнительной зарплаты и районной надбавки, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ взяты регламентирующих документов с официального сайта ТПУ.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО}/23, \quad (4.6)$$

учитывающей, что в 2016 году 276 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 23 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:

- $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;
- $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$  (для шестидневной рабочей недели);
- $K_{\text{р}} = 1,3$ .

Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент.

$$K = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,69.$$

Таблица 4.6. – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	18221,96	885,28	4	1,69	5 984,48

И	14874,45	646,72	76	1,69	83 064,72
<b>Итого:</b>					89049, 2

#### 4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3 \quad (4.7)$$

Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц.}} = 89049,2 * 0,3 = 26714$  руб.

#### 4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot \text{ЦЭ} \quad (4.8)$$

где  $P_{\text{об.}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{ЦЭ}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об.}}$  – время работы оборудования, час.

Для Томска = 3,06 руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (4.9)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ .

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об.}} = P_{\text{ном.}} * K_C \quad (4.10)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для маломощного технологического оборудования коэффициент  $K_C = 1$ .

Расчет затрат на электроэнергию при использовании технологического оборудования приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7.–Затраты на электроэнергию технологическую

Вид оборудования	Время работы технологического оборудования $t_{\text{об}}$ , час	Потребляемая мощность оборудования $P_{\text{об}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{об}}$ , руб.
ПК	324	0,007	6,94
<b>Итого</b>			6,94

#### 4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A * C_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_D}, \quad (4.11)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{об}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования (276 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_D = 276 * 8 = 2208$  часа;

$t_{pф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Использованные материалы и оборудование относятся ко II амортизационной группе, срок полезного использования составляет 2-3 года.

Таблица 4.8.–Расчет амортизации оборудования

№ п/ п	Наименование	Кол- во	$C_A$	$C_{AM}$
1	ОУ OP07CD	2	0,5	3,52
2	Тензопреобразователь Серии Дб	1	0,5	90,75
3	Керамический СНIP-Конденсатор	11	0,5	2,42
4	Кварцевый резонатор 32768	1	0,5	1,32
5	СНIP-индуктивность	3	0,5	17,60
6	СНIP-Резистор	23	0,5	1,69
7	Микроконтроллер Aduc836BS	1	0,5	99,77
8	Микросхема ADM810LART	1	0,5	30,08
9	Диод BAS 216	2	0,5	1,47
10	Стабилизатор LM317LZ	1	0,5	1,32
11	Регулятор напряжения LP2950CZ-5.0	1	0,5	4,04
12	Импульсный регулятор LM2574N-5.0	1	0,5	12,47
13	Индикатор SA56-11SRWA	1	0,5	4,77
14	Индикатор DA56-11SRWA	2	0,5	24,94
15	Интерфейс 485 ADM483ear	1	0,5	5,65
16	Печатная плата ДИП – Р	2	0,5	23,48

<b>Итого</b>	<b>325,29</b>
--------------	---------------

#### 4.2.6 Расчет прочих расходов

В данной статье отражены прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Они приняты в размере 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1, \quad (4.12)$$

$$C_{\text{проч.}} = (4655,7 + 89049,2 + 26714 + 6,94 + 325,29) \cdot 0,1 = 12075,11 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка автоматизированная система визуального информирования на основе светодиодных модулей».

Таблица 4.9.–Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	4655,7
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	89049,2
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	26714
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	6,94
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	325,29
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	12075,11
<b>Итого:</b>		<b>132 826,24</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 132\ 826,24$  руб.

#### 4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Для данного проекта она составляет 13282,62 руб. (10 %) от расходов на разработку проекта.

#### 4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае

$$\text{НДС} = (132826,24 + 13282,62) \cdot 0,18 = 26299,6 \text{ руб.}$$

#### 4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$\text{ЦНИР(ВКР)} = 132826,24 + 13282,62 + 26299,6 = 172408,46 \text{ руб.}$$

### 4.3. Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности данной ВКР используется метод балльных оценок. Для расчета балльной оценки для каждого признака НТУ по выбранной шкале определяется количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (4.13)$$



где  $I_{НТУ}$  – интегральный индекс научно-технического уровня;

- $R_i$  – вес  $i$ -го признака нтэ;
- $n_i$  – количественная оценка в баллах  $i$ -го признака нтэ.

Таблица 4.10.–Баллы для оценки уровня новизны

<b>Уровень новизны</b>	<b>Характеристика уровня новизны – <math>n_1</math></b>	<b>Баллы</b>
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 4.11.–Бальная оценка значимости теоретических уровней

<b>Теоретический уровень полученных результатов – <math>n_2</math></b>	<b>Баллы</b>
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6

Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 4.12.–Время реализации результатов проекта

<b>Время реализации результатов– <math>n_3</math></b>	<b>Баллы</b>
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Так как все частные признаки научно-технического уровня оцениваются по 10-балльной шкале, а сумма весов  $R_i$  равна единице, то величина интегрального показателя также принадлежит интервалу  $[0, 10]$ .

В таблице 4.13 указано соответствие качественных уровней НИР значениям показателя, рассчитываемого по формуле (4.13).

Таблица 4.13.–Соответствие качественных уровней ВКР

<b>Уровень НТЭ</b>	<b>Показатель НТЭ</b>
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Для данной разработки частные оценки уровня  $n_i$  и их краткое обоснование даны в таблице (4.14).

Таблица 4.14.–Оценки научно-технического уровня НИР

Значимость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	6	Новый подход к достижению технического результата с применением простой элементной базы
0,1	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка системы визуального информирования на основе светодиодных модулей.
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Реализация в ближайшее время.

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для нашего проекта составляет:

$$I_{\text{НТУ}} = 0,4*6 + 0,1*6 + 0,5*10 = 2,4 + 0,6 + 5 = 8$$

Таким образом, исходя из данных таблицы 5.14, данный проект имеет высокий уровень научно-технического эффекта.

## **5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **АННОТАЦИЯ**

Социальная ответственность предполагает выполнение организациями социальных обязательств, предписываемых их социальным долгом перед работниками, потребителями и обществом в целом, а также готовность неукоснительно нести соответствующие обязательные и необязательные расходы на социальные нужды сверх пределов, установленных налоговым, трудовым, экологическим и иным законодательством, исходя не из требований закона, а по моральным, этическим соображениям. Целью составления настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве и снижение вредных воздействий на окружающую среду [1].

### **ВВЕДЕНИЕ**

В ВКР разрабатывается система автоматизированного контроля давления газа на участке.

Наличие подобной системы позволит удаленно контролировать давление газа на участке газопровода, и в случае отклонения показателей от требуемых значений, своевременно отреагировать на происходящую внештатную ситуацию. Контроль за системой осуществляется оператором при помощи прикладного программного обеспечения, установленного и работающего на ПЭВМ.

## **5.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

### **5.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте оператора автоматизированной системы контроля давления газа на участке газопровода.**

Производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются на опасные и вредные. Опасным производственным фактором называется фактор,

воздействие которого приводит к травме или резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

На оператора ПЭВМ в течение рабочего дня воздействует множество различных производственных факторов, каждый из которых влияет на производительность, работоспособность и физическое состояние.

Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Опасные и вредные факторы при эксплуатации и обслуживании системы.

Источник фактора, наименование работ	Факторы ( по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Эксплуатация системы 2. Обслуживание системы	1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны  2. Повышенная или пониженная влажность воздуха	1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ 2. Правила устройства электроустановок ПУЭ 3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.548-96

Продолжение таблицы 5.1.

			<p><b>4.</b> Естественное и искусственное освещение. СП 51.13330.2011</p> <p><b>5.</b> Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96</p> <p><b>6.</b> Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03</p> <p><b>7.</b> Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p>
--	--	--	---

## **5.1.2 Производственная санитария**

### **5.1.2.1 Неблагоприятные параметры микроклимата**

Источниками тепла в операторной являются: электрические приборы (монитор, системный блок и электрообогреватели в холодное время года), батареи, а также и сам человек.

Повышенная температура в сочетании с высокой влажностью негативно сказываются на работоспособности оператора, увеличивается время реакции, нарушается координация движений, вследствие чего возрастает количество ошибочных действий, что отражается на производительности оператора.

Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей его рабочей средой. Температура, относительная влажность и скорость движения окружающего воздуха характеризуют процесс теплообмена. Данные параметры оказывают комплексное воздействие на процесс теплообмена на рабочем месте.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [2] в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и

связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата в соответствии с действующими санитарно – эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Исходя из СанПин 2.2.4.548-96 [3] значения температуры, влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла, выделяемого в помещении, и периода года.

В таблице 5.2 приведены оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для оператора ЭВМ (категория труда Ia: легкая, энергозатраты до 139 Вт).

Таблица 5.2 Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптим.	допуст.	оптим.	допуст.	оптим.	допуст.	оптим.	допуст.
Холодный	22-24	20-25	21-25	19-26	60-40	15-75	0,1	0,1
Теплый	23-25	21-28	22-26	20-29	60-40	15-75	0,1	0,1-0,2

### 5.1.2.2 Недостаточное освещение рабочей зоны

Работа оператора ЭВМ является работой зрительного характера, т.е. основное физическое напряжение принимают глаза, следовательно, необходимо уделить внимание освещенности рабочего места оператора.

Неудовлетворительное освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Неправильное освещение часто является причиной травматизма (плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них). Правильно организованное освещение создает

благоприятные условия, снижающие утомляемость, уровень производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, искусственное, осуществляемое электрическими лампами и приборами, и совмещенное, при котором в светлое время суток недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное же, наоборот, отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека. Несмотря на это, искусственное освещение необходимо как важнейший фактор для приближения ночных условий труда к дневным.

Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Нормы освещенности для операторов ЭВМ приведены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Помещение с ПЭВМ должно иметь естественное и искусственное освещение. Рабочие места должны располагаться таким образом, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Экран дисплея не должен быть ориентирован в сторону источника света. Не следует располагать дисплей непосредственно под источником освещения или вплотную с ним. Желательно, чтобы освещенность рабочего места оператора не превышала 2/3 нормальной освещенности помещения.

Источники освещения следует устанавливать таким образом, чтобы они не ослепляли, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

Естественное освещение должно осуществляться через светопроемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток и обеспечивать



коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1.2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1.5% на остальной территории.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/ кв.м.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ВДТ и ПЭВМ не должна превышать 40 кд/кв.м и яркость потолка, при применении системы отраженного освещения, не должна превышать 200 кд/кв.м.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ВДТ и ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1 - 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт. Допускается применение ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии

зрения пользователя при рядном расположении ВДТ и ПЭВМ. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/кв.м, защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Для внутренней отделки помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка - 0,7 - 0,8; для стен 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5. Полимерные материалы для внутренней отделки должны быть разрешены для применения органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России.

### 5.1.2.3 Производственный шум

В соответствии с СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	50

В производственных помещениях, в которых работа на ПЭВМ является основной работой, уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА. В помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБА. В помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев) уровень шума не должен превышать

65 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин уровень шума не должен превышать 75 дБА.

Допустимые уровни звука на рабочих местах нормируются по ГОСТ 12.1.003-83. Значения допустимых уровней шума приведены в таблице 4.

Таблица 5.4 – Допустимые уровни шума

Объект	Общий уровень звука, дБ	Уровни звукового давления, дБ в среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постоянное рабочее место: 1) при воздействии до 4 ч 2) при воздействии до 8 ч	80	95	87	82	78	75	73	71	69
	86	101	93	88	81	79	77	75	

#### 5.1.2.4 Электромагнитное излучение

Электромагнитным излучением называется излучение, вызывающее ионизацию среды.

Источниками электромагнитного излучения на рабочем месте оператора ЭВМ является дисплей и периферийное оборудование, поэтому необходимо правильно организовывать защиту работающего от влияния данного фактора. Спектр излучения монитора включает электромагнитное излучение широкого диапазона частот. Низкочастотные электромагнитные поля могут инициировать биологические изменения в тканях организма, вплоть до нарушения синтеза ДНК. Длительное воздействие на человека электромагнитных полей большой интенсивности вызывает повышенную утомляемость, сонливость, нарушение сна, головную боль, гипертонию, боли в области сердца. Воздействие полей сверхвысоких частот может вызвать изменение в составе крови, заболевание глаз

(катаракта), а у отдельных людей - нервно-психические заболевания и трофические явления (ломкость ногтей, выпадение волос).

Воздействие статического электричества на человека может проявляться в виде слабого длительно протекающего тока или в форме кратковременного разряда через его тело. Такой разряд вызывает у человека рефлекторное движение, что может привести к травмам. Электростатическое поле повышенной напряженности отрицательно влияет на организм человека, вызывая функциональные изменения со стороны центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма.

Согласно СанПин 2.2.4.1191-03 [5] предельная допустимая напряженность электростатического поля  $E_d$  на рабочих местах не должна превышать 60 кВ/м при воздействии до 1 ч; при воздействии свыше 1 ч до 9 ч величину  $E_d$  определяют по формуле  $E_d = \frac{60}{\sqrt{t}}$ , где  $t$  – время воздействия, ч. Указанные нормативные величины при напряженности электростатического поля свыше 20 кВ/м применяют при условии, что в остальное время рабочего дня  $E_d$  не превышает 20 кВ/м.

Контроль уровней электрического поля осуществляется по значению напряженности электрического поля. Контроль уровней магнитного поля осуществляется по значению напряженности магнитного поля или по значению магнитной индукции. Нормативный документ при нормировании допустимых значений параметров неионизирующих электромагнитных излучений – СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. Предельно допустимая напряженность составляющих электромагнитного поля на рабочих местах приведена в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Предельно допустимая напряженность составляющих электромагнитного поля

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не	

более: В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц В диапазоне частот 2кГц – 400кГц	25 В/м 2.5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц В диапазоне частот 2кГц – 400кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

### 5.1.2.5 Электрический ток

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Проходя через организм, электрический ток производит следующие действия:

- термическое (проявляется в нагреве тканей, вплоть до ожогов отдельных участков тела, перегрева кровеносных сосудов и крови, что вызывает в них серьезные функциональные нарушения);
- электролитическое (вызывает разложение крови и плазмы, значительные нарушения их физико-химических составов и тканей в целом);
- биологическое (выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться произвольными судорожными сокращениями мышц, в том числе мышц сердца и легких).

Любое из этих действий тока может привести к электротравмам, которые условно можно свести к двум видам: местным электротравмам и общим электротравмам (электрическим ударам).

Степень опасного и вредного воздействий на человека электрического тока, электрической дуги зависит от рода и величины напряжения и тока, частоты электрического тока, пути прохождения тока через тело человека, продолжительности воздействия на организм человека, условий внешней среды.

Электрическое сопротивление тела человека и приложенное к нему напряжение также влияют на исход поражения, но лишь постольку, поскольку они определяют значение тока, проходящего через тело человека.

Значение тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше ток, тем опаснее его действие. Человек начинает ощущать протекающий через него ток промышленной частоты (50 Гц) относительно малого значения: 0,6-1,5 мА. Этот ток называется пороговым ощутимым током.

Ток 10-15 мА (при 50 Гц) вызывает сильные и весьма болезненные судороги мышц рук, которые человек преодолеть не в состоянии, т.е. он не может разжать руку, которой касается токоведущей части, не может отбросить провод от себя и оказывается как бы прикованным к токоведущей части. Такой ток называется пороговым не отпускающим.

При 25-50 мА действие тока распространяется и на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При длительном воздействии этого тока - в течение нескольких минут - может наступить смерть вследствие прекращения работы легких.

При 100 мА ток оказывает непосредственное влияние также и на мышцу сердца; при длительности протекания более 0,5 с такой ток может вызвать остановку или фибрилляцию сердца, т. е. быстрые хаотические и одновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), при которых сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть. Этот ток называется фибрилляционным.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем резко повышается ток, за счет уменьшения сопротивления тела, и накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм.

Род и частота тока в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20-100 Гц.

При постоянном токе, пороговый ощутимый ток повышается до 6-7 мА, пороговый не отпускающий ток - до 50-70 мА, а фибрилляционный при длительности воздействия более 0,5 с - до 300 мА [7].

Нормативным документом, устанавливающим допустимый уровень напряжения, является ГОСТ 12.1.038-82 [7].

При нормальном (неаварийном) режиме напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать: напряжение — не более 2,0 В; сила тока — не более 0,3 мА.

Предельно допустимое время прикосновения к источнику напряжения при аварийном режиме (для тока частотой 50 Гц) не должно превышать значений, указанных в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Предельно допустимое время прикосновения к источнику напряжения

Уровень напряжения, В	220	200	100	70	55	50	40	35	30	25	25	12
Предельно допустимое время воздействия, сек.	0,01 - 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	>1

### **5.1.3 Меры по снижению и устранению опасных и вредных факторов**

#### **5.1.3.1 Обеспечение установленных норм микроклиматических параметров**

Регулировать значения физических параметров воздуха можно путём подвода или отвода тепла или влаги и замены загрязнённого воздуха чистым. Таким образом, для создания благоприятных условий труда необходимо оборудовать помещения комплексами технических средств, обеспечивающих постоянство заданных параметров воздуха. Это системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Для нормализации параметров воздушной среды одним из самых распространённых методов является вентиляция производственных помещений, заключающаяся в удалении из помещений загрязнённого и нагретого воздуха и подаче в него чистого, свежего. Дополнительно используются местные вентиляторы – для охлаждения ЭВМ и вспомогательных устройств.

Для повышения влажности воздуха в помещениях следует применять увлажнители воздуха, ежедневно заправлять их дистиллированной или кипяченой водой. В помещениях с ЭВМ ежедневно должна проводиться влажная уборка.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные, воздушные и панельно-лучевые системы центрального отопления. Поддержание температуры воздуха в рабочей зоне в нужных пределах осуществляется путем правильного использования и содержания в исправном состоянии систем отопления и вентиляции помещений.

Решения, применяемые в отопительно-вентиляционной технике, должны исходить из условий совершенствования технологии и оборудования, герметизации процессов с вредными выделениями; должны предусматривать эффективную очистку технологических и вентиляционных выбросов в атмосферу, рациональную теплоизоляцию оборудования, аппаратуры, применение непрерывных и безотходных процессов производства, использование присадок, уменьшающих испарения с поверхности жидкостей и т.п.

### **5.1.3.2 Обеспечение установленных норм освещенности**



Для повышения освещенности рабочего места в светлое время суток следует предусмотреть возможность использования естественного освещения, а в темное время суток использовать общее искусственное освещение в сочетании с местным. Для человека наиболее благоприятно естественное освещение, поэтому лампы дневного света более предпочтительны, чем лампы накаливания. Для общего освещения лучше использовать люминесцентные лампы. Это обусловлено такими их достоинствами:

- высокой световой отдачей;
- продолжительным сроком службы;
- малой яркостью светящейся поверхности.

Работа на компьютере связана с различением мелких деталей, поэтому помещение должно быть оборудовано люминесцентными лампами белого цвета. Освещение должно быть рационально распределено в поле зрения оператора. Все светильники в помещении с компьютерами должны иметь рассеиватели для того, чтобы не допускать появления бликов на экране.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Не допускается располагать рабочие места для работы на компьютерах в подвальных помещениях.

Прямую блескость ограничивают уменьшением яркости источников света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников. Отраженную блескость ослабляют правильным выбором

направления светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности.

Избавиться от бликов можно с помощью оконных штор, занавесок или жалюзи, которые позволяют ограничивать световой поток, проходящий через окна. Чтобы избежать отражений, которые могут снизить четкость восприятия, нельзя располагать рабочее место прямо под источником верхнего света. Одним из средств борьбы с бликами является использование поляризационных защитных экранов, а также мониторов со специальным антибликовым покрытием.

### **5.1.3.3 Мероприятия по снижению уровня шума**

Шумящее оборудование, уровни шума которого превышают нормированные, находится вне помещения с ПЭВМ. Для снижения уровня шума в помещениях с ПЭВМ используются звукопоглощающие материалы с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки помещений (разрешенных органами и учреждениями Госсанэпиднадзора России), подтвержденных специальными акустическими расчетами. Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения, причем ширина занавеси в 2 раза больше ширины окна.

### **5.1.3.4 Мероприятия по устранению или снижению повышенного уровня электромагнитных излучений**

Для снижения уровня электромагнитных излучений на рабочем месте необходима организация работы согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

При защите от внешнего излучения основные усилия должны быть направлены на предупреждение переоблучения персонала путем увеличения расстояния между оператором и источником, сокращение продолжительности работы в поле излучения, экранирование источника излучения.

Распространение электромагнитного излучения наблюдается, кроме экрана, и от остальных поверхностей видеомонитора. В связи с этим расстояние между тыльной поверхностью одного видеомонитора и экраном другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми поверхностями не менее 1,2 м.

Для снижения уровня облучения пользователя монитор рекомендуется располагать на расстоянии вытянутой руки. Оптимальным считается расстояние до экрана 0,6 – 0,7 м. Расстояние до экрана менее 0,5 м недопустимо. В обязательном порядке необходимо применение заземленного защитного экрана на мониторе. Заземление защитного экрана практически полностью снимает статическое напряжение.

Достаточная влажность воздуха снижает уровень напряженности электростатического поля. Для уменьшения облучения и защиты от статического электричества в помещениях необходимо использовать нейтрализаторы и увлажнители, пол должен иметь антистатическое покрытие.

#### **5.1.3.5 Мероприятия по снижению опасности поражения электрическим напряжением**

Перед допуском к работе персонал должен пройти вводный и первичный инструктаж по технике безопасности с показом безопасных и рациональных приемов работы. Затем, не реже одного раза в 6 месяцев, проводится повторный инструктаж. Внеплановый инструктаж проводится при изменении правил по охране труда, при обнаружении нарушений персоналом инструкции по технике безопасности, изменении характера работы персонала.

В помещениях, в которых постоянно эксплуатируется электрооборудование должны быть вывешены в доступном для персонала месте «Инструкции по технике безопасности», в которых также должны быть определены действия персонала в случае возникновения аварий, пожаров, электротравм.

Руководители структурных подразделений несут ответственность за организацию правильной и безопасной эксплуатации средств вычислительной

техники и периферийного оборудования, эффективность их использования; осуществляют контроль за выполнением персоналом требований настоящей инструкции по охране труда.

Согласно действующим правилам устройства электроустановок [8] все помещения подразделяются на классы электробезопасности. Операторная на месте, где будет производиться контроль, должна относиться к первому классу (помещения без повышенной опасности: сухие (влажность менее 75%), с нормальной температурой воздуха, с токонепроводящими полами).

Основные рекомендации по защите от электротравматизма:

- расположение кабеля и провода в недоступных для работающего местах, удаленных от нагретых деталей и острых кромок оборудования;
- использование защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- стремиться использовать пониженное напряжение (например, 36 В вместо 220 В).
- использование устройств бесперебойного питания.

## 5.2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходов жизнедеятельности человека. Вышедшая из строя оргтехника и электроника списывается и направляется в специализированный склад. В соответствии с российским законодательством, утилизация офисной техники должна осуществляться исключительно лицензированными фирмами, зарегистрированными в приборной палате.

Электрооборудование, электронные компоненты ЭВМ не оказывают в процессе своей работы вредного влияния на окружающую среду. Однако, с увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества, что не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как: изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли; загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами; загрязнение водного бассейна Земли; опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов; изменение ландшафта Земли.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением. В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое. Стоит также отметить, что для снижения вреда, наносимого окружающей среде при производстве электроэнергии, необходимо искать принципиально новые виды производства электроэнергии.

На сегодняшний день одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы.

Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведенных для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенные требованиям.

Хранение и удаление отходов (в данном случае - люминесцентных ламп) осуществляются в соответствии с требованиями экологической безопасности. Емкость с отходами герметично закрывают стальной крышкой, при необходимости заваривают и передают по договору специализированным предприятиям, имеющим лицензию на их утилизацию.

## **5.3 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### **5.3.1 Анализ вероятных ЧС**

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Наиболее типичной ЧС для помещения операторной является пожар. Он может возникнуть вследствие причин электрического и неэлектрического характеров. К причинам электрического характера можно отнести короткое замыкание, искрение, статическое электричество. К причинам неэлектрического характера относится неосторожное обращение с огнём, курение, оставление без присмотра нагревательных приборов.

### **5.3.2 разработка превентивных мер по предупреждению ЧС**

Согласно техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности [9] по пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

1. повышенная взрывопожароопасность (А);
2. взрывопожароопасность (Б);
3. пожароопасность (В1 - В4);
4. умеренная пожароопасность (Г);
5. пониженная пожароопасность (Д).

В операторной присутствуют лишь горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), категория производственного помещения – ВЗ.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Согласно НПБ 166-97 [10] необходимо проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

### **5.3.3 Разработка действий в случае возникновения ЧС**

При возникновении пожара необходимо :

- немедленно сообщить о пожаре по телефону 01, назвать местонахождения объекта, место возникновения пожара, свою фамилию и номер телефона;
- принять меры по эвакуации людей и сохранению материальных ценностей;
- использовать подручные средства пожаротушения, не забыв предварительно обесточить место тушения;
- организовать встречу пожарной охраны, показать кратчайший путь к очагу пожара.



Неквалифицированное обращение с оборудованием, несоблюдение положений и требований инструкций может привести к травме персонала или повреждению оборудования.

## **5.4 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

К работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы, прошедшие инструктаж по охране труда и пожарной безопасности.

Вновь принятый человек должен пройти первичный инструктаж на рабочем месте, изучить приемы освобождения пострадавшего от действия электрического тока, оказания первой доврачебной помощи, пройти обучение по охране труда и пожарной безопасности на рабочем месте. По окончании обучения проводится проверка знаний перед комиссией. При положительном результате по итогам проверки знаний допуск к самостоятельной работе оформляется приказом.

Всем работникам предоставляются ежегодные основные оплачиваемые отпуска продолжительностью 28 календарных дней.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю в соответствии со ст. 91 ТК РФ.

### **5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;

Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки

соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

На рисунке 17 схематично представлены требования к рабочему месту

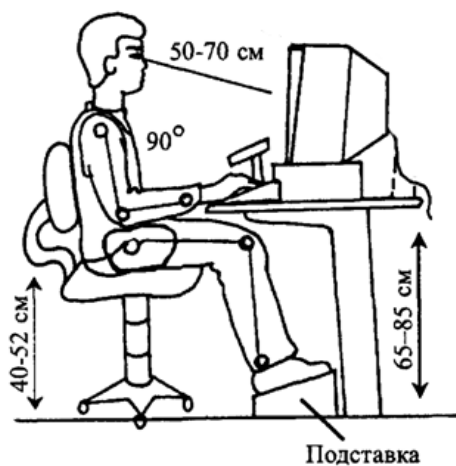


Рисунок 17 - Рабочее место оператора ЭВМ.

## 6. ПОГРЕШНОСТЬ РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

Рекомендуется основную погрешность и вариацию определять при значениях измеряемого давления, соответствующих 0, 20, 40, 60, 80, 100 % или 0, 25, 50, 75, 100 % его верхнего предельного значения. При поверке приборов с верхним пределом измерений 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>), предназначенных для измерения вакуумметрического давления, допускается основную погрешность и вариацию определять при значениях измеряемого давления, соответствующих 0, 20, 40, 60, 80, 95 % или 0, 25, 50, 75, 95 % его верхнего предельного значения.

Интервал между значениями давления ( $\Delta P$ ) не должен превышать значения, рассчитанного по формуле

$$\Delta P = 1,2 \frac{P_m}{m-1},$$

Перед поверкой при обратном ходе прибор выдерживают в течение 5 мин при верхнем предельном значении давления, соответствующего верхнему пределу измерений прибора.

В случае неустойчивого значения индикации прибора за действительное значение цифрового показания принимается среднеарифметическое из двух показаний, одно из которых минимальное, а второе максимальное значение индикации прибора. Абсолютное значение разницы между двумя показаниями не должно превышать 0,3 предела допускаемого абсолютного значения основной погрешности прибора.

## 7. АНАЛИЗ И РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры является одной из важнейших проблем радиоэлектроники и измерительной техники.

Согласно ГОСТ 27.002-89, надежность - это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Эти свойства могут быть исследованы в отдельности или в определенном сочетании, как для объекта, так и для его частей.

Свойства надежности объекта:

- Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

- Долговечность - это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

- Под ремонтпригодностью понимают свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.

- Сохраняемость - свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение использования, после хранения и транспортировки.

Отказ – событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта.

С количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название показателей надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 6.

Таблица 6.– Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтопригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления
Безотказность и ремонтпригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Вероятность безотказной работы является наиболее полной характеристикой надежности объекта.

Вероятность безотказной работы сложной нерезервированной системы определяется по формуле:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i t},$$

где  $N$  – число однотипных элементов;

$\lambda_i$  – среднестатистическая интенсивность отказов элементов одного типа;

$n_i$  – число элементов одного типа;

$t$  – время.

Интенсивность отказов системы:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^N n_i \cdot \lambda_i$$

Расчет надежности устройства может быть произведен при наличии полной принципиальной схемы устройства, необходимых данных об интенсивности отказов всех элементов, входящих в систему, с учетом реальных условий эксплуатации.

Для анализа надежности устройства необходимо провести расчет:

1) Времени наработки на отказ (среднего времени работы устройства до первого отказа).

Время наработки на отказ определяется по формуле:

$$T_c = \frac{1}{\lambda_c}$$

2) Вероятность безотказной работы устройства в течение  $t$  часов:

$$P_c = e^{-\frac{t}{T_c}}$$

Интенсивность отказов элементов системы в реальных условиях определяется:

$$\lambda_{\text{ср}} = k_{\text{э}} \cdot k_{\text{т}} \cdot k_{\text{н}}$$

где  $\lambda_{\text{ср}i}$  - средняя интенсивность отказов, соответствующая среднему числу отказов применяемых элементов и соединений в течение одного часа непрерывной работы (справочное значение);

$k_{\text{э}i}$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации;

$k_{\text{т}i}$  - температурный коэффициент;

$k_{\text{н}i}$  – коэффициент нагрузки элементов.

В таблицах 6-9 представлены параметры и соответствующие им величины влияющих коэффициентов.

Таблица 7. – Средняя интенсивность отказов

Наименование элемента	$\lambda_{\text{ср}} * 10^{-5}$ , 1/час
Резистор	0,05
Резисторы прецизионные	0,0125
Конденсаторы керамические	0,2
Дроссель	0,02
Диод	0,005
Аналоговые интегральные микросхемы	0,01
Цифровые интегральные микросхемы	0,01
Разъем	0,05
Разъемы 10 штырьков	0,12
Выводные соединения пайкой	0,012



Кварцевый генератор	0.05
---------------------	------

Таблица 8. – Температурные коэффициенты

Температура, °С	$k_{ti}$
10 - 20	1
20 - 70	1,5

Таблица 9. – Эксплуатационные коэффициенты

Окружающая среда	$k_{эi}$
Лабораторное помещение (кондиционирование воздуха)	0,5
Лабораторное помещение (нормальные условия)	1
Подвижные установки	1,5
Полевые условия	2

Разрабатываемая система измерения диаметра и овальности кабельных изделий работает при температуре  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ , поэтому в расчетах используются коэффициенты  $k_{ti}=1,5$  и  $k_{эi}=1$ .

Коэффициент нагрузки элементов  $k_{ни}$  определяется уровнем нагрузки  $У_{Н}$ .

Таблица 10. – Нагрузочные коэффициенты

Тип элемента	Уровень нагрузки по отношению максимально допустимой	$k_{ни}$
--------------	--	----------

Резисторы	0,1 максимальной нагрузки	1
	максимальная нагрузка	1,5
Конденсаторы	0,1 максимальной нагрузки	1
	максимальная нагрузка	3
Транзисторы	0,1 максимальной нагрузки	1
	максимальная нагрузка	1,5
Диоды	0,1 максимальной нагрузки	1
	максимальная нагрузка	1,5
Интегральные микросхемы	номинальная мощность	1

Нагрузочный коэффициент для различных элементов находится по уровню нагрузки, который определяется следующим образом:

1) Для конденсаторов:

$$Y_H = \frac{U_p}{U_{НОМ}},$$

где  $U_p$  – напряжение, приложенное к конденсатору;

$U_{НОМ}$  – номинальное напряжение конденсатора;

2) Для резисторов:

$$Y_H = \frac{P_p}{P_{НОМ}},$$

где  $P_p$  – рассеиваемая мощность на резисторе;

$P_{НОМ}$  – номинальная рассеиваемая мощность на резисторе;

3) Для транзисторов:

$$Y_H = \frac{I_K \cdot U_{КЭ}}{I_{КНОМ} \cdot U_{КЭНОМ}}$$

где  $I_K$  – рабочий ток коллектора транзистора;

$I_{\text{КНОМ}}$  – номинальный ток коллектора транзистора;

$U_{\text{КЭ}}$  – напряжение КЭ транзистора;

$U_{\text{КЭНОМ}}$  – номинальное напряжение КЭ транзистора.

4) Для диодов:

$$Y_H = \frac{I_P}{I_{\text{НОМ}}},$$

где  $I_P$  – рабочий ток диода;

$I_{\text{НОМ}}$  – номинальный ток диода.

Для всех элементов результаты по определению уровня нагрузки сводим в таблицу 11.

Таблица 11. – Уровень и коэффициент нагрузки элементов

Элемент	Обозначение элемента	Номинальное значение параметра	Рабочее значение параметра	Уровень нагрузки, $Y_H$	Коэффициент нагрузки, $k_H$
Конденсаторы	C1-C10	30 В	5 В	0,16	3
	C6-C10	30 В	8 В	0,26	3
Микросхемы	DD1-DD7	-	-	-	1
	DA1-DA5	-	-	-	1
Кварцевый генератор	QZ-1	-	-	-	1
Резисторы	R1-R5	125 мВт	100 мВт	0,8	1,5
	R6-R30	125 мВт	75 мВт	0,6	1,5
Диод	VD1-VD4	0.05 А	0.004А	0.08	1

Результаты расчетов интенсивности отказов элементов схемы заносим в таблицу 12.

Таблица 12.– Интенсивность отказов элементов схемы

Элемент	Обозначение	Количество элементов	Коэффициент нагрузки,	Средняя интенсивность отказов,	Интенсивность отказов,	Суммарная интенсивность отказов,
			кн	$\lambda_{ср} \cdot 10^{-6}$ 1/ч	$\lambda_i \cdot 10^{-5}$ 1/ч	$\lambda_{\Sigma i} \cdot 10^{-6}$ 1/ч
Конденсаторы	C1-C10	10	1,5	0,2	0,45	4,5
Микросхемы	DD1- DD7	12	1	0.01	0.015	0,18
	DA1- DA5					
Кварцевый генератор	QZ-1	1	1	0.05	0.075	0.075
Резисторы	R1-R30	30	1.5	0.05	0.1125	3,375
Диод	VD1- VD4	4	1	0.005	0.0075	0.03
Паяные соединения	-	127	1	0,004	0,006	0,762

ия						
Итого						$9,542 \cdot 10^{-6}$

Следовательно, среднее время безотказной работы:

$$T_{CP} = \frac{1}{\lambda} = 1 \text{ OC (час)}$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов:

$$P(t) = e^{-\lambda t} = e^{-1 \cdot 1000} = e^{-1000}$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям ТЗ и параметрам разработки – показатели надежности имеют требуемое значение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была разработана цифровая система контроля давления газа. На основе этого метода был спроектирован измерительный прибор для автоматического контроля давления газа.

Данный прибор позволяет измерять давление с абсолютной погрешностью 0,25%. С его помощью можно производить непрерывный контроль давления газа в процессе производства. Благодаря использованию современной элементной базы, прибор обладает высоким быстродействием и надежностью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модель CPG1000 Высокоточный цифровой манометр URL: <http://www.wika.ru/> (дата обращения: 21.02.2016)
2. Цифровой манометр Crystal XP2i. URL: <http://www.artvik.ru/> (дата обращения: 21.02.2016)
3. ADuC836 Два 16 битных АЦП + 12 битный ЦАП + микропроцессорное ядро MCS-51 с 62 кБ FLASH памяти. URL: <http://www.gaw.ru/> (дата обращения: 15.02.2016)
4. ЧипДип – интернет – магазин приборов, радиодеталей и электронных компонентов URL: <http://chipdip.ru/> (дата обращения: 20.02.2016)
5. Первичные преобразователи давления и силы (тензопреобразователи) – ЗАО «ВИП» URL: <http://zaovip.ru/> (дата обращения: 17.02.2016)
6. Интерфейс RS-485: описание, подключение URL: <http://www.novosoft.by/> (дата обращения: 16.02.2016)
7. Боборыкин А. В.; Липовецкий Г. П. и др. Однокристальные микроЭВМ. Справочник. — М: Бином, 1994. — 400 с
8. Социальная ответственность [Электронный ресурс].
9. URL: <http://www.scienceforum.ru/2015/808/8342> (дата обращения 18.04.2016 г.)
10. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
11. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПин 2.2.4.548-96.
12. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.003-83.
13. Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03.
14. Исследование сопротивления тела человека / С.Р. Гимаев, И.И. Гаврилин. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. – 27 с.

15. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.038-82.
16. Правила устройства электроустановок ПУЭ (утв. Минэнерго СССР) (6-ое издание).
17. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
18. Нормы пожарной безопасности. НПБ 166-97 «Пожарная техника. Огнетушители. Требования к эксплуатации»