

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

Институт Электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы				
Разработка канала измерения температуры подшипников для системы мониторинга и управления электродвигателя СТД-630				
УДК 621.9.06.004(075.8)				

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Лаврентьева Е.О.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д. ф. – м. н., профессор		

Томск – 2016 г.

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

Институт Электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-1401	Лаврентьева Елена Олеговна

Тема работы:

Разработка канала измерения температуры подшипников для системы мониторинга и управления электродвигателя СТД-630

Утверждена приказом директора (дата, номер) №277/с от 22.01.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы: 01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования подшипниковый узел. Контактный метод измерения. Режим работы непрерывный. Надежность безотказной работы при 1000ч - 0, 99. Диапазон измерения температуры от 0 до 150°С. Погрешность измерений не более 0.5
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	-Анализ и выбор метода измерения температуры - Разработка структурной схемы измерительного канала - Анализ варианта схемы подключения и модели датчика температуры -Выполнить технико-экономическое обоснование проекта -Выполнить анализ техногенной безопасности на нефтеперегонной станции
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертёж общего вида Чертёж печатной платы Чертеж нестандартной детали

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Кырмакова О.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Петухов О.Н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	9.09.2015
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Лаврентьева Елена Олеговна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 120 с., 24 рис., 23 табл., 38 источников, 6 прил.

Ключевые слова: температура, датчик, двигатель, компрессорная станция.

Объектом исследования является подшипниковый узел электродвигателя СТД-630.

Цель работы: разработать канал системы для мониторинга и управления электродвигателем СТД-630

В процессе исследования проводился анализ метода измерения температуры подшипников, первичного измерительного преобразователя температуры.

Основные конструктивные технологические и технико-эксплуатационные характеристики: диапазон измерения 0-150°C, погрешность измерения 0,5 %.

Область применения на магистрали нефтегазопровода на насосной станции

Применение представленного в ВКР варианта системы является эффективным вариантом решения измерительной задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется изготовить опытный образец устройства.

Определения, сокращения, назначения, нормативные ссылки

ТС-термопреобразователь сопротивления

ЧЭ чувствительные элементы

Термо-Э.Д.С.-термоэлектродвижущая сила

Оглавление

Введение.....	9
1.Основное оборудование насосных и компрессорных станций.....	11
2.Синхронный трехфазный двигатель СТД 630.....	16
3. Анализ методов измерения температуры.....	17
3.1. Бесконтактные методы	19
3.1.1. Оптический пирометр.....	20
3.1.2. Устройство инфракрасного термометра.....	23
3.1.3. Преимущества и недостатки бесконтактного метода измерения температуры перед контактным методом.....	24
3.2. Контактный метод измерения.....	26
3.2.1. Жидкостные стеклянные термометры.....	26
3.2.2. Манометрические термометры.....	27
3.2.2.1. Манометрические газовые термометры.....	27
3.2.2.2. Паровые манометрические термометры.....	29
3.2.2.3. Жидкостные манометрические термометры.....	29
3.2.3. Термоэлектрические приемники (термометры).....	31
3.2.4. Полупроводниковые датчики температуры.....	33
3.2.4.1. Принцип работы.....	33
3.2.4.2. Аналоговые полупроводниковые датчики.....	34
3.2.4.3. Полупроводниковые датчики с цифровым выходом.....	36
3.2.5. Термометр сопротивления.....	39
4. Разработка структурной схемы измерительного канала.....	46

5. Описание принципиальной схемы измерения.....	49
5.1. Анализ выбора схемы и материала датчика термосопротивления.....	49
5.2. Выбор микроконтроллера для разработки системы автоматизации.....	55
5.2.1. Технические характеристики и описание микроконтроллера ATmega16.....	56
5.2.2. Регистры ввода-вывода.....	60
5.2.3. Порты ввода-вывода.....	61
5.3. Индикатор.....	65
5.4. Кнопки управления.....	65
6. Расчет надежности.....	66
7. Конструкторско-технологическая часть.....	77
7.1. Разработка конструкции.....	77
7.2. Разработка печатной платы (ПП).....	78
7.2.1. Общие технические требования к ПП.....	78
7.2.2. Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы.....	79
Социальная ответственность.....	82
Введение.....	84
8. Техногенная безопасность.....	85
8.1. Вредные вещества, токсические газы.....	85
8.1.1 Интоксикация человека.....	85
8.1.2 Повышенный уровень шума.....	86
8.1.3. Неблагоприятные условия микроклимата.....	87
8.2. Анализ опасных производственных факторов.....	88
8.2.1. Повышенный уровень напряжения, поражение электрическим током.....	88
8.2.2. Повышенный уровень вибрации.....	91
9. Региональная безопасность.....	92
9.1. Влияние проводимых работ на окружающую среду.....	92
9.2. Мероприятия по защите.....	93
10. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	93
10.1. Техника безопасности при ремонтных и аварийных работах.....	93
10.2. Личная гигиена работников и средства индивидуальной защиты.....	95
11. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	96
12. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	99
12.1. Пожаровзрывобезопасность.....	99
12.2. Возможные причины возгорания.....	100
12.3 Первичные средства пожаротушения.....	101
12.4 Предупреждение причин возникновения.....	101

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	103
13. Организация и планирование работ по разработке темы проекта.....	104
14. Определение трудоемкости работ.....	105
14.1. Построение графика работ.....	107
15. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	109
15.1. Расчет затрат на специальное оборудование комплектующих.....	109
15.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей работы.....	110
15.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	112
15.4. Накладные расходы.....	113
15.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта..	113
16. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.....	114
Список использованной литературы.....	117
Приложение А.....	121
Приложение Б.....	122
Приложение В.....	123
Приложение Г.....	124
Приложение Д.....	125
Приложение Е.....	126

Введение

Одной из наиболее важных проблем на магистрали нефтегазопроводе является транспортировка и хранение газа, нефти и нефтепродуктов. На всей магистрали находятся на определенном расстоянии насосные станции. Станции предназначены для повышения давления перекачиваемых продуктов в магистральном трубопроводе. Внутри станции может находиться один или три центробежных насоса, один резервный и электродвигатель.

Электродвигатель поступают на монтажную площадку в большинстве случаев в разобранном виде. Для привода центробежных насосов в эксплуатации находятся как асинхронные, так и синхронные электродвигатели. В зависимости от исполнения электродвигатели могут быть установлены в общем зале с центробежными насосами или в зале, отдельно от центробежных насосов газонепроницаемой стеной. На насосной

станции находятся места для установки приборов дистанционного контроля утечек жидкости через концевые уплотнения ротора, температуры подшипников, давления на входе и выходе насоса, температуры перекачиваемой жидкости. Измерение температуры подшипников производят методом термометра. На синхронном электродвигателе серии СТД находятся подшипники скольжения (стояковые) с принудительной смазкой измерение температуру вкладыша или выходящего масла производится специальным термометром. Предельная допустимая температура подшипников не должна превышать для подшипников скольжения 80°C (температура масла при этом не должна быть более 65 °C). Более высокая температура допускается, если специальные сорта масел при соответствующих вкладышах для подшипников скольжения.

Температура является одной из главных параметров технологических процессов, на насосной станции она играет важную роль и на производительность процесса, так и его безопасность. Важно не просто проводить измерение температуры, но и, в случае необходимости, своевременно реагировать на происходящие изменения, а зачастую и предсказывать возможность появления каких-либо отклонений в процессе, избегая опасных аварийных ситуаций, незапланированных остановок производства и, как следствие, снижения эффективности работы предприятия. В таких условиях вопрос интеллектуальности средств измерения температуры является особенно актуальным.

В процессе эксплуатации часто выходят датчики температуры. Поэтому при новых технологиях и методов обработки сигналов на известных принципах измерения температуры создаются датчики. Датчики более качественные с улучшенными параметрами и с хорошей износостойкостью.

1 Основное оборудование насосных и компрессорных станций

К основному оборудованию насосных станций относят насосы и их привод. Кроме этого, на станциях есть вспомогательное оборудование, необходимое для нормальной работы основного: система смазки, энергоснабжения, вентиляции, отопления и т.п.

Для перекачки нефти и нефтепродуктов на насосных станциях в основном применяются центробежные насосы (ЦН). Центробежные насосы имеют большие подачи и высокие напоры, высокие коэффициенты полезного действия (85 % и более). Они экономичны, надежны, компактны и просты по конструкции. У ЦН соединение вала с валом электродвигателя возможно без промежуточного редуктора.

Центробежные насосы серии НМ позволяют перекачивать нефти и нефтепродукты с температурой до 353К (80°C), коэффициентом кинематической вязкости до $300 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ и содержанием механических примесей не более 0,05 %. Насосы серии НМ имеют одну или несколько ступеней нагнетания. Рабочее колесо одноступенчатого насоса с двусторонним входом жидкости обеспечивает разгрузку ротора от осевых усилий. Опорами ротора ЦН являются подшипники скольжения, к которым принудительно подается масло от системы смазки.

Магистральный насос имеет обозначение, например, НМ 1250 - 260. Это означает: НМ - нефтяной магистральный, 1250 - подача ($\text{м}^3/\text{ч}$) при максимальном коэффициенте полезного действия насоса, 260 - дифференциальный напор (м).

Обычно на НПС устанавливают 3 рабочих насосных агрегата и дополнительно один резервный. Насосные агрегаты соединяют, как правило, последовательно.

Для нормальной работы основного центробежного насоса создается подпор жидкости на его входе с помощью вспомогательных подпорных

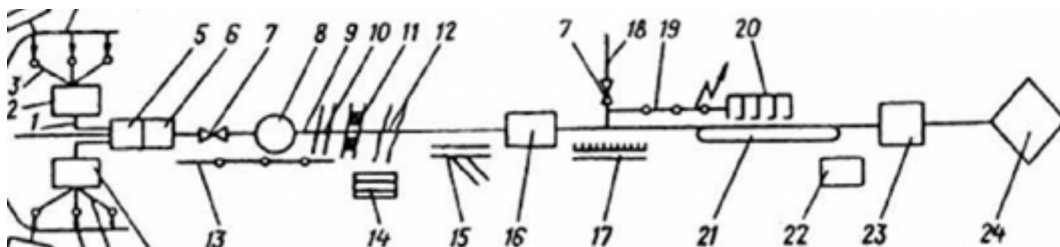


Рисунок 1 - Состав магистрального нефтепровода:

1. Нефтесборные промысловые трубопроводы;
2. Нефтесборный пункт;
3. Нефтяная скважина с нефтепроводом от ее устья до нефтесборного пункта;
4. Нефтепроводы с насосными законтурного или внутриконтурного заводнения;
5. Головные сооружения с резервуарным парком;
6. [Газонаполнительная станция](#) (ГНС);
7. Запорная арматура (отключающая задвижка) в колодце;
8. Камера приема и пуска средств очистки и диагностики;
9. Магистральный нефтепровод;
10. переход через малую естественную (или искусственную) преграду;
11. Переход через железную (или шоссейную) дорогу;
12. Переход через крупную водную преграду;
13. Линия технологической связи;
14. Аварийный запас труб;
15. Вдольтрассовая эксплуатационная дорога и подъезд к ней;
16. Подпорная насосная станция (ПНС) с резервуарным парком;
17. Защитное сооружение;
18. Отвод к промежуточному потребителю;
19. Линия электропередачи;
20. Система электрохимической защиты;
21. Лупинг;
22. Вертолетная площадка;
23. Канализационная насосная станция (КНС) с резервуаром;
24. Потребитель.

насосов. Подпорные насосы устанавливаются на головных насосных станциях и на станциях, расположенных в начале технологических участков.

Выбор схемы соединения подпорных насосов зависит от номинальной подачи основных. Если она соответствует подаче магистральных насосов, то устанавливают один рабочий подпорный насос и один резервный. Если же подача магистральных насосов не обеспечивается подачей одного подпорного насоса, то применяют параллельное соединение двух подпорных насосов плюс один резервный. В этом случае номинальная подача подпорных насосов должна быть примерно в два раза меньше, чем магистральных. Суммарная подача работающих подпорных насосов должна соответствовать подаче магистрального насоса.

Основные параметры магистральных насосов серии НМ приведены в таблице 1 в приложении А.

Насосы с подачей до $1250 \text{ м}^3/\text{ч}$ являются многоступенчатыми с рабочими колесами одностороннего входа, а с подачей $1250 \text{ м}^3/\text{ч}$ и выше одноступенчатыми с колесом, имеющим двусторонний подвод жидкости.

В качестве подпорных насосов применяют насосы серии НМЛ (П - означает подпорный) с горизонтальным расположением ротора. Насосы этой серии выпускают на подачу 2500, 3600 и $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$. В качестве подпорных также применяют вертикальные насосы серии НПВ (нефтяной подпорный вертикальный), которые более предпочтительнее. Основные параметры подпорных насосов приведены в таблице 1.

Характеристики насосных агрегатов можно найти в специальной литературе или каталогах.

Электродвигатели при замкнутом цикле циркулирующего воздуха охлаждаются двумя водными охладителями, установленные в верхней части корпуса. Расход воды на охлаждение горячего воздуха составляет $12 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждый электродвигатель, на охлаждение подшипников $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. У двигателей с разомкнутым циклом вентиляции воздух подводится снизу через воздухопроводы, расположенные в проемах фундамента, или сверху через воздухопроводы, расположенные над двигателями. Отвод отработавшего воздуха - снизу или сбоку двигателя. При разомкнутом цикле вентиляции

расход воздуха на охлаждение машины и на создание избыточного корпуса составляет $3 \text{ м}^3/\text{ч}$, он обеспечивается вентилятором. Синхронные электродвигатели СТД выпускают на напряжение 6-10 кВ, с частотой вращения вала 3000 об/мин и мощность от 630 до 125000 кВт.

Двигатели СТД выпускаются с замкнутым или разомкнутым циклом охлаждения. Перед пуском все двигатели должны продуваться чистым воздухом.

Магистральные насосные агрегаты можно соединять параллельно, последовательно и последовательно - параллельно.

Таблица 1- Основные параметры подпорных насосов

Марка насоса	Диапазон изменения подачи насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$	Номинальные параметры			
		Подача, $\text{м}^3/\text{ч}$	Напор, м	Допустимый кавитационный запас, м	кпд, %
НМЛ 2500-74	1600...3100	2500	74	3,0	72
НМЛ 3600-78	2000...3800	3600	78	3,0	83
НМЛ 5000-115	4000..5500	5000	115	3,5	85
ВПН 1250-60	620... 1550	1250	60	2,2	77
ВПН 2500-80	1350...3000	2500	80	3,2.	82
ВПН 3600-90	1800...4300	3600	90	4,8	85
ВПН 5000-120	2700...6000	5000	120	5,0	85

Основное оборудование компрессорных станций представляет собой газомоторные поршневые компрессоры или центробежные нагнетатели с приводом от газовых турбин или электродвигателей. Поршневые машины в компрессорных цехах (КЦ) соединяют только параллельно, центробежные - могут соединяться различно.

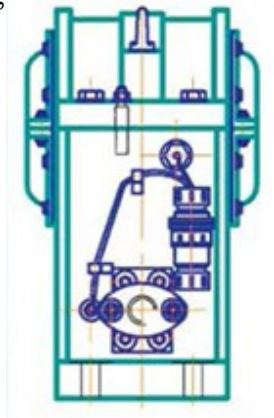
На крупных газопроводах с пропускной способностью более 10-12 млн $\text{м}^3/\text{сут}$ применяют только центробежные нагнетатели [1].

2 Синхронный трехфазный двигатель СТД 630

Синхронный двигатель серии СТД, мощностью 630 кВт двухполюсные трехфазного тока частотой 50 Гц., предназначены для привода насосов, компрессоров, воздуходувок и других быстроходных механизмов, работающих в закрытых помещениях. Двигатели мощностью 630 кВт (Рисунок 2) изготавливаются разомкнутого и замкнутого цикла вентиляции.

Рисунок 2 - Электродвигатель серии СТД

Подшипниковые узлы имеют жесткую сварную конструкцию (Рисунок 3.), предусматривающую схему смазки как циркуляционного типа



под давлением, так и картерную смазку.

На двигателях мощностью до 1000 кВт применяется система охлаждения картерного масла воздухом, подаваемым из системы вентиляции двигателя. Возможна установка

Рисунок 3 - Подшипниковый 13

узел СТД630

подшипников, изготовленных по технологии центробежного литья (стандартно), либо установка подшипников с фторопластовым покрытием; в конструкции предусмотрена установка современных термопреобразователей контроля температуры масла, что позволяет их интегрировать в цепь защиты электродвигателя для контроля превышения допустимой температуры масла [2].

3 Анализ методов измерения температуры

Измерение температуры составляет значительный объем от всех измерений, проводимых при теплотехнических испытаниях. Температура газа, воздуха, продуктов сгорания, перегретого пара, воды, поверхностей нагрева является определяющим параметром при расчетах эффективности использования топлива и экономичности работы. В связи с этим точности измерений температуры придается очень большое значение.

Под температурой в современной науке понимается введенная произвольно физическая величина, определяющая:

- законы изменения состояния идеального газа;
- коэффициент полезного действия идеального термодинамического цикла Карно;
- среднюю кинетическую энергию хаотического (теплового) движения молекул;
- мощность излучения абсолютно черного тела;
- распределение атомов по уровням энергии.

Любое из этих определений практически является определением температуры.

Существуют два метода измерения температуры: контактный и бесконтактный.

Для измерения температуры контактным методом применяют термометры расширения, использующие свойства тел или веществ изменять свой объем под действием температуры (жидкостные, дилатометрические термометры). Манометрические термометры, использующие зависимость давления вещества (газа или насыщенного пара). При постоянном объеме от температуры; термопреобразователи сопротивления (термометры сопротивления), использующие способность различных материалов изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры; преобразователи термоэлектрические (термоэлектрические термометры, термопары), использующие зависимость термоэлектродвижущей силы (термо-Э.Д.С) термопары от температуры.

Для измерения температуры бесконтактным методом применяют различного типа пирометры:

-яркостные (оптические или квазимонохроматические) с исчезающей нитью, измеряющие температуру по излучению нагретого тела при определенной длине волны;

-радиационные (пирометры полного излучения), измеряющие температуру по термо-Э.Д.С, наводимой радиационным излучением раскаленного тела по всему спектру.

При анализе метода измерения температуры необходимо знать не ту точность, которая дана им при работе в нормальных условиях, а ту точность, которую прибор может обеспечить в данных рабочих условиях [3].

3.1 Бесконтактные методы

Бесконтактный метод измерения — измерительное устройство прибора не соприкасается с контролируемой поверхностью.

Пирометры излучения относятся к бесконтактному методу измерения. Пирометры излучения, изготавливаемые серийно, основываются на зависимости температуры либо от яркости раскаленного тела в лучах определенной длины волны (пирометры частичного излучения), либо от теплового эффекта излучения (пирометры полного излучения). Для разных физических тел эти зависимости при одинаковой температуре различны. Поэтому все пирометры излучения градуируются по излучению абсолютно черного тела, а при измерении температуры реальных тел в показания приборов следует вводить поправки. Если реальное тело близко по своим свойствам к абсолютно черному телу, то поправка может быть ничтожной и, наоборот, при значительном отклонении от свойств абсолютно черного тела она достигает сотен градусов [4].

3.1.1 Оптический пирометр

Оптический пирометр с исчезающей нитью в свое время повсеместно использовался в эталонных лабораториях для реализации международной практической температурной шкалы. Он и сегодня остается широко

используемым в науке и промышленности прибором для практической термометрии.

Принцип действия оптического пирометра с исчезающей нитью прост. Линза объектива формирует изображение источника, температура которого измеряется в плоскости раскаленной нити миниатюрной лампы. Наблюдатель через окуляр и красный стеклянный фильтр видит нить и совмещенное изображение источника. Ток через лампу регулируют до тех пор, пока визуальная яркость нити не станет точно такой же, как яркость изображения источника. Если оптическая система сконструирована правильно, в этот момент нить на изображении источника исчезает. Пирометр градуируется в значениях тока, проходящего через миниатюрную лампу. Так как детектором равенства яркостей является глаз человека, то доступная непосредственно для измерений область температур ограничена с одной стороны границей приемлемой яркости, с другой — яркостью, слишком слабой для наблюдения. Нижний предел зависит от апертуры оптической системы и составляет примерно 700°C, верхний предел равен примерно 1250°C. Для измерения более высоких температур между линзой объектива и нитью помещается нейтральный стеклянный фильтр, понижающий яркость изображения источников. Плотность фильтра выбирается такой, чтобы обеспечить небольшое перекрытие областей.

Далее рассмотрим понятия условная (яркостной, цветовой, радиационной) температура и уравнения. Позволяющие реализовать переход от относительных температур реальных тел к их реальной температуре (рисунок 4).

Закон Планка. Этот закон устанавливает характер спектра излучения абсолютно черного тела:

$$E_{0\lambda T} = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1}$$

Где $E_{0\lambda T}$ - спектральные плотности излучения абсолютного черного тела

$$C_1 = 2 \pi h c_0 = 3,7413 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 ;$$

$$C_2 = \frac{hc_0}{k} \quad (1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К});$$

$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ -постоянная Больцмана

Учитывая соотношения по закону Ламберта ($E_0(T) = \pi B_0(T)$,

$E_{0\lambda T} = \pi B_{0\lambda T}$) получаем формулу Планка для спектральной энергетической яркости черного тела:

$$B_{0\lambda T} = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1}$$

Где $C_1 = \frac{C_1}{\pi}$ и C_2 —постоянные коэффициенты ($C_1 = 1,191 \cdot 10^{-16} \text{ Вт} \cdot$

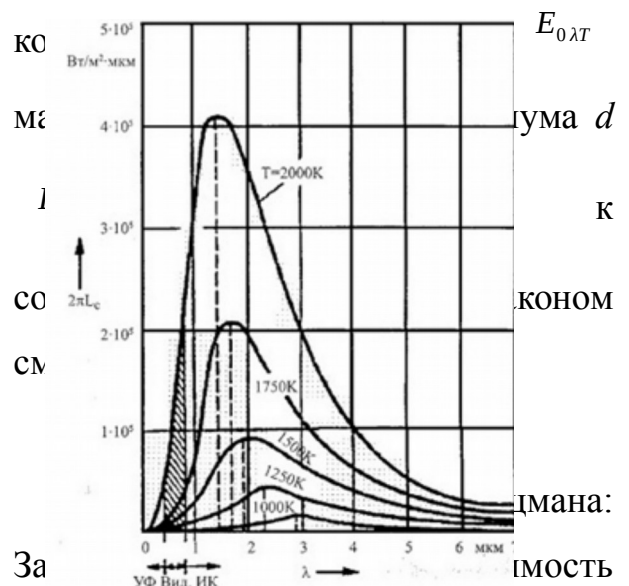
$\text{м}^2/\text{ср}$, $C_2 = 1,438 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{К}$)

λ — длина волны, м;

T — температура тела, К;

e — основание натуральных логарифмов.

Закон смещения Вина: При обычно встречающихся на практике температурах основное излучение находится в диапазоне длин волн примерно от 0,4 мкм до нескольких сотен микрометров, который именуется «тепловым». Каждой температуре T соответствует длина волны $\lambda_{\max}$, для



интегральной плотности потока
Рисунок 4 - Изменение плотности потока излучения E_0 абсолютно черного излучения при различных значениях длины тела от температуры: волны и температуры.

$$B_{0T} = \sigma T^4,$$

где $\sigma = 1,805 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$ — постоянная Стефана — Больцмана.

$$B_{\lambda T} = \varepsilon_{\lambda T} B_{0\lambda T},$$

где $\varepsilon_{\lambda T}$ — интегральный коэффициент черноты при температуре T .

Энергетическая яркость естественных физических тел меньше яркости абсолютно черного тела. Спектральная энергетическая яркость естественного тела связана с яркостью абсолютно черного тела.

Яркостная температура (пирометр) — температура T_y черного тела, при которой оно имеет в данной длине волны такую же спектральную энергетическую яркость, что и рассматриваемое нечерное тело.

Цветовая температура реального тела — это температура T_c черного тела, при которой оно имеет в данной области спектра такое же распределение энергии по длинам волн, как и рассматриваемое нечерное тело. В видимой области спектра, где можно применять термин цветность излучения, равенство цветовых температур означает, что накаливаемые тела имеют одинаковый цвет.

В настоящее время вместо термина цветовая температура чаще употребляется термин температура спектрального отношения — температура черного тела, при которой отношение спектральных энергетических яркостей равно такому же отношению у нечерного тела

Радиационной температурой — температура T_p , при которой черное тело имеет ту же энергетическую светимость, что и рассматриваемое нечёрное тело.

3.1.2 Устройство инфракрасного термометра

Потоки инфракрасных лучей могут быть измерены посредством избирательных приемников—фотоэлементов, чувствительных к этим излучениям (таллофитов, молибденитовых и кислородно-цезиевых фотоэлементов), а также посредством фотографических или фосфографических методов, в такой же мере избирательных.

Принцип действия инфракрасного пирометра основан на измерении абсолютного значения амплитуды электромагнитного излучения от объекта в инфракрасной части спектра и последующем преобразовании измеренного значения в температуру.

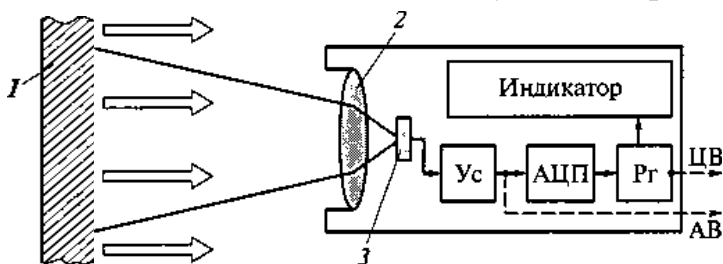


Рисунок - 5 Упрощенная структура

инфракрасного термометра:

1 — объект; 2 — объектив; 3 — приемник

Появляющиеся температурные градиенты в несколько десятых градуса определяют различие в тепловом инфракрасном излучении этих участков, которое фиксируется соответствующим приемником и затем преобразуется в электрические сигналы (рисунок 5). Этот метод позволяет раскрывать как поверхностные, так и внутренние дефекты в виде расслоений, пустот, раковин и других дефектов.

Этот метод предусматривает дистанционное исследование тепловых полей излучения объектов в инфракрасном диапазоне. При обследовании технического состояния металла колонных аппаратов его можно использовать для исследования напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов. Источниками инфракрасного излучения служат печи, батареи водяного отопления, электрические лампы накаливания. Контроль возможен везде, где есть градиент температур: реакторы, колонны, печи, дымовые трубы. У змеевиков трубчатых печей можно выявить места закоксования, перегрева. Можно количественно оценить с точностью до 10% места повреждений кладки печи, нарушения футеровки реактора. Чувствительность теплового приемника такова, что удастся зарегистрировать разницу температур поверхности $0,1^{\circ}\text{C}$.

Различают активный метод контроля, когда источник (один или несколько) нагревает контролируемый участок до температуры 100°C , и

пассивный - основанный на использовании собственного теплового излучения нагретого аппарата [5].

3.1.3 Преимущества и недостатки бесконтактного метода измерения температуры перед контактными методами

Для измерения высоких температур используют бесконтактные методы измерения, для чего применяют пирометры и тепловизоры.

Применение бесконтактных средств измерений позволяет производить измерения температуры движущихся объектов; объектов, расположенных в труднодоступных местах; избегать повреждений средств измерений при контроле высоких температур. Высокое быстродействие, возможность измерения температуры без отключения объекта от техпроцесса, обеспечение безопасности персонала.

В случае, когда необходимо измерить температуру микроскопических объектов, теплоемкость которых мала, бесконтактный способ измерения позволяет избежать искажений температуры объекта, вносимых контактными средствами. Неоспоримыми преимуществами бесконтактных средств измерения температуры в сравнении с контактными являются:

1. Высокое быстродействие (до 1 мс) — необходимо в случае измерения температуры быстропротекающих процессов;
2. Возможность измерения температуры объекта без его отключения от технологического процесса — обнаружение точек перегрева, которые возникают только во время работы объекта;
3. Обеспечение безопасности персонала, проводящего измерение температуры объектов, находящихся под напряжением, так как работы производятся на расстоянии и не требуют отключения электроэнергии.

4. Существует ряд технологических процессов, когда применение контактных датчиков невозможно, в таких случаях применение пирометров — единственно возможный способ контроля температуры. В случае, когда необходимо замерить температуру от 1800°С до 3000°С, контактные средства измерения применить

невозможно, а бесконтактные приборы легко решают поставленную задачу.

Пирометры и тепловизоры имеют в сравнении с контактными датчиками температуры, как ряд преимуществ, так и некоторые недостатки.

В свою очередь недостатками бесконтактного измерения температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией.

Факторы, которые влияют на точность результата измерения пирометром следующие:

1. Между пирометром и объектом не должно быть препятствий, непрозрачных в рабочей области спектра пирометра, в противном случае, в результате уменьшения потока излучения, показания пирометра будут занижены.

2. Пирометром может быть измерена только температура поверхности объекта, измерение температуры внутри объекта возможно лишь путем нарушения его целостности [6].

3.2 Контактный метод измерения

Контактный метод измерения — измерение путем непосредственного контакта проверяемой поверхности детали с измерительными поверхностями прибора или инструмента.

3.2.1 Жидкостные стеклянные термометры

Расширение тел от нагревания положено в основу конструкции большой группы приборов, называемых обычно термометрами расширения. Используется расширение как жидкостей, паров и газов, так и твердых тел. В жидкостных термометрах чаще всего используется ртуть, имеющая коэффициент расширения примерно в 500 раз больший, чем стекло. При минус 39°С ртуть замерзает, а при 356,7°С при нормальном давлении закипает. Заполнение капилляра над ртутью

инертным газом (N_2 ; CO_2) под высоким давлением повышает температуру кипения и позволяет изготовить ртутные термометры до $900^\circ C$. Вместо стекла в этом случае применяется кварц. Кварцевые термометры требуют очень осторожного обращения, так как небольшая трещина в кварце вызывает понижение давления в капилляре и прибор становится негодным.

Наряду с ртутью используются другие термометрические жидкости Тoluол $C_6H_5C_2H_5$, 96% Этиловый спирт CH_3OH , Керосин, Петролейный эфир, Пентан [7].

3.2.2 Манометрические термометры

Простые механические приборы прямого измерения, предназначенные для дистанционного измерения температуры газов, паров и жидкостей в стационарных условиях. Принцип действия приборов основан на свойстве газов и жидкостей, изменять давление при изменении измеряемой температуры.

3.2.2.1 Манометрические газовые термометры

При нагревании газа в сосуде постоянного объема наблюдается увеличение давления, выражаемое уравнением Клапейрона:

$$pV = GRT,$$

где p — давление;

V — объем;

G — масса газа;

R — газовая постоянная;

T — температура.

Отсюда следует, что в герметичном сосуде, где объем не изменяется,

$$T = kp$$

Постоянная $k = \frac{V}{GR}$

Так как давление в системе зависит от температуры, то манометр, измеряющий это давление p , может служить и термометром.

Газовые термометры обычно заполняют азотом. Изменение объема термосистемы при нагреве и охлаждении термопатрона учитывается при градуировке. Изменения же объема пружины манометра, капилляра и заключенного в них газа при колебании внешней температуры вызывают дополнительные погрешности:

$$\Delta t_m = \frac{V_m}{V_b} (t_m - t_0);$$

$$\Delta t_k = \frac{V_k}{V_b} (t_k - t_0);$$

где Δt_m — погрешность от нагрева манометра, °C;

Δt_k — погрешность от нагрева капилляра, °C;

V_k , V_m , V_b — соответственно индексам объемы манометрической пружины, термобаллона и капилляра, $см^3$;

t_m , t_k — температуры сред вокруг манометра и капилляра, °C;

t_0 — температура градуировки прибора (20°C).

Влияние Δt_k обычно больше, чем Δt_m . Заполнение пружины манометра и капилляра жидкостью резко снижает эти погрешности. Так, например, при заполнении манометра и капилляра ртутью погрешность газового термометра снизилась в 25 раз. При этом значительно уменьшается и запаздывание в показаниях, являющееся серьезным недостатком газовых манометрических термометров, но обязательным становится внесение поправки на разность высот. Допускается вносить эту поправку не по расчету, а с помощью корректора, установив стрелку прибора по окончании монтажа на температуру окружающей среды. Конструктивные условия вызывают необходимость в изготовлении термобаллонов значительного объема с относительно толстыми стенками. Поэтому и тепловая инерция их значительна.

3.2.2.2 Паровые манометрические термометры

Если термопатрон имеет зеркало испарения, т. е. частично заполнен легкокипящей жидкостью, то давление насыщенных паров в объеме над жидкостью зависит только от температуры термопатрона. Это давление, переданное через капилляр манометру, является мерилем температуры. Такие манометрические термометры называются паровыми. Они имеют важное преимущество: изменение объема термосистемы не меняет их показаний. При удлинении капилляра от нагрева часть жидкости в термопатроне испаряется, при сокращении длины капилляра часть паров конденсируется, давление же в системе зависит только от температуры термопатрона.

Однако таким приборам свойствен и ряд недостатков. Шкала их неравномерна с расширяющимися к концу делениями. Такие шкалы нельзя планиметризовать, например, для определения средней температуры. Чувствительность прибора в конце шкалы гораздо выше, чем в начале. При случайном перегреве термобаллона (например, при продувке перегретым паром контролируемого аппарата) давление в термосистеме возрастает очень сильно, и прибор нередко теряет герметичность, т. е. начинает давать резко заниженные показания. В приборах, измеряющих отрицательные температуры, даже при временном нахождении в жаркой комнате могут быть поломки.

3.2.2.3 Жидкостные манометрические термометры

Если термосистема целиком заполнена жидкостью, то при нагреве термопатрона вследствие объемного расширения жидкости, которое значительно больше увеличения объема термосистемы и деформации манометрической пружины, давление в системе возрастает.

Жидкостные манометрические термометры заполняются ртутью, ксилолом, глицерином, толуолом и другими жидкостями. Для высоких температур (до 1 000°C) термопатрон заполняется специальным сплавом металлов. Инерция таких приборов относительно невелика, так как их термопатрон может быть небольшим и скорость прогрева его

(особенно у ртути и специального сплава) относительно высока. Зависимость изменения давления в термосистеме от температуры термопатрона согласно [8] выражается уравнением

$$\Delta p = \frac{\beta}{\mu} \Delta t,$$

где Δp — изменение давления, кГ/см²,

β — коэффициент объемного расширения жидкости, град⁻¹;

μ — коэффициент сжимаемости жидкости, см²/кГ.

У ртути $\beta = 18,1 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}$; $\mu = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{кГ}$.

Главными причинами погрешностей в показаниях жидкостных манометрических термометров являются:

а) попадание в систему воздуха при заполнении;

б) неполное погружение термопатрона в среду.

Последняя причина, общая для всех типов манометрических термометров, встречается нередко. Необходимо, чтобы весь термопатрон хорошо омывался измеряемой средой, причем нельзя допускать, чтобы часть длины термопатрона находилась в кладке или изоляции, а часть выступала из них.

Иногда (для сравнения) рядом с термопатроном манометрического термометра устанавливают жидкостный термометр. Но их показания часто не совпадают. Большая разница в инерции и коэффициенте теплоотдачи от среды к чувствительной части делает отсчеты по ним несравнимыми. Такая установка целесообразна только при очень медленно меняющихся температурах.

Влияние температуры окружающей среды учитывается так же, как для газовых термометров. Поправка может иметь весьма существенное значение, особенно в начале шкалы, у приборов с низким начальным давлением; для приборов с высоким начальным давлением ею нередко можно пренебречь. К сожалению, заводы-изготовители не указывают в паспортах приборов данных, необходимых для вычисления поправок (константы заполнителя, начальное давление, объемы частей

термосистемы и др.). Для правильной эксплуатации приборов эти сведения следует затребовать.

3.2.3 Термоэлектрические приемники (термометры)

Электрические термометры их действие основано на изменение электропроводности или электродвижущей силы тел с изменением температуры.

Термоэлектрические приемники применяют в диапазоне температуры от -200 до $+2500^{\circ}\text{C}$, а в области низкой температуры (ниже -50 ÷ -100°C) они получили меньшее распространение, чем электрические термометры сопротивления. В области высокой температуры (выше 1300 ÷ 1600°C) их применяют в основном для кратковременных измерений.

Термоэлектрический термометры состоит из термопары, электроизмерительного прибора и соединительных линий. При нагреве горячего спая в термопаре образуется результирующая термо-Э.Д.С:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Где $e_{AB}(t)$ — термо-Э.Д.С, развиваемая в горячем спаяе;

$e_{AB}(t_0)$ — термо-Э.Д.С, развиваемая в холодном спаяе.

Горячий спай термопары, погружаемый в измеряемую среду, иногда называют рабочим концом термопары холодный спай — ее свободным концом.

На рисунке 6 показаны основные схемы включения термопар. Наибольшее распространение получила схема рисунок 6а. Последовательное включение нескольких термопар (термобатарея) применяется для увеличения точности измерения небольших температур. Дифференциальная термопара используется для измерения разности двух температур.

Для правильного измерения температуры термоэлектрическим методом необходимо обеспечить постоянство температуры холодного спая. С этой целью применяются специальные термоэлектродные провода. Они как бы удлиняют электроды термопары, выносят холодный спай из зоны переменных и относительно высоких температур в головке термопары в зону

с постоянной и низкой температурой. Термоэлектродные провода должны в паре между собой развивать такую же термо-Э.Д.С, как и термопара при той же температуре.

Интервал температур, в котором соблюдается указанное равенство термо-Э.Д.С, должен быть не меньше возможной разницы между температурами на зажимах головки термопары и холодным спаем (обычно не более 150°C). На практике и в литературе термоэлектродные провода часто называют компенсационными, однако это название неудачно, так как никакой компенсации не происходит.

Для измерения термо-Э.Д.С применяются пирометрические милливольтметры и потенциометры [9].

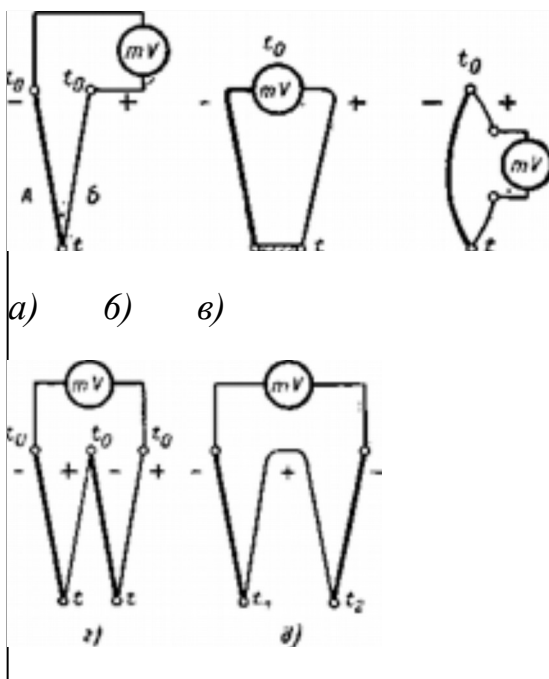


Рисунок 6 - Основные схемы включения термопар:

- а) включение измерительного прибора в свободный конец;
- б) включение третьего термоэлектрода в горячий спай;
- в) включение измерительного прибора в электрод;
- г) термобатарея;
- д) дифференциальная термопара.

3.2.4 Полупроводниковые датчики температуры

Диапазон измерения температуры полупроводниковых датчиков от -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Полупроводниковые датчики температуры применяются в микропроцессорных устройствах измерения и автоматики.

Полупроводниковым терморезистором называется прибор, принцип действия которого основан на использовании терморезисторного эффекта, заключающегося в значительном изменении сопротивления полупроводникового материала при изменении температуры [10].

3.2.4.1 Принцип работы

Физический принцип работы полупроводникового термометра основан на зависимости от температуры падения напряжения на р-п переходе, смещенном в прямом направлении. Данная зависимость близка к линейной, что позволяет создавать датчики, не требующие сложных схем коррекции (Рисунок 7). В качестве чувствительных элементов на практике используются диоды, либо транзисторы, включенные по схеме диода. Для

проведения измерений, необходимо протекание



Рисунок 7 - Принципы работы датчиков температуры

полупроводниковых приборов. Поэтому промышленность выпускает множество типов специализированных датчиков, имеющих в своей основе вышеописанный принцип, но дополнительно оснащенных цепями, устраняющими негативные особенности и значительно расширяющими функционал приборов.

3.2.4.2 Аналоговые полупроводниковые датчики

Простые аналоговые полупроводниковые датчики практически в чистом виде реализуют идею измерения температуры, с помощью

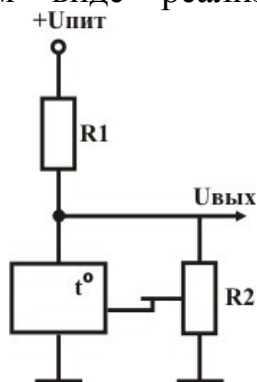


Рисунок 8 - Типовая схема включения полупроводникового

термометра с коррекцией.

определения падения напряжения на р-п переходе. Для устранения всех отрицательных явлений, связанных с работой такого перехода, используется специальная схема, содержащая в своем составе два чувствительных элемента (транзистора) с различными характеристиками (Рисунок 8). Выходной сигнал формируется

как разность падений напряжения на каждом чувствительном элементе. При вычитании значительно сокращаются негативные моменты. Дальнейшее повышение точности измерения осуществляется калибровкой датчика с помощью внешних цепей.

Основной характеристикой датчика температуры является точность измерений смотреть таблицу 2. Для полупроводниковых моделей она колеблется от $\pm 1^{\circ}\text{C}$ до $\pm 3.5^{\circ}\text{C}$. Самые точные модели редко обеспечивают точность лучше, чем $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. При этом данный параметр сильно зависит от температуры. Как правило, в суженном диапазоне от -25°C до 100°C точность в полтора раза выше, чем в полном диапазоне измерений -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Большинство аналоговых датчиков температуры, иначе называемых интегральными датчиками, содержит три вывода и включается по схеме диода. Третий вывод обычно используется для целей калибровки.

Таблица 2 - Примеры аналоговых датчиков температуры

Модел ь	Диапазон измерений	Точность	Температурный коэффициент	Производитель
LM35	От -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$	National Semiconductor
LM135	От -50°C до $+150^{\circ}\text{C}$	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	$10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$	National Semiconductor
LM335	От -40°C до $+100^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$	National Semiconductor
TC104 7	От -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$10 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$	Microchip
TMP37	От -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$20 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$	Analog Devices

Выходной сигнал датчика представляет собой напряжение, пропорциональное температуре. Величина изменения напряжения различна и, например, составляет 10мВ/градус. Для точного определения значения температуры необходимо знать падение напряжения при каком-либо ее фиксированном значении. Обычно в качестве такового используется значение начала диапазона измерений либо 0°C.

Кроме простых датчиков, производители предлагают также готовые интегральные системы термостатирования. Подобные микросхемы, например LM56 от National Semiconductor, оснащены выходом для управления нагрузкой. Температура срабатывания выхода задается в виде заводской установки, либо с помощью навесных элементов, подключаемых к специальным входам задания. Невысокое качество регулирования, обеспечиваемое данными элементами, компенсируется их простотой использования и сверхнизкой стоимостью готовых систем управления.

3.2.4.3 Полупроводниковые датчики с цифровым выходом

Технология изготовления полупроводниковых термометров позволяет размещать их на кристаллах интегральных микросхем. Температурные датчики можно встретить в составе микропроцессоров и микроконтроллеров, служебных мониторов микропроцессорных систем, а также в других измерительных устройствах, например датчиках влажности. Возможен и противоположный вариант - добавления различных элементов к датчикам. Примером подобных изделий могут служить датчики температуры с цифровым выходом. В отличие от аналоговых вариантов, эти устройства содержат встроенный АЦП и формирователь сигналов какого-либо стандартного интерфейса примеры датчиков температуры с цифровым выходом указаны в таблице 3. Наибольшую популярность получили интерфейсы SPI, I2C и 1-Wire. Использование термометров с цифровым выходом значительно упрощает схемотехнику измерительного устройства, при незначительном увеличении стоимости относительно аналоговых вариантов. Также использование стандартных интерфейсов позволяет интегрировать датчики в различные системы управления или подключать

несколько датчиков на одну шину. Программирование протокола обмена с большинством датчиков не представляется сложной задачей, что обусловило огромную популярность применения этих элементов в любительской практике и мелкосерийном производстве.

Характеристики интегральных датчиков температуры с цифровым выходом в целом соответствуют характеристикам аналоговых вариантов. При этом в виду применения АЦП, добавляется такой параметр, как разрешение выходных данных. Сегодня можно встретить датчики с разрешением от 9 до 16 бит. Часто данный параметр указывается в виде температуры, определяемой младшим разрядом АЦП.

Таблица 3 - Примеры датчиков температуры с цифровым выходом

Модель	Диапазон	Точность	Разрешение	Интерфейс	Производитель
LM75	от -55°C до +125°C	±3°C	9 бит	I2C	National Semiconductor
LM76	От -55°C до +150°C	±1.5°C	13 бит	I2C	National Semiconductor
DS18B20	От -55°C до +125°C	±2°C	9-12 бит	1-Wire	MAXIM
DS1621	От -55°C до +125°C	±1°C	9 бит	I2C	MAXIM
DS1722	От -55°C до +120°C	±2°C	12 бит	SPI	Dallas Semiconduction
MCP9800	От -55°C до +125°C	±3°C	12 бит	I2C	Microchip
MSP9808	От -40°C до +125°C	±1°C	12 бит	I2C	Microchip

ADT7320	От -40°C до +150°C	$\pm 0.25^\circ\text{C}$	16 бит	SPI	Analog Devices
---------	-----------------------	--------------------------	--------	-----	----------------

Например, для высокоточного датчика LM76, предоставляющего пользователю 13-битные данные, он составляет 0.0625°C . Не следует путать этот параметр с точностью измерений, так как вес младшего разряда АЦП определяет только точность работы аналогово-цифрового преобразователя, без учета характеристики датчика. Для того же LM76, заявленная точность измерений не превышает $\pm 1^\circ\text{C}$.

Кроме непосредственного измерения температуры, многие цифровые датчики обладают дополнительными функциональными возможностями.

Наибольшее распространение получил дополнительный выход

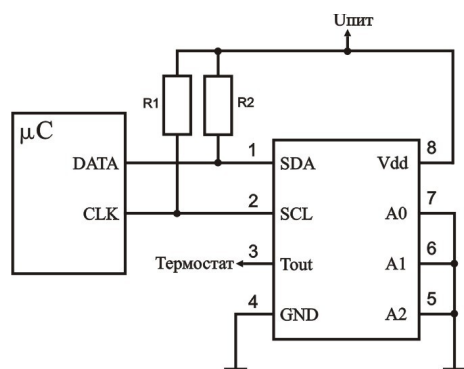


Рисунок 9 - Типовая схема использования цифрового датчика температуры

термостатирования рисунок 9, позволяющий использовать микросхемы без внешних устройств управления. Также можно встретить входы подключения дополнительных внешних температурных датчиков и дискретные порты ввода вывода.

Основными достоинствами

данного типа датчиков являются:

1. Достаточно удобная схема подключения. При подключении не требуется прокладывать индивидуальную кабельную линию непосредственно к датчику, потому что датчики можно подключить на одну общую линию;
2. Наличие цифрового сигнала, благодаря чему появляется возможность отказаться от использования разнообразных преобразователей для построения измерительной цепи;
3. Выгода в экономическом плане. Данный тип датчиков обладает вполне невысокой ценой.

К недостаткам же данного типа датчиков можно отнести:

1. Данные датчики обладают крайне слабой помехоустойчивостью. Датчики могут значительно искажать результаты измерения в том случае, если недалеко работают электродвигатели или проходит силовая линия данные датчики имеют невысокую точность, а именно всего-навсего $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2. Данные датчики имеют ограниченный рабочий интервал, а именно до 125°C . Поэтому их невозможно использовать в тех теплообменных установках, в которых температура теплоносителя может подниматься до $130\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$ [11].

3.2.5 Термометр сопротивления

Термометры сопротивления принцип работы основан на изменении их электрического сопротивления от температуры измеряемого объекта. Чувствительный элемент термометра сопротивления представляет собой тонкую проволоку, намотанную на жесткий каркас из изоляционного материала (рисунок 10). Длина такого элемента составляет обычно несколько сантиметров, поэтому термометр сопротивления измеряет среднюю температуру тех слоев среды, которые находятся в области расположения чувствительного элемента.

Материалы, из которых изготавливаются термометры сопротивления, должны обладать большим температурным коэффициентом сопротивления, большим удельным сопротивлением, постоянством химических и физических свойств, а зависимость сопротивления металла от температуры должна выражаться плавной кривой. Предъявляемым требованиям удовлетворяют платина и медь, из которых изготавливают технические термометры сопротивления. Платиновые термометры сопротивления предназначены для длительного измерения температуры. Медные термометры сопротивления могут быть использованы для кратковременных измерений температуры.

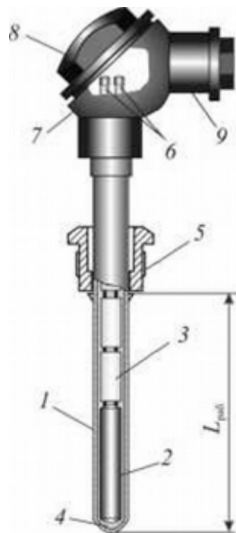


Рисунок 10 – Конструкция термопреобразователя сопротивления:

1. защитный чехол;
2. чувствительный элемент;
3. изоляционные бусы;
4. порошок;
5. штуцер;
6. розетка с клеммами;
7. головка;
8. крышка;
9. штуцер под кабель

У большинства металлов нагрев на ГС (газовая сварка) увеличивает электрическое сопротивление на 0,4—0,6%. Полупроводники при нагревании уменьшают свое сопротивление. Термометры сопротивления изготавливаются из платины, меди (ГОСТ 6651-2009), основные данные которых приведены в таблице 4. В настоящее время разрабатывается новый типаж технических электрических термометров сопротивления. Стандарт распространяется на термопреобразователя сопротивления, предназначенные для измерения температуры от минус 200°С до плюс

850 °С или в части данного диапазона.

Следует отметить, что термометры сопротивления, выпускавшиеся ранее по ГОСТ 6651-94 и широко распространенные в промышленности, отличаются номинального сопротивления. В ГОСТе 6651-2009 номинальные значения сопротивления термопреобразователя сопротивления находиться конструкцией и материалом датчика, конкретной градуировкой и лежат в диапазоне 10...1000 Ом (при 0°С или при комнатной температуре), а в ГОСТе 6651-94 диапазон от 1...500 Ом [12].

Тип ТС		а, °С	Класс допуска
--------	--	-------	---------------

			для проволочных ЧЭ	для пленочных ЧЭ	для ТС
Платиновые	П	0,00391	АА, А, В, С	АА, А, В, С	АА, А, В, С
	Pt	0,00385	W0.1, W0.15, W 0.3, W 0.6	F 0.1, F 0.15, F 0.3, F 0.6	АА, А, В, С
Никелевые	Н	0,00617	С	—	С
Медные	М	0,00428	А, В, С	—	А, В, С

Таблица 4 - Термометры сопротивления температурный коэффициент и класс допуска ТС и ЧУ.

Помимо металлических термометров сопротивления, в измерительной технике применяются полупроводниковые датчики термосопротивления (терморезисторы). Достоинством последних терморезисторов является большой температурный коэффициент (в 8—10 раз больший, чем у металлов), и небольшая удельная электрическая проводимость. Нынешние датчики позволяют изготавливать малогабаритные термометры с большим начальным сопротивлением (от 1 до 1000 кОм), при этом можно не учитывать влияние сопротивления соединительных проводов. Однако большое сопротивление терморезисторов настолько ограничивает рабочий ток, что применение обычных температурных приборов для измерения сопротивлений (логометров, автоматических мостов) становится невозможным. Требуются приборы специальных типов. Кроме того, у отдельных экземпляров данного типа терморезисторов не совпадают характеристики, и они не имеют единой градуировки, что ограничивает пока применение их в технике случаями, когда требуются специальные свойства термометра (высокая чувствительность, релейный эффект).

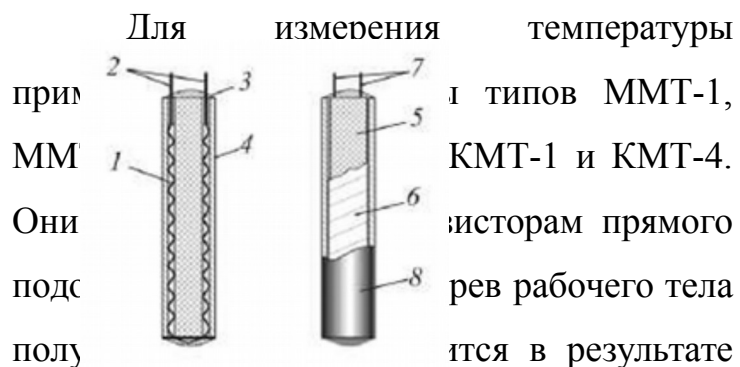


Рисунок 11 - Конструкция чувствительного элемента:

слева – платинового термометра сопротивления, справа - медного медную луженую трубку со стеклянным

изолятором, позволяющим использовать их в жидкостях и средах с повышенной влажностью. Выводами в полупроводниковых сопротивлениях типа ММТ-1; 4 и КМТ-1; 4 служат медные посеребренные проволоочки, а в ММТ-6 — никелевые. Основные параметры терморезисторов приведены в таблице 2 приложения Б.

Температурный коэффициент, а терморезисторов выражает в процентах изменение абсолютной величины сопротивления рабочего тела при изменении температуры на 1°C .

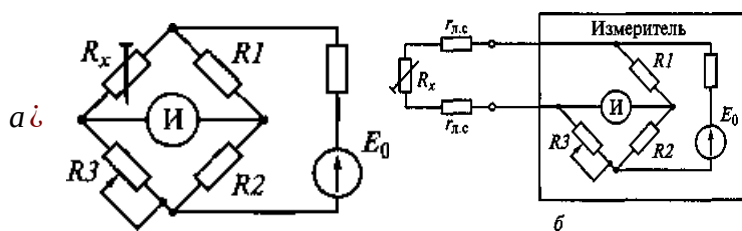
Постоянная времени определяет инерционность, с которой терморезистор реагирует на изменение температуры, и оценивается временем, в течение которого первоначальная разность между температурами термосопротивления и окружающей среды уменьшилась на 63% (в е раз).

Постоянная рассеивания показывает числовое отношение рассеиваемой терморезистором мощности к превышению его температуры над температурой окружающей среды ($^{\circ}\text{C}$). Во избежание погрешности, связанной с саморазогревом термосопротивления проходящим по нему током, мощность в режиме измерения температуры среды не должна превышать величин, указанных в таблице 2 приложения Б. Превышение предельно допустимой мощности рассеяния или наивысшей рабочей

температуры может вызвать изменение характеристик и выход из строя терморезистора.

В качестве электроизмерительного прибора, работающего в комплекте с термометрами сопротивления, применяются мосты (уравновешенные и неуравновешенные) и логометры.

На Уравновешенных мостах могут быть один или несколько резисторов, сопротивление которых могут целенаправленно изменяться (вручную или автоматически) с тем, чтобы получить равновесие. Равновесие



моста описывается отсутствием разности потенциалов (тока) в измерительной диагонали моста (в цепи чувствительного нулевого индикатора И), что означает равенство

Рисунок 12 - Включение термосопротивлений в мостовую схему:

а) принцип действия моста;

б) двухпроводная схема подключения.

произведений сопротивлений $R_1 R_2 R_3 R_x$ резисторов R_1, R_2, R_3, R_x противоположных плеч моста (рисунок 12, а):

$$R_x R_2 = R_1 R_3$$

Можно определить значение неизвестного сопротивления, зная значения сопротивлений R_1, R_2, R_3 :

$$R_x = R_1 R_3 / R_2$$

Если в качестве R_x выступает термометры сопротивления с сопротивлением R_T (рисунок 12, б), то можно, зная характеристику термометра сопротивления, оценить значение температуры θ , которая действует на датчик. В случае неуравновешенного моста значение R_T сопротивления термометра, температура θ определяется по значению разности потенциалов измерительной диагонали моста.

Уравновешенные мосты имеют более высокую точность по сравнению с неуравновешенными мостами.

Основная проблема при работе с датчиками термосопротивления, на котором установлен датчик, поэтому в общем случае может потребоваться многометровая линия связи. В зависимости от специфики конкретных задач измерений применяются двух-, трех - или четырехпроводное подключение термометры сопротивления к измерителю.

Преимущество двухпроводной схемы является, то, что для подключения термометра сопротивления необходимо всего два проводника линии связи (что особенно важно в тех случаях, когда линия связи большой длины). Однако при двухпроводной линии связи (рисунок 12,а) сопротивление $r_{л.с}$ соединительных проводников (и его изменения при естественных колебаниях температуры окружающей среды) прямо входит в результат измерения. Поскольку длина линии связи может быть значительной (десятки метров), то и погрешность может оказаться большая [9].

У конструкции электродвигателей СТД в техническом описание сложное исполнение корпуса, он находится во взрывонепроницаемой оболочке. Корпус не имеет открытых частей из-за взрывобезопасности, поэтому будет применяться контактный метод измерения датчиком термосопротивления из платины. Так как он позволяет достаточно точно измерять температуру непосредственно на самом подшипнике. Датчик температуры долговечен и недорог, легко интегрируем в измерительную систему. При выше проведенном анализе выбора метода измерения температуры остальные методы нам не подходят. Данный метод будет использован при проектировании измерительного канала.

4 Разработка структурной схемы измерительного канала

Структурная схема измерительного канала будет выглядеть следующим образом, как показано на рисунке 13.

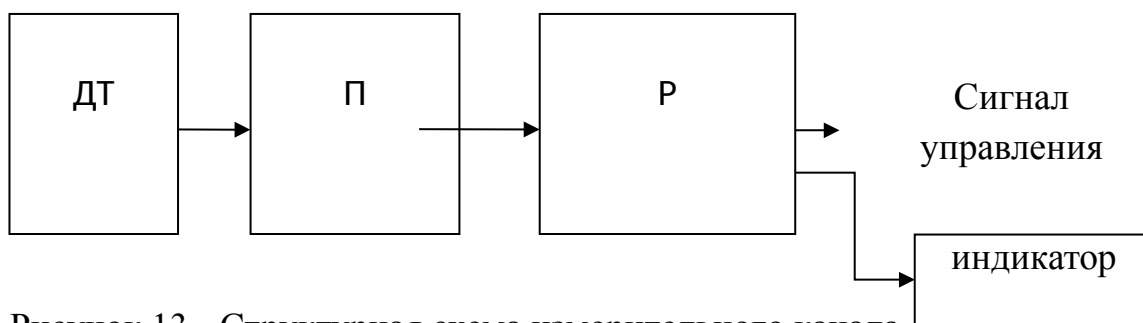


Рисунок 13 - Структурная схема измерительного канала

Структурная схема состоит из пяти блоков:

1. ДТ (Датчик температуры) далее сигнал идет на блок преобразования сигнала;

2. П (Преобразователь сигнала (АЦП)) - являются устройство, которое принимает входной аналоговый сигнал и преобразует соответствующий им дискретный код, необходимый для обработки микропроцессором. Преобразователи в потенциальный сигнал (0-5 или 0-10 В), позволяют эффективно подключить датчик к АЦП. При этом преобразователь ставится в непосредственной близости от АЦП, иначе неизбежно влияние наводок.

3. Р- регулятор (микроконтроллер) — это интегрированная схема на одном кристалле включающая в себя микропроцессор с памятью входного/выходного интерфейса. Обычно микроконтроллеры имеют несколько входных и выходных портов, некоторые из них могут быть запрограммированы либо для приема, либо для передачи сигнала.

4. Индикатор — в качестве датчика для визуальной индикации и сигнализации о достижении объектом заданной температуры.

5. Сигнал управления — связь между пультом управления и установкой (электродвигателем).

Датчик термосопротивления для контроля температуры подшипника двигателя встраивается (вкручивается) в корпус электродвигателя смотреть рисунок 14, таким образом, чтобы торец этого датчика упирался во внешнюю

боковую поверхность подшипника. Так как работа электродвигателей (особенно мощных) сопровождается значительными вибрациями, то чтобы обеспечить надежный контакт датчика и подшипника используют подпружиненные датчики. Для улучшения теплового контакта гнездо установки датчика заполняют теплопроводящей смазкой или маслом содержащий источник постоянного напряжения, два делителя напряжения, термопреобразователь сопротивления, операционный усилитель, аналого-цифровой преобразователь, цифровой индикатор и исполнительный элемент.

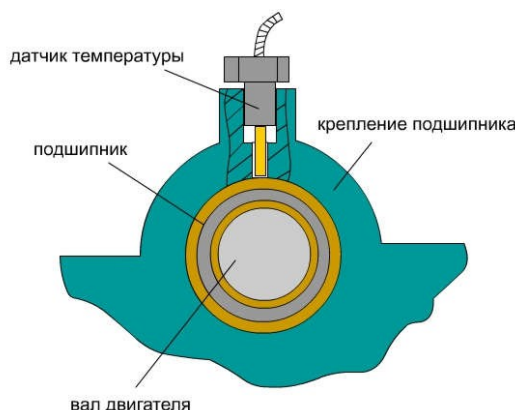


Рисунок 14 - Установка датчика температуры

Используют датчики без соединительной головки с удлинительными проводами. Чаще всего выбирают медные термометры сопротивления, так как они дешевле и значения температур подшипников сильно большими не бывают, ведь при 100 градусах начнет кипеть смазка подшипника. Эти датчики редко когда снимают - обычно их срок службы равен сроку службы самого двигателя. Из строя они могут выходить из-за воздействия чрезмерных вибраций. Соединительные провода платиновые, провод экранированный.

Затем датчик передает сигнал на преобразователь (П), прикрепленный по месту установки датчика. Блок преобразования преобразует аналоговый сигнал поступающего с датчика температуры (термосопротивления) в цифровую форму (АЦП), для того чтобы другие устройства могли распознать сигнал. Обработанный сигнал поступает на микропроцессор (Регулятор), который будет сравнивать полученные данные от датчика и регистрировать

изменения. С которого в свою очередь выдаются сигналы управления, и выводится индикация показания температуры при необходимости.

5 Описание принципиальной схемы измерения

5.1 Анализ выбора схемы и материала датчика термосопротивления

Простейшей схемой включения термометра сопротивления является делитель напряжения (рисунок 15). Здесь ТС R_t — его плечо, а источник с напряжением $U_{пит}$ обеспечивает протекание электрического тока в цепи делителя. Падение напряжения на ТС U_t зависит от величины его сопротивления, а следовательно, от температуры окружающей среды $t_{жср}$.

Точность измерений в схеме (рисунок 15) будет зависеть от точности и стабильности характеристик ТС R_t , опорного резистора $R_{оп}$ и источника напряжения $U_{пит}$. Для того чтобы снизить погрешность измерений, следует использовать прецизионный высокостабильный резистор $R_{оп}$ и стабилизированный источник опорного напряжения.

Другим негативным фактором является эффект самонагрева термометра сопротивления: протекание в электрической цепи относительно высокого тока (единицы-десятки миллиампер) может привести к дополнительным тепловыделениям на ТС, его нагреву и, как следствие, к резкому снижению точности измерений.

В качестве примера оценим отклонение температуры в результате самонагрева для высокостабильного прецизионного платинового термометра сопротивления R_t серии PTS 0603 (Vishay) с номинальным сопротивлением $R_0 = 100$ Ом [13]. Выберем, для наглядности, опорный резистор с номиналом $R_{оп} = 1000$ Ом. Пусть величина на выходе стабилизированного источника

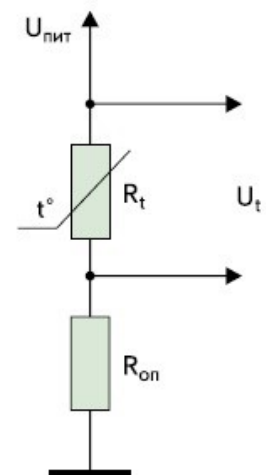


Рисунок 15 - Схема измерения температуры с использованием ТС на базе делителя напряжения

напряжения составляет $V_{DD} = +5$ В. Суммарное сопротивление цепочки делителя напряжения: $R_{otm} = R_0 + R_{on} = 100 + 1000 = 1100$ Ом. Тогда величина тока, протекающего через делитель, будет равна: $I_{DD} = V_{DI}/R_{обии} = 5/1100 = 0,0045$ А. Мощность, рассеиваемая на ПТС, приблизительно составит:

$P = I_{DD}^2 \times R_0 = 0,0021$ Вт (2,1 мВт). Согласно технической документации на ПТС серии PTS 0603, величина его самонагрева составляет 0,9 К/мВт при отсутствии принудительной вентиляции. Таким образом, повышение температуры данного ПТС в нашем примере может достичь величины

$T_{изр} = 0,9 \times 2,1 = 1,9$ К. Очевидно, что для задач измерения температуры с точностью порядка десятых долей градуса — это более чем допустимая погрешность.

Величина измерительного тока должна быть такой, чтобы самонагрев не приводил к выходу параметров ТС за пределы допуска. Повышение его сопротивления, обусловленное самонагревом, не должно превышать 20% допуска. Цепи постоянного тока для ТС с номинальным сопротивлением 100 Ом рекомендуется возбуждать измерительным током 1 мА или менее [14]. Для того чтобы минимизировать влияние этого эффекта, необходимо выбирать опорный резистор с высоким значением номинального сопротивления и/или источник с меньшей величиной напряжения питания. Несмотря на то, что это приведет падению чувствительности схемы, применение ТС с относительно высоким ТКС и современной элементной базы для нормирования сигналов позволяет скомпенсировать этот недостаток.

На рисунке 16 приведен пример практической реализации схемы на основе делителя напряжения с использованием стабилизированного источника опорного напряжения.

Источник опорного напряжения MAX6126A41 с прецизионным резистором R1 обеспечивает возбуждение ТС током около 200 мкА при 0 °С [15]. Коэффициент усиления операционного усилителя с нулевым дрейфом MAX9617 задается прецизионным делителем MAX5491WA30000 и равен $K_y = 31$ [16, 17]. Напряжение на выходе схемы составляет 616 мВ при

температуре 0 °C. Изменение напряжения на выходе равно 2,37 мВ/°C. В качестве Pt100 можно использовать прецизионные платиновые термометры сопротивления серий PTS и PTL [13, 18], а в качестве высокостабильного резистора R1, здесь и в других схемотехнических решениях в этой статье, могут быть применены резисторы серий PHR0805 или P0805 производства Vishay [19, 20].

Основные недостатки схемы включения (рисунок 16) — высокая зависимость тока возбуждения от температуры, что вызывает

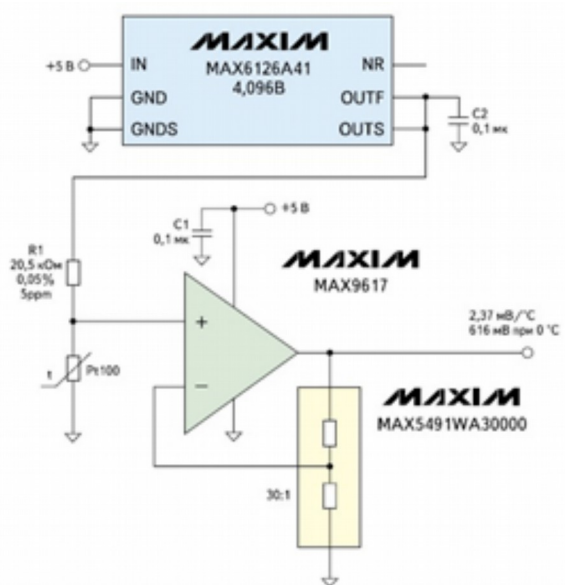


Рисунок 16 - Простейшая схема подключения термометра сопротивления

дополнительную нелинейность, увеличивающую погрешность измерений и сложность организации удаленного подключения ТС, так как сопротивление соединительных проводов в двухпроводной схеме будет оказывать заметное влияние на результаты измерений. Учитывая относительно невысокие номиналы используемых ТС, очевидно, что даже паразитные сопротивления в сотни мОм вызовут недопустимые погрешности в измерениях

температуры. Согласно ГОСТ Р 8.625-2006, использование двухпроводной схемы не допускается для ТС классов АА и А (таблица 4).

Несмотря на имеющиеся недостатки, схема может быть использована для организации простых систем измерения температуры, преимущества которых — в низкой себестоимости реализации, малых габаритных размерах и главное — в небольшой удаленности термометра сопротивления от схемы нормирования сигналов.

В случае удаленного подключения ТС длина соединительных проводов будет оказывать влияние на точность измерений, так как измерительный ток будет вызывать дополнительное падение напряжения, прямо пропорциональное, по закону Ома, величине сопротивления.

Поскольку сопротивление проводников зависит от их протяженности, то

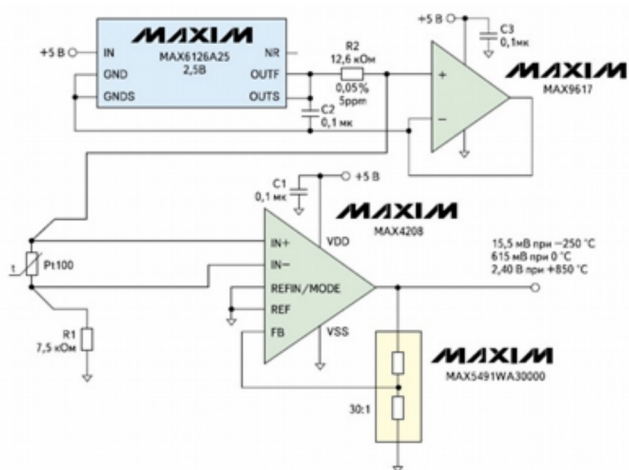


Рисунок 17 - Схема подключения удаленного термометра сопротивления Pt100 с использованием источника тока

увеличение расстояния до датчика потребует использования более дорогих соединительных проводников или корректировки подхода к построению измерительной системы.

При необходимости подключения удаленно расположенного термометра сопротивления целесообразней использовать 4-проводную

«кельвиновскую» схему, в которой измерительный ток протекает через одну пару, а сами измерения производятся с помощью второй пары соединительных проводов. Для достижения высокой точности измерений необходимо использовать усилители с высоким входным сопротивлением и низкой величиной входного тока.

Указанный принцип реализован в примере на рисунке 17. Платиновый термометр сопротивления Pt100 включен по 4-проводной схеме. Повышение линейности достигается возбуждением ТС стабилизированным источником тока (198 мкА), схема которого реализована на источнике опорного напряжения MAX6126A25 и резисторе R2. Операционный усилитель MAX9617 устраняет влияние собственного тока потребления источника опорного напряжения. Инструментальный усилитель MAX4208 имеет входной ток 1 пА и коэффициент подавления синфазной помехи 135 дБ [21].

Резистор R1 предназначен для смещения уровня сигнала относительно общей шины для более эффективного подавления мощных синфазных помех. Коэффициент усиления инструментального усилителя MAX4208, равный $K_y = 31$, задается с помощью прецизионного делителя MAX5491WA30000. Несколько нестандартный способ задания коэффициента усиления инструментального усилителя обусловлен уникальностью его архитектуры [16]. Напряжение на выходе схемы составит 15,5 мВ при температуре -250 °С, 615 мВ при 0 °С и +2,4 В при 850 °С.

Использование современных аналогоцифровых преобразователей (АЦП) с дифференциальным подключением источника входного сигнала и источника опорного напряжения позволяет не только получить на выходе цифровой сигнал, готовый для ввода в микроконтроллер, но и упростить подключение термометров сопротивления. На рисунке 18 представлена схема

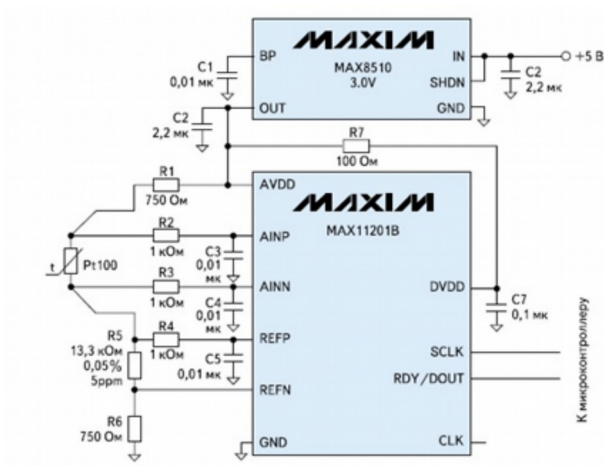


Рисунок 18 - Прецизионный измеритель

прецизионного измерителя температуры на основе АЦП.

Применение малошумящего 24-разрядного сигма-дельта АЦП MAX11201B позволяет подключить термометр сопротивления без необходимости использования прецизионных источников тока или напряжения, ограничившись применением

недорогого малошумящего стабилизатора с малым падением напряжения (LDO) MAX8510 [22, 23]. Падение напряжения на прецизионном резисторе R5 обеспечивает опорное напряжение на АЦП. Поскольку измерительный ток, протекающий через резистор R5, возбуждает и термометр сопротивления, то любые флуктуации величины тока будут полностью скомпенсированы. Резисторы R1 и R6 обеспечивают нормальную работу встроенных в АЦП буферных усилителей. Они ограничивают абсолютную

величину входного и опорного напряжений относительно «земли» в пределах от + 150 мВ до (AVdd-150) мВ.

Для того чтобы сократить количество соединительных проводов для подключения термосопротивления до трех, в схему можно ввести прецизионное токовое зеркало на операционном усилителе MAX9617 и транзисторе MMBTA14 (рисунок 19). Согласованная пара резисторов PRAHR182I2-750RFW обеспечит равенство токов I1 и I2 с точностью 0,05%, тем самым компенсируя падение напряжения на соединительных проводах [24]. Последние обязательно должны быть однотипными, одинаковой длины

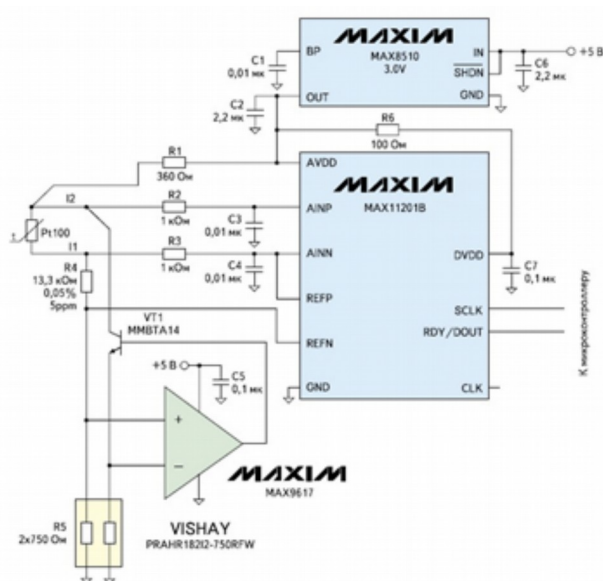


Рисунок 19 - Прецизионный измеритель температуры с 3-проводным подключением термометра сопротивления

и сечения. В настоящее время производятся различные специализированные экранированные кабели, предназначенные для подключения термометров сопротивления по 2-, 3- и 4-проводным схемам.

Для промышленных применений более предпочтителен биполярный составной транзистор MMBTA14 по сравнению с полевым, особенно при работе в условиях высоких температур. У транзисторов с изолированным затвором (MOSFET) ток утечки затвора удваивается с увеличением температуры на каждые 8 °С и может достигать несколько десятков нА. Таким образом, ошибка токового зеркала, вызванная управляющим током биполярного транзистора, может быть меньше, чем полевого транзистора с изолированным затвором.

Из выше изложенного можно сделать вывод, что нам подходит четырех проводная схема, датчик термосопротивления из платины. При проектировании принципиальной схемы мы будем использовать

прецизионный измеритель рисунок 18.

5.2 Выбор микроконтроллера для разработки системы автоматизации

При выборе микроконтроллера для разработки системы автоматизации были рассмотрены технические характеристики микроконтроллеров нескольких семейств, из которых предпочтительнее для автоматизации процесса синхронизации подходят микроконтроллеры семейств PIC и AVR.

Для разработки канала для измерения температуры подшипников на электродвигателе СТД-630 микроконтроллер семейства AVR лучше подходит для автоматизации процесса синхронизации. Для автоматизации выбран микроконтроллер ATmega16, так как он обладает необходимым количеством вводов/выводов, достаточной оперативной памятью, имеет аналогово-цифровой преобразователь.

5.2.1 Технические характеристики и описание микроконтроллера ATmega16

Микроконтроллер ATmega16 относится к семейству восьмибитных микроконтроллеров AVR фирмы Atmel (смотреть рисунок 20). Микроконтроллеры AVR имеют гарвардскую архитектуру (программа и данные находятся в разных адресных пространствах) и систему команд, близкую к идеологии RISC .

RISC (англ. restricted (reduced) instruction set computer — компьютер с сокращённым набором команд) — архитектура процессора, в нём быстроедействие повышается за счёт



Рисунок 20 - Микроконтроллер ATmega16

упрощения инструкций, чтобы их декодирование было более простым, а время выполнения минимальное.

В рамках единой базовой архитектуры AVR-микроконтроллеры подразделяются на три подсемейства:

Classic AVR — основная линия микроконтроллеров с производительностью отдельных модификаций до 16 MIPS, FLASH ROM программ 2–8 Кбайт, EEPROM данных 64–512 байт, SRAM 128–512 байт;

Mega AVR с производительностью 1–16 MIPS для сложных приложений, требующих большого объема памяти, FLASH ROM программ 4–128 Кбайт, EEPROM данных 64–512 байт, SRAM 2–4 Кбайт, SRAM 4 Кбайт, встроенный 10-разрядный 8-канальный АЦП, аппаратный умножитель 8x8;

Tiny AVR — низкостоимостные микроконтроллеры в 8-выводном исполнении имеют встроенную схему контроля напряжения питания, что позволяет обойтись без внешних супервизорных микросхем

Особенностями гарвардской архитектуры является физическое разделение памяти команд (программ) и памяти данных. Память команд и память данных соединяются с процессором отдельными шинами. Благодаря разделению потоков команд и данных, а также совмещению по времени их выборки и записи результатов обработки обеспечивается более высокая производительность. К недостаткам гарвардской архитектуры относятся: усложнение конструкции из-за использования отдельных шин для команд и данных, фиксированный объем памяти для команд и даны, увеличение общего объема команд из-за невозможности ее оптимального перераспределения между командами и данными.

Ядро AVR сочетает в себе богатый набор с 32 регистров общего назначения рабочих инструкций. Все 32 регистров напрямую связаны с арифметическим — логическим устройством (ALU) позволяя двум независимым регистрам доступ к одной операции, выполненные в один такт. Результирующей архитектура является более эффективный код, пока достичь

пропускной способности до десяти раз быстрее, чем обычные CISC микроконтроллеров. ATmega16 предоставляет следующие возможности:

16 КБайт из в-системы программируемый Flash память программы с возможностями чтение время,
512 байт EEPROM,
1 Кбайт памяти SRAM,
32 общего назначения вывода линий,
32 рабочих регистров общего назначения,
JTAG-интерфейс для периферийного сканирования, поддержки на чипе отладки и программирования,
три гибких таймера/счетчика с сравнить режимы,
внутренние и внешние прерывания,
последовательных программируемых USART,
байт ориентированной двухпроводной последовательный интерфейс,
8-канальный, многоканальный 10-разрядный АЦП как с несимметричными, так и с дифференциальными входами
10-разрядный АЦП может быть с несимметричным, так и с дифференциальным входом (программируемый только в пакет TQFP),
программируемый таймер с внутренним генератором,
SPI последовательного порта и шесть программного обеспечения выбираемые режимы энергосбережения.

В режиме ожидания остановки процессора позволяя USART,
2 проводной интерфейс, высокоточный конвертер,
SRAM, Таймер/счетчики, SPI порта и прервать продолжить функционирование системы.

Режим Power-down сохраняет содержимое регистра, но замерзает осциллятора, отключение всех других функций чип до следующего

Прибор изготовлен с использованием технологии энергонезависимой памяти высокой плотности Atmel. На чипе Flash ISP позволяет памяти программы необходимо перепрограммировать в системе через последовательный интерфейс SPI, программистом энергонезависимой памяти, или на чипе загрузки программа работает на ядре AVR. Программа загрузки можно использовать любой интерфейс для загрузки приложения в приложение Flash памяти. Программное обеспечение в разделе Boot Flash будет продолжать работать, в то время как приложение Flash раздел обновляется, обеспечивая истинное чтение время операции. Объединив 8-

битный RISC-процессор с флэш-Self-Programmable в системе монолитного чипа, Atmel ATmega16 является мощный микроконтроллер, который обеспечивает очень гибким и экономически эффективным решением для многих приложений внедренный элемент управления.

Для того чтобы добиться максимальной производительности и параллелизма, AVR-микроконтроллеров используется Гарвардская архитектура с отдельными памятью и шинами программ и данных. Инструкции в память программы выполняются с одного уровня конвейеризация. Пока одна инструкция выполняется, следующая инструкция предварительно извлечена из памяти программ. Эта концепция позволяет выполнять одну инструкцию за один машинный цикл. Память программы находится в системе перепрограммируемой флэш-памяти.

Быстрый доступ зарегистрировать файл содержит регистров общего назначения 32 x 8-битных рабочих с одного доступа цикла времени. Шесть из 32 регистров могут использоваться как три 16-разрядных регистра косвенного адреса для адресации пространства данных - включение эффективных адресных расчетов. Один из этих указателей адреса может также использоваться в качестве указателя для справочной таблицы во флэш-памяти программ. Эти дополнительные функции регистры являются 16-бит X-регистр, Y-регистр и Z-регистр, описано далее в этом разделе.

Структурная схема микроконтроллера ATmega16 представлена в приложении В на рисунке 1.

В дополнение к операциям с регистрами, регистровый файл может использоваться и для обычной адресации памяти. Это объясняется тем, что файл регистров располагается по 32 младшими адресами пространства данных, и к ним можно обращаться, как к обычным ячейкам памяти.

Пространство памяти I/O содержит 64 адреса периферийных функций CPU таких как: регистры управления, таймеры/счетчики, аналого-цифровые преобразователи и другие I/O функции. К памяти I/O можно обращаться непосредственно или как к ячейкам пространства

памяти соответствующим адресам файла регистров \$20 - \$5F.

В процессе обработки прерываний и вызовов подпрограмм адрес возврата счетчика команд (PC) сохраняется в стеке. Стек размещается в SRAM данных. Все пользовательские программы в подпрограммах возврата (прежде, чем подпрограммы или прерывания будут выполняться) должны инициализировать указатель стека (SP).

AVR архитектура поддерживает пять различных режимов адресации байт SRAM данных.

Гибкий модуль обработки прерываний имеет в пространстве I/O свой управляющий регистр с дополнительным битом разрешения глобального прерывания в регистре статуса. Все прерывания имеют свои векторы прерывания в таблице векторов прерывания, располагаемой в начале памяти программ. Приоритеты прерываний соответствуют положению векторов прерываний - прерывание с наименьшим адресом вектора имеет наивысший приоритет [25].

5.2.2 Регистры ввода-вывода

Все регистры ввода-вывода (PBB) условно можно разделить на две группы - служебные регистры микроконтроллера и регистры, относящиеся к конкретным периферийным устройствам.

Во всех микроконтроллерах семейства Mega (как и в микроконтроллерах всех семейств AVR) регистры ввода-вывода располагаются в так называемом пространстве ввода-вывода размером 64 байта.

Распределение адресов пространства ввода-вывода зависит от конкретной модели микроконтроллера, состава и возможностей периферийных устройств данной модели.

К PBB, расположенным в основном пространстве ввода-вывода, можно обратиться с помощью команд IN и OUT, выполняющих пересылку данных между одним из 32-х РОН и пространством ввода-вывода. В системе команд имеется также четыре команды поразрядного доступа, использующие в качестве операндов регистры ввода-вывода:

команды установки/сброса отдельного бита (SBI и CBI) и команды проверки состояния отдельного бита (SBIS и SBIC). Эти команды могут обращаться только к первой половине основных регистров ввода-вывода (адреса \$00..,\$1F).

Помимо непосредственной адресации (с помощью команд IN и OUT), к PVB можно обращаться и как к ячейкам ОЗУ с помощью соответствующих команд ST/SD/SDD и LD/LDS/LDD.

5.2.3 Порты ввода-вывода

Каждый порт микроконтроллеров состоит из определенного числа выводов, через которые микроконтроллер может осуществлять прием и передачу цифровых или аналоговых сигналов.

Выходные буферы всех портов, имея симметричные нагрузочные характеристики, обеспечивают высокую нагрузочную способность при любом уровне сигнала. Нагрузочной способности достаточно для непосредственного управления светодиодными индикаторами.

Входные буферы всех выводов построены по схеме триггера Шмитта. Для всех входов имеется возможность подключения внутреннего подтягивающего резистора между входом и шиной питания VCC.

Обращение к портам производится через регистры ввода-вывода. Под каждый порт в адресном пространстве ввода-вывода зарезервировано по три адреса, по которым размещены следующие регистры: регистр данных порта PORTx, регистр направления данных DDRx и регистр выводов порта PINx. Поскольку с помощью регистров PINx осуществляется доступ к физическим значениям сигналов на выводах порта, они доступны только для чтения, тогда как остальные два регистра доступны как для чтения, так и для записи.

Порядковый номер вывода порта соответствует порядковому номеру разряда регистров этого порта (смотреть таблицу 5).

Разряд DDxn регистра DDx определяет направление передачи данных через контакт ввода-вывода. Если этот разряд установлен в «1»,

то n-й вывод порта является выходом, если же сброшен в «0» - входом.

Разряд PORTxn регистра PORTx выполняет двойную функцию. Если вывод функционирует как выход, этот разряд определяет состояние вывода порта. Если разряд установлен в «1» на выводе устанавливается напряжение высокого уровня. Если разряд сброшен в «0» на выводе устанавливается напряжение низкого уровня.

Если вывод функционирует как вход, разряд PORTxn определяет состояние внутреннего подтягивающего резистора для данного вывода. При установке разряда PORTxn в «1» подтягивающий резистор подключается между выводом микроконтроллера и шиной питания.

Управление подтягивающим резистором в моделях семейства Mega осуществляется на двух уровнях. Общее управление (для всех выводов портов) осуществляется разрядом PUD (2-й разряд регистра специальных функций SFIOR).

Если разряд PUD сброшен в «0», состояние подтягивающих резисторов будет определяться состоянием разрядов PORTxn для каждого входа порта. Если же разряд PUD установлен в «1», подтягивающие резисторы отключаются от всех выводов микроконтроллера.

Таблица 5 - Конфигурации выводов портов

DDxn	PORTxn	PUD* (в SFIOR)	Функция вывода	Резистор	Примечания
0	0	X	Вход	Отключен	Третье состояние (Hi-Z)
0	1	0	Вход	Подключен	При подключении нагрузки между выводом и общим проводом, вывод является источником тока
0	1	1	Вход	Отключен	Третье состояние (Hi-Z)
1	0	X	Выход	Отключен	Вывод установлен в «0»
1	1	X	Выход	Отключен	Вывод установлен в «1»

Состояние вывода микроконтроллера (независимо от установок разряда DDxn) может быть получено путем чтения разряда PINxn регистра PINx.

Следует отметить, что подавляющее большинство контактов ввода - вывода всех микроконтроллеров имеют дополнительные функции и могут использоваться различными периферийными устройствами

микроконтроллеров. При этом возможны две ситуации. В одних случаях пользователь должен самостоятельно задавать конфигурацию вывода, а в других - вывод конфигурируется автоматически при включении соответствующего периферийного устройства.

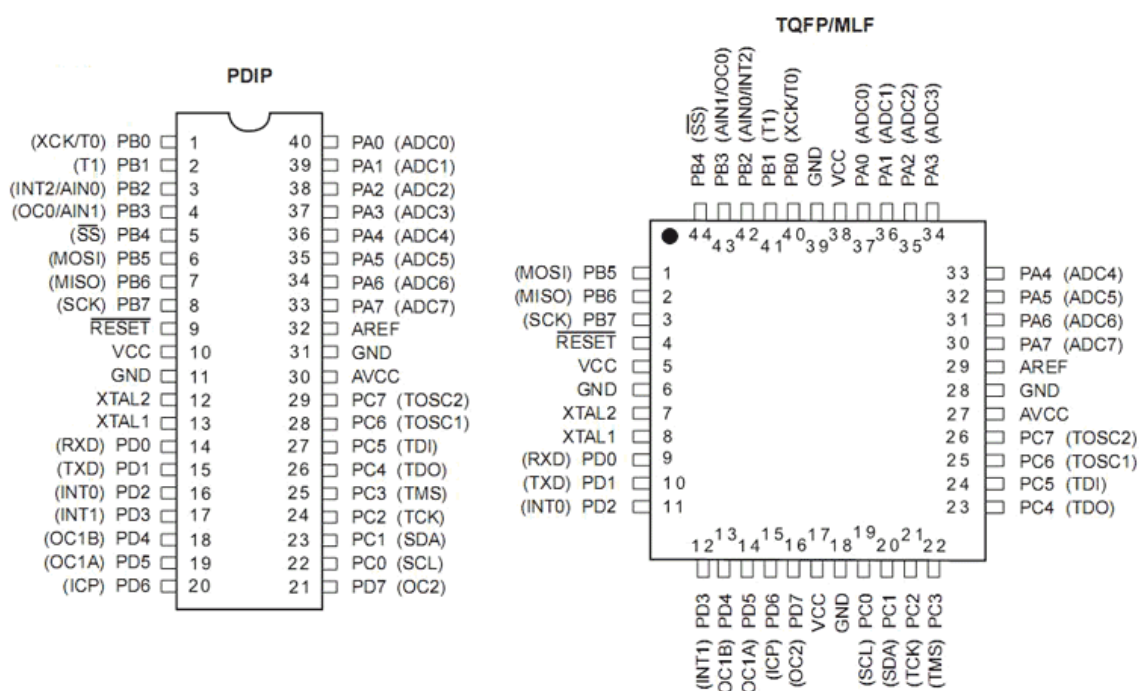


Рисунок 21 - а) Расположение выводов ATmega16 - 40-выводной корпус PDIP
б) Расположение выводов ATmega16 - 44-выводной корпус TQFP

На рисунке 21 представлено расположение выводов ATmega16. На кварце по умолчанию используется тактование от внутреннего генератора 1 МГц.

JTAGICE представляет собой инструмент оригинальной конструкции для встроенной отладки (On-Chip Debug) устройств, выполненных на основе 8-ми разрядных RISC микроконтроллеров семейства AVR® фирмы Atmel. JTAGICE является функциональным аналогом AVR® JTAG ICE фирмы

Atmel, не требующим внешнего источника питания. JTAGICE характеризуется следующими свойствами:

- Совместим с AVR® Studio версии 4.09 и выше
- Точное соответствие электрическим и временным параметрам отлаживаемого микроконтроллера
- Эмуляция всех цифровых и аналоговых функций отлаживаемого микроконтроллера
- Прерывания на изменение порядка выполнения программы
- Обычные прерывания и прерывания на изменение области данных
- Отладка ассемблерных программ и программ на языках высокого уровня
- Программирование памяти программ (Flash), памяти данных (EEPROM) и конфигурационных битов (Fuse bits) отлаживаемого микроконтроллера [26].

5.3 Индикатор

Индикатор цифровой одноразрядный полупроводниковый АЛС324А, предназначен для отображения информации в виде цифр от 0 до 9 и десятичного знака. Материал *p-n* перехода — фосфид-арсенид галлия. Корпус пластмассовый. Масса не более 2,5 г.

5.4 Кнопки управления

Кнопка S1 Предназначены для регулировки яркости индикатора вверх.
Кнопка S2 Предназначены для регулировки яркости индикатора вниз.

6 Расчет надежности

Надежность - одно из важнейших свойств изделий, в том числе электронных измерительных устройств, которое определяет их эксплуатационную пригодность. Показатели надежности являются основными техническими параметрами изделия наряду с точностью, массогабаритными характеристиками и т.д. Техническое задание на разработку любого измерительного устройства должно обязательно содержать раздел с требованиями по надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 под надежностью понимается 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.

Отметим, что признаки, по которым оценивается надежность любого технического устройства, называются критериями. К основным критериям надежности относятся:

- Безотказность – это 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.
- Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.
- Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующие способность объекта выполнять требуемые функции в течение использования, после хранения и транспортировки.

Важно отметить, что понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

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

При этом под работоспособностью понимается такое состояние изделия или устройства, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

В настоящее время существуют различные варианты классификации отказов. Отказы для радиоэлектронных устройств можно классифицировать:

1. по характеру возникновения отказа: внезапные и постепенные;
2. по времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
3. по характеру проявления отказа: явный и неявный;
4. по зависимости отказов между собой: зависимый и независимый;
5. по причине возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством любого технического устройства. На практике 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	-коэффициент готовности

ремонтпригодность	-коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Необходимо отметить, что на надежность любого технического устройства влияют многочисленные факторы, имеющие место на этапах его проектирования, производства и эксплуатации. Соответственно различают:

- 1.Расчетную надежность;
- 2.Производственную надежность;
- 3.Эксплуатационную надежность.

Следует заметить, что в идеальном случае значения расчетной, производственной и эксплуатационной надежностей должны совпадать.

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Основным показателем безотказности изделия - вероятность безотказной работы $P(\tau)$. Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ - это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты, если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил, то вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right),$$

где λ_i - интенсивность отказа i – элемента,

m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы уменьшается со временем по экспоненциальному закону от значения 1. При этом интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i$$

А среднее время наработки до отказа есть величина обратная λ_c

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

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы (устройства) с учетом условий эксплуатации устройства можно определить по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_n)$$

Где λ_{0i} - номинальная интенсивность отказа i-го элемента или

компонента;

K1, K2 - поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов;

K3 - поправочный коэффициент на воздействие влажности;

K4 - поправочный коэффициент на давление воздуха;

$a_i(t_k, K_n)$ - поправочный коэффициент на температуру поверхности

компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_n).

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов

λ_{0i}

берутся из условий на данный компонент или из справочников, содержащих такие сведения. В таблице 7 приведены значения номинальной интенсивности отказов для некоторых типов элементов.

Таблица 7 - Значения номинальной интенсивности отказов

Наименование элемента	$\lambda_{cp} * 10^{-6}, 1/\text{час}$
Конденсаторы керамические	0,15

Резисторы прецизионные	0,0125
Конденсаторы керамические	0,2
Интегральные микросхемы	0,01
Кварцевый резонатор	0,026
Дроссель	0,34
Выключатель	3,9
Плавкая вставка	7,2

В таблице 8 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 8 - Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация k_1	Ударные нагрузки k_2	Суммарное воздействие k_Σ
Лабораторные	1,0	1,0	1,0

Продолжение таблицы 8

Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,13	1,65

В таблице 9 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 9 - Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

В таблице 10 приведены значения поправочного коэффициента K_4 , учитывающего влияние атмосферного давления.

Таблица 10 - Коэффициент влияния атмосферного давления

Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4	Давление, кПа	Поправочный коэффициент k_4
0,1...1,3	1,45	32,0...42,0	1,2
1,3...2,4	1,40	42,0...50,0	1,16
2,4...4,4	1,36	50,0...65,0	1,14
4,4...12,0	1,35	65,0...80,0	1,1
12,0...24,0	1,3	80,0...100,0	1,0
24,0...32,0	1,25		

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. Отметим, что в качестве контролируемого параметра для конкретного компонента устройства выбирается тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность данного компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных видов элементов приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Коэффициенты нагрузки компонентов

Компоненты	Контролируемые параметры	Коэффициент нагрузки K_n
Микросхемы	Входной ток микросхем, включенных на выходе, $I_{вхi}$ Максимальный выходной ток $I_{вых\ max}$ Число нагруженных входов n .	$\frac{\sum_{i=1}^n I_{вхi}}{I_{вых\ max}}$
Транзисторы	Мощность рассеиваемая на коллекторе, P_k	$P_k/P_{k\ доп}$
Полупроводниковые диоды	Обратное напряжение U_o	$U_o/U_{o\ доп}$
Конденсаторы	Напряжение на обкладках U	$U/U_{доп}$
Трансформаторы	Ток нагрузки I_n	$I_n/I_{n\ доп}$
Электрические соединители	Ток I_k	$I_k/I_{k\ доп}$
Резисторы	Рассеиваемая мощность P	$P/P_{доп}$

Для всех элементов принципиальной схемы устройства рассчитаем коэффициенты нагрузки. Результаты по определению уровня нагрузки приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Расчет коэффициентов нагрузки

Элемент	Обозначение элемента	Отношение параметров	Коэффициент нагрузки,
---------	----------------------	----------------------	-----------------------

			кн
Преобразователь	DD	-	1
Стабилизатор	DA	-	1
Конденсаторы	$C_1 - C_6$	$K_H = \frac{U_P}{U_{НОМ}}$	0.5
	$C_7 - C_{11}$		0.8
Резисторы	$R_1 - R_{25}$	$K_H = \frac{P_P}{P_{НОМ}}$	0.4

Продолжение таблицы 12

Дроссель	L1	I/I _н	0,2
Транзисторы	VT1 – VT3	$P_k/P_{дон}$	0,2
Микросхемы	DD1	-	1
Разъемный контакт	-	-	1
Индикатор	HG1-HG4	-	1

Рассмотрим алгоритм определения поправочного коэффициента $a_i(t_k, k_n)$.

При определении коэффициента $a_i(t_k, k_n)$, необходимо соблюдать следующее отношение температур:

$$t_c < t_{ky} < t_{cp} \leq t_{ki},$$

где t_c – температура окружающей среды, t_{ky} – температура корпуса устройства, t_{cp} – температура воздуха внутри устройства, t_{ki} – температура поверхности корпуса электронного i -го компонента.

Значения коэффициентов $a_i(t_k, k_n)$ определяем по графикам. Несколько видов графиков приведены ниже.

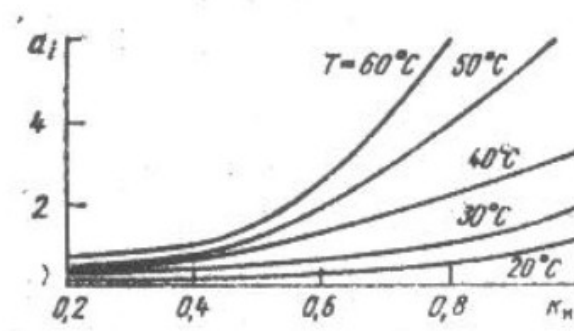


Рисунок 22 - Зависимость $a_i(T, k_n)$ для дросселей и трансформаторов.

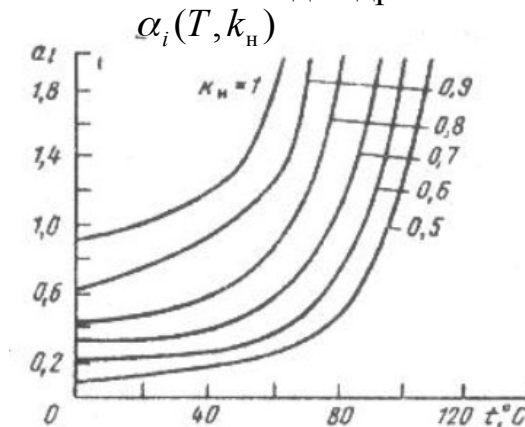


Рисунок 23 - Зависимость $a_i(T, k_n)$ для резисторов

Рисунок 24 - Зависимость $a_i(T, k_n)$ для конденсаторов

Таблица 13 - Расчет надежности

[illegible]

	Постоянные	$R_1 - R_{25}$	25	0,43	25	0,4	0,45	0,43	0,1935	4.8
--	------------	----------------	----	------	----	-----	------	------	--------	-----

Продолжение таблицы 13

5	Катушка индуктивности	L_1	1	0.02	25	0.0 17	0.5	0.02	0.01	0.01
6	микроконтролл ер	DD1	1	0.015	25	-	-	0.016	0.016	0.016
7	Индикатор	HG1-HG4	4	0.02	25	-	-	0.02	0.02	0.08
8	транзистор	$VT_1 - VT_2$	4	0.015	25	0.2	0.3	0.016	0.0048	0.0192
9	Разъемный контакт	-	2	0.05	25	1	-	0,05	0,05	0.1
10	Паяные соединения	-	32	0.04	25	1	-	0.04	0.04	1.1228
ИТОГО										$7 \cdot 10^{-6}$

Следовательно, среднее время безотказной работы:
(час).

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{7 \cdot 10^{-6}} = 142857$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} = e^{-\frac{1000}{142857}} = 0,99$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

7 Конструкторско-технологическая часть

7.1 Разработка конструкции

Разработанный канал служит для измерения температуры подшипников на электродвигателе std-630. Данное устройство отвечает конструктивно-технологическим, эксплуатационным, надежностным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, достоверность показаний, допустимые условия эксплуатации.

Электронный блок прибора выполнен в стандартном корпусе. Конструкция прибора крепиться на электродвигатель болтами. С целью повышения ремонтопригодности все элементы, размещённые на печатных платах, расположены маркировкой наружу и имеют буквенное обозначение на плате. Печатная плата фиксируется горизонтально с помощью винтов ГОСТ 17473 на фронтальных держателях. Держатели из диэлектрического материала – полистирол. Разъёмы крепятся на ПП при помощи пайки.

На лицевой панели расположены 2 кнопки для регулирования яркости индикатора;

На передней панели - разъем для подключения датчиков. К датчику подключен двухметровый кабель TS2229. На задней стенке разъем для USB программу микроконтроллера в этом случае можно всегда изменить, не вынимая (не выпаивая) его из платы. Технологичность конструкции изделий выражается показателями, характеризующими технологическую рациональность конструктивных решений и пригодность к использованию в составе других изделий. Технологичность конструкции нельзя рассматривать изолировано без взаимной связи и учета условий выполнения заготовительных процессов, процессов обработки, сборки и контроля.

Чертеж общего вида представлен в приложении Е.

7.2 Разработка печатной платы (ПП)

7.2.1 Общие технические требования к ПП

Изготовление ПП должно производиться согласно всем требованиям чертежа и технических условий. К ПП предъявляются следующие требования:

Поверхность ПП не должна иметь пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при обработке (сверление, штамповка, распиловка), не образовывались трещины, отслоения и другие неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат.

Ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно-розового. Для повышения качества и надёжности проводников часто применяются гальванические покрытия, которые обеспечивают защиту проводников от коррозии, увеличивают сопротивление механическому износу, позволяют повысить предельно допустимые токи в схеме. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

Печатная плата является двусторонней и относится к третьему классу точности печатных плат (ГОСТ 23751-86). Печатная плата разработана с помощью пакета автоматизированного проектирования печатных плат P-CAD 2004.

Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надёжность печатной схемы ПП, предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.), должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а ПП, предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхемы и т.п.), - не менее 3 перепаек. Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией узла или блока.

7.2.2 Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы

Основной целью процесса конструирования является создание коммутационного устройства для объединения группы радиоэлементов в функциональный узел с обеспечением требуемых механических и электрических параметров в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик при минимальных затратах. Для этого необходимо: выбрать тип печатной платы, определить класс точности, установить габаритные размеры и конфигурацию, выбрать материал основания для печатной платы, разместить навесные элементы, определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку, обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, изготовить конструкторскую документацию. Размеры платы выбираются на основании некоторых конструктивных расчетов. Согласно ГОСТ 10317-79

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Допуски на линейные размеры платы должны соответствовать установленным стандартами ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82. Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности ПП. Исходя из этого положения выбираем 3-й класс точности для изготовления нашей платы (ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами).

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле:

$$S_{уст} = 1.25 \cdot B \cdot L$$

где B - ширина элемента; L - длина элемента.

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2-3. В результате полная площадь будет в 2-3 раза больше суммы установленных на ней элементов.

Все электрические соединения на плате выполнены пайкой, обеспечивающей достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат.

Микросхемы устанавливаются на плате с учетом некоторых требований: учет электрических связей между микросхемами и другими элементами схемы; получение требуемой плотности компоновки монтажа; возможность замены микросхемы при изготовлении и настройке устройства.

Согласно ГОСТ 10317 размер каждой стороны ПП должны быть кратными: 2.5 при длине до 100 мм; 5.0 - 350 мм; 10.0 - более 350 мм. Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 153x85 мм удовлетворяет описанным требованиям. Толщина печатной платы - 2мм - определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками.

Разведенная плата, а также сборочный чертеж представлены в приложении Д, Г.

Уравнение преобразование

Формулы для расчета номинальной статической характеристики

НСХ ТС и ЧЭ в пределах диапазона измерений рассчитывают по следующим формулам:

- Платиновые ТС и ЧЭ, $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Для диапазона измерений от 0

$^\circ\text{C}$ до $850 \text{ } ^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2),$$

где R_t - сопротивление ТС, Ом, при температуре t , $^\circ\text{C}$,

R_0 - номинальное сопротивление ТС, Ом, при

температуре $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Значения постоянных следующие:

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1};$$

$$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2};$$

$$C = -4,183 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}.$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Лаврентьева Елена Олеговна

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочим местом является насосная станция, на которой находится синхронный электродвигатель СТД 630.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Интоксикация человека; - Повышенный уровень шума; - Неблагоприятные условия микроклимата
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	- мощность электродвигателя 630кВт - напряжение в электрической сети 220/380 В это может привести к поражению электричеством при неправильной эксплуатации; - Повышенная вибрация
3. Охрана окружающей среды: - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);	На насосной станции в результате проводимых работ периодически образуются утечка газа и углеводорода, что загрязняет окружающую среду.

- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Наиболее типичной ЧС на объекте является пожар. Оценка пожарной безопасности. Разработка мероприятий по устранению и предупреждению пожаров.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Графического материала не требуется.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Лаврентьева Елена Олеговна		

Введение

Обеспечение безопасности работника зависит от правильной оценки вредных и опасных факторов производства, а именно сочетания факторов

производственной среды, чрезмерной физической, умственной нагрузки и нервно-эмоционального напряжения.

Опасными называются производственные факторы, воздействие которых на работника в определенных условиях приводит к травмам или резкому ухудшению состояния здоровья. Если производственные факторы вызывают заболевание или снижают работоспособность, то их считают вредными. При продолжительном воздействии на организм человека вредные факторы могут стать опасными.

Рассмотренной работой, связанной с выполнением ВКР, является эксплуатация, ремонт, ревизия основного технологического и вспомогательного оборудования связаны с вскрытием внутренних полостей оборудования и возможностью поражения человека токсическим газом и вредными веществами.

Насосные станции оснащены электрооборудованием контрольно-измерительными приборами, центробежными насосами, к которым подключён синхронный электродвигатель СТД мощность 630кВт. Магистраль нефтегазопровода является пожароопасным и взрывоопасным объектом.

Неблагоприятные факторы понижают восприимчивость работников к сигналам опасности. Неосторожное выполнение операций в этих условиях может явиться причиной несчастного случая с самим работающим или его соседями по рабочему месту.

8 Техногенная безопасность

8.1 Вредные вещества, токсические газы

8.1.1 Интоксикация человека

Природный газ- природные УВ смеси, представляющие собой многокомпонентные смеси предельных УВ(этан (C_2H_6),пропан (C_3H_8),бутан (C_4H_{10}) и CH_4) и другие не УВ соединения (водород (H_2),сероводород (H_2S),диоксид углерода (CO_2),азот (N_2),гелий (He)).К сухим УВ смесям относятся главным образом смесь метана(97-98%) с тяжёлыми гомологами: (этан (C_2H_6),пропан (C_3H_8),бутан (C_4H_{10}) (2-3%)) .Попутные нефтяные газы представляют собой смесь УВ, которые кроме метана содержат в большом количестве тяжёлые УВ(этан (C_2H_6),пропан (C_3H_8),бутан (C_4H_{10})) , а также более тяжёлые УВ(пентана, гексана и др.)Суммарное содержание таких УВ в попутном газе-10-40%. Присутствуют редкие газы: углерод, углеводород, сероводород.

Вредное воздействие на организм человека газом и его химических соединений обусловлено как высокой химической токсичностью. Выхлопы газа поступать в организм через органы дыхания, желудочно - кишечный тракт, кожные покровы.

Первыми признаками поступления газа является его характерный запах, появляется тошнота, головокружение.

При остром отравлении могут выявиться расстройства со стороны центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, печени, почек.

Вентиляционная система, двигатели насосов и автоматический газоанализатор должны быть сблокированы таким образом, чтобы насосы могли быть включены в работу не ранее чем через 15 мин после включения приточно-вытяжной вентиляции (раньше включается вытяжная вентиляция); при превышении содержания паров продукта в воздухе насосного помещения 20 % их НПВ включалась аварийная вытяжная вентиляция, а при превышении содержания паров продукта в воздухе 40 % их НПВ или при

прекращении работы принудительной вентиляции (приточной или вытяжной) отключались двигатели насосов.

Кроме автоматического включения аварийной вентиляции и отключения насосов для продукта должно быть предусмотрено ручное управление этими операциями, расположенное снаружи здания вблизи входной двери в насосную.

8.1.2 Повышенный уровень шума

Одним из самых распространенных вредных факторов производства является шум, на насосной станции может быть шум не только от центробежных насосов, но и при нормальной работе электродвигателя повышенный шум (магнитный). Допустимый уровень шума в помещении указан СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [27]. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Под воздействием шума ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, что в свою очередь может повлечь за собой серьезные расстройства организма, а также сказаться на результатах работы производства. Уровень шума насосной станции, как правило, составляет от 76 до 80 дБ.

Таблица 14 - Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности	Категория тяжести трудового процесса				
трудо­вого про­цесса	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

Наиболее оптимальным способом снижения воздействия шума, являются кратковременные перерывы в течение рабочего дня в местах без постоянных источников шума.

8.1.3 Неблагоприятные условия микроклимата

Существуют определенные гигиенические требования к микроклимату рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работников и относительно периодов года. В технологических корпусах зданий станций параметры микроклимата поддерживаются в пределах санитарных норм для категории работ средней тяжести – II б по СанПиН 2.2.4.548-96:

- а) температура в теплое время года 22 - 24 °С;
- б) температура в холодное время года 17 - 19 °С;
- в) относительная влажность воздуха 60 - 40 %;
- г) скорость движения воздуха в теплое и холодное время года не более

0,2 м/с.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Для поддержания параметров микроклимата помещения в необходимых пределах необходимо: в теплое время года необходимо использование системы вентиляции совместно с кондиционирующей установкой, а в холодное время года необходимо использование системы электрического отопления совместно с системой вентиляции.

8.2 Анализ опасных производственных факторов

8.2.1 Повышенный уровень напряжения, поражение электрическим током

Насосные станции оснащены большим количеством электрооборудования с напряжениями до 380 В, а также синхронным электродвигателем постоянного тока мощностью 630 кВт. Согласно ПУЭ помещение ремонтной станции относится к помещениям с повышенной опасностью электропоражения из-за наличия токопроводимых полов.

Основные причины травматизма в электроустановках можно сгруппировать по следующим группам:

- прикосновение к токоведущим частям под напряжением вследствие несоблюдения правил безопасности, дефектов конструкции и монтажа электрооборудования;

- прикосновение к нетоковедущим частям, которые случайно оказались под напряжением (повреждение изоляции, замыкание проводов);

- ошибочная подача напряжения в установку, где работают люди;

- отсутствие надежных защитных средств.

По сравнению с другими видами травматизма травматизм в электроустановках имеет следующие особенности:

– организм человека не обладает органами, с помощью которых можно дистанционно определять наличие напряжения, и поэтому защитная реакция организма проявляется только после попадания под напряжение;

– ток, протекающий через человека, действует не только в местах контактов и по пути протекания через организм, но и вызывает рефлекторное воздействие с нарушением нормальной деятельности отдельных органов (сердечно-сосудистой, нервной системы, органов дыхания);

– существует возможность получения травм не только при прикосновении или приближении к частям электроустановки, но и без непосредственного контакта с этими частями (при поражении напряжением прикосновения или через электрическую дугу).

Электрический ток, протекая через организм человека, вызывает четыре вида воздействия: термическое, электролитическое, механическое и биологическое. Термическое действие проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органических жидкостей, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава. Механическое действие приводит к разрыву тканей и переломам костей. Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

При внезапном прекращении подачи электроэнергии все электродвигатели должны быть немедленно отключены от сети во избежание их самопроизвольного запуска при подаче тока.

Для защиты персонала от поражения электрическим током на насосной станции предпринят ряд организационных и технических мер, таких как:

а) Перед пуском электродвигателя необходимо надеть диэлектрические перчатки и встать на изолирующую подставку;

б) оснащение специальной маркировкой всех энергопотребляющих устройств;

в) размещение токоприемников способом, исключающим случайный доступ и использование;

г) ограждение токоведущих частей для защиты от случайного прикосновения к ним;

д) применение малых напряжений (не выше 42 В для питания переносных токоприемников (электроинструмент, электропаяльники, электросветильники), используемых в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также использование электроинструментов и бытовых электроприборов с двойной изоляцией;

е) использование устройств защитного заземления и зануления в электроустановках и для передвижных токоприемников [28].

8.2.2 Повышенный уровень вибрации

Синхронная частота вращения электродвигателя 3000 об/мин допустимая вибрация подшипников 30 мкм следуя из документа РД 34.45-51.300-97 [29].

Вибрационная безопасность общие требования указаны в ГОСТ 12.1.012-2004[30].

Вибрации электродвигателя могут возникнуть по многим причинам динамического и электромагнитного характера. Причины первой группы связаны как с конструктивными недостатками или с повреждением электродвигателя, так и с дефектами установки или соединения его с другой машиной. Причины второй группы связаны с недоброкачественным изготовлением или повреждением электродвигателя и в некоторых случаях с несимметричным напряжением на его зажимах.

При нормальной работе электродвигателя вибрация может исходить от колебания его частей: подшипников качения, зубчатые передачи, шарнирного сочленение некоторых узлов.

Длительное воздействие вибрации ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев рук и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца. Диапазон частот от 35 до 250 Гц является наиболее критическим для развития вибрационной болезни [31].

Локальная вибрация по источнику возникновения подразделяется на:

- передающуюся от ручных машин (с двигателями), органов ручного управления машин и оборудования;
- передающуюся от ручных инструментов (без двигателей) и обрабатываемых деталей.

Для снижения вибрации широко используют эффект вибродемпфирования – превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего в тепловую. С этой целью в конструкции деталей, через которые передается вибрация, применяют материалы с большим внутренним трением: специальные сплавы, пластмассы, резины,

вибродемпфирующие покрытия. Для предотвращения общей вибрации используют установку вибрирующих машин и оборудования на самостоятельные виброгасящие фундаменты. Для ослабления передачи вибрации от источников ее возникновения полу, рабочему месту, сиденью, рукоятке и т.п. широко применяют методы виброизоляции.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является правильная организация режима труда и отдыха.

1) Постоянное медицинское наблюдение за состоянием здоровья;

2) Защита рук от воздействия ультразвука при контактной передаче, а также при контактных смазках и т. д. операторы должны работать в перчатках или рукавицах, нарукавниках, не пропускающих влагу или контактную смазку.

9 Региональная безопасность

9.1 Влияние проводимых работ на окружающую среду

На насосной станции в результате проводимых работ периодически образуются утечка газа и углеводорода, защитой от которых является шланговые противогазы класса А и местная вытяжка на каждом рабочем месте, которая откачивает газ в атмосферу загрязняя окружающую среду. Пары углеводородов выделяются в атмосферу через не плотности оборудования, арматуры и фланцевых соединений, сальниковые устройства насосов и компрессоров. Поэтому большое внимание уделяют герметизации оборудования и уплотнению движущихся частей. Разнообразие воздействия углеводорода многообразно и может иметь необратимые последствия. Кроме того, группы углеводородов (особенно олефины) играют наиболее активную роль в образовании смога. Они вступают в реакцию с окисями азота под воздействием солнечного облучения и образуют озон и другие, биологически активные вещества, которые вызывают заболевание глаз и носогорловой полости человека, а также вредно воздействуют на растительный и животный мир [32].

9.2 Мероприятия по защите

При транспортировании углеводородов по трубопроводам потери возникают в резервуарных парках, на насосных станциях и линейной части трубопроводов вследствие утечек и испарения. Для снижения попадания углеводородов в окружающую среду применяют изоляционные покрытия от коррозии (битумные и битумно-резиновые мастики, пленочные полимерные материалы). Используют электрохимические методы защиты, проводят систематический контроль над состоянием трубопроводов с помощью специальных детекторов утечек; используют гасители гидравлических ударов для предохранения трубопровода от гидравлических ударов, приводящих к авариям; внедряют средства автоматизации и телемеханизации.

10 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

10.1 Техника безопасности при ремонтных и аварийных работах

Ремонтные и аварийные работы на насосных станциях должны быть организованы в соответствии с правилами технической эксплуатации водопровода или канализации и местными инструкциями. Выключение из работы основных агрегатов, включение или вывод из резерва насосных агрегатов и другого оборудования не разрешаются без ведома диспетчера или старшего по смене.

При необходимости выведения из работы либо введения резерва оборудования, требующего сложных и опасных операций, связанных с выключениями или включениями аппаратуры и изменением режима эксплуатации станции, составляют специальные программы проведения таких - работ, утверждаемые управлением (трестом) или другим органом, в ведении которого находится станция.

Движущиеся части электродвигателей и насосы должны быть ограждены или закрыты кожухами. Во время чистки и ремонта двигателей и электромоторов необходимо принимать меры, предупреждающие их пуск. Металлические части электродвигателей, пусковых, регулирующих и тому

подобных устройств, не находящиеся под напряжением, но в результате повреждения изоляции способные оказаться под напряжением, должны быть заземлены.

Электродвигатель немедленно (аварийно) отключают от сети в следующих случаях:

- при появлении дыма из двигателя или его пусковой аппаратуры;
- при несчастном случае с человеком;
- при сильной вибрации двигателя;
- при недопустимо высоком нагреве подшипников;
- в случае резкого снижения оборотов, сопровождающегося быстрым

нагреванием двигателя.

Участки ремонтных работ при ликвидации повреждений электродвигателей и сетей должны быть ограждены и, кроме того, в соответствующих местах должны быть вывешены плакаты и предупредительные знаки.

10.2 Личная гигиена работников и средства индивидуальной защиты

Хранение и прием пищи в производственных и бытовых помещениях станции «запрещается».

Хранение личной одежды, обуви в производственных помещениях станции «запрещается».

Средства индивидуальной защиты должны находиться в чистом, готовом для работы виде на рабочих местах и в аварийных шкафах.

После окончания работы все средства индивидуальной защиты снять и, при необходимости, промыть содовым раствором, водой и просушить. Резиновые перчатки промыть без снятия с рук. После снятия перчаток необходимо прополоскать рот раствором пищевой соды, вымыть руки водой с мылом. Проверить отсутствие загрязненности рук на установках дозиметрического контроля или у дозиметриста, осуществлявшего допуск.

Средства защиты работающих применяются для предотвращения или уменьшения воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Спецодежда и спецобувь, защитные средства выдаются работникам завода в соответствии с утвержденными нормами.

Для работы на улице в холодное время года работникам станции выдается дежурная сезонная теплая спецодежда (в -скобках указан срок носки в месяцах):

- куртка ватная ТУ 17 РСФСР 06-7186-86 (24);
- брюки ватные (24), валенки ОСТ 17-337-79 (30);
- шапка (24), сапоги (12);
- рукавицы ватные ГОСТ 12.4.010-73(12).

В качестве средств индивидуальной защиты от вибрации работающий используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготавливают из упругодемпфирующих материалов.

При ношении спецодежда должна быть застегнута на все пуговицы, опрятна; спецобувь – зашнурована. В случае преждевременного износа или утери спецодежды, спецобуви, защитных средств работнику в установленном порядке должна быть выдана пригодная к носке спецодежда, спецобувь, защитные средства.

Преждевременный износ (утеря) оформляется актом за подписью начальника станции, начальника соответствующего участка. Смена спецодежды должна производиться не реже, чем 1 раз в 7 дней по установленному графику.

Каждый работник при выполнении работ должен пользоваться соответствующей спецодеждой, спецобувью и защитными средствами, применение которых обязательно. В случае загрязнения выше допустимого уровня – спецодежда должна быть немедленно заменена.

Допустимые уровни общего загрязнения поверхностей спецодежды и средств индивидуальной защиты составляют для α -активных нуклидов – 20 частиц/см²*мин, для β -активных нуклидов – 2000 частиц/см²*мин.

Ответственность за сохранность, исправность и своевременность проверки защитных средств, инструмента, приборов, спецодежды несут работники, получившие их для работы

11 Особенности законодательного регулирования проектных решений

1.К самостоятельной работе по обслуживанию насосной станции допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, и прошедшие:

соответствующую профессиональную подготовку, в том числе по вопросам охраны труда;

-обязательный медицинский осмотр и признанные годными по состоянию здоровья к работе на насосной станции;

-вводный и первичный инструктаж на рабочем месте;

-стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

2. Работники по обслуживанию насосной станции проходят повторный инструктаж по охране труда в сроки не реже одного раза в шесть месяцев и ежегодную проверку знаний по вопросам охраны труда.

3. К обслуживанию насосных станций допускается персонал, имеющий квалификационную группу допуска по электробезопасности не ниже четвертой группы по электробезопасности;

Выход на пенсию мужчинам 60 лет, женщинам в 55 лет. Лицам, проработавшим определенное количество лет на Крайнем Севере и приравненных к нему местностях, выходят на пенсию досрочно. Так же досрочно можно выйти на пенсию из-за вредных факторов труда.

Организациям запрещается по отношению к беременной женщине:

- снижать заработную плату по мотивам, связанным с беременностью;

привлекать беременную женщину к работам:

- в ночное время - с 22 до 6 часов (ст.96 ТК РФ),

- в выходные и нерабочие праздничные дни (ст.259 ТК РФ),

- вахтовым методом - особая форма осуществления трудового

процесса вне места постоянного проживания работника, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение домой (ст.298 ТК РФ);

-отзывать её из ежегодного оплачиваемого отпуска (ст.125 ТК РФ);

переводить и перемещать женщину на работу, противопоказанную ей по состоянию здоровья (ст. 72.1 ТК РФ).

Организация обязана в отношении беременной женщины:

- предоставить отпуск по беременности и родам (ст.255 ТК РФ) на основании заявления женщины и листка нетрудоспособности (140 календарных дней при нормальных родах, 156 - при осложненных, 194 - при многоплодной беременности); выплатить пособие по беременности и родам (ст.255 ТК РФ);

В соответствии с медицинским заключением предоставленным женщиной: - снизить ей нормы выработки или нормы обслуживания в среднем на 40% от постоянной нормы;

- перевести беременную женщину на другую работу – более лёгкую и исключая воздействие неблагоприятных производственных факторов, с сохранением прежнего среднего заработка (ст.254 ТК РФ).

- освободить её от работы с сохранением среднего заработка, за все пропущенные вследствие этого рабочие дни за счет средств работодателя, до предоставления другой работы (исключающей воздействие неблагоприятных производственных факторов);

- связанных с применением на производстве потенциально опасных химических веществ, в т.ч. аллергенных и канцерогенных в плане влияния на репродуктивную функцию;

Беременной женщине должны быть обеспечены: оптимальные параметры температуры, влажности и подвижности воздуха в помещении, где она работает; перевод на рабочее место:

- без воздействия вибрации, ультразвука, повышенного ионизирующего излучения;

- не превышение интенсивности шума на рабочих местах 50-60 дБА;

При наличии вредных и опасных условий труда беременным с момента первой явки в женскую консультацию выдается "Врачебное заключение о переводе беременной на другую работу" с сохранением среднего заработка по прежней работе. Коллективным договором, действующим в организации, для беременных женщин могут устанавливаться дополнительные льготы [33].

12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

12.1 Пожаровзрывобезопасность

Привод насосов должен быть во взрывозащищенном исполнении, а их электрооборудование, как правило, - взрывонепроницаемым, категории не ниже В2Б - В2Г (по ПИВЭ) [34], что зависит от температуры самовоспламенения продукта. Помещения насосных станций по взрывоопасности относятся к классу В-1а, это помещение в которых присутствует взрывоопасные смеси горючих газов.

Пожаро и взрывобезопасность в помещениях станции обеспечиваются системой мер и мероприятий, предусмотренных “Инструкцией по пожарной безопасности на насосной станции”.

Каждый работник станции должен знать и выполнять требования пожаровзрывобезопасности, перечисленные в инструкции, не допускать действий, которые могут привести к взрыву, пожару или загоранию.

Начальник смены станции после получения сообщения о пожаре организует тушение пожара (загорания) силами пожарного звена подручными средствами до прибытия персонала ПЧ-1 ОГПС №8 и организует встречу подразделения пожарной части.

Остальные работники станции оповещаются о пожаре и необходимости эвакуации по поисковой связи.

В случае возникновения аварийной ситуации общими требованиями являются следующие:

- а) немедленно покинуть зону аварии;
- б) с ближайшего телефона в безопасной зоне сообщить о месте и виде аварии начальнику смены станции (на ЦДП);
- в) выполнять указания ответственного руководителя работ, до его указаний выполнять требования начальника смены станции;
- г) принимать меры по оповещению и эвакуации персонала.

12.2 Возможные причины возгорания

Возможными причинами возгорания может послужить:

- а) утечка жидкости из насоса;
- б) вибрация агрегата или явно слышимый стук;

в) резкое повышение температуры подшипников или торцевого уплотнения (выше 60 °С);

г) внезапное падение давления в нагнетательной линии насоса более чем на 10 %;

д) появление трещины на корпусе насоса;

е) отставание края рамы машины от фундамента;

ж) сброс нагрузки насоса (из-за попадания в него газа или воздуха);

з) недопустимое превышение давления в нагнетательной линии насоса;

и) недопустимый перепад давления в системе «масло - газ»;

к) другие неисправности, нарушающие нормальный режим работы насоса и трубопровода.

л) неосторожное обращение с огнем;

м) не соблюдение инструкции по пожарной безопасности станции;

Насосы должны быть остановлены также при прекращении работы общей вентиляции помещений или при снижении давления воздуха в системе двигателей обдуваемого исполнения.

В насосных для СУГ должна быть предусмотрена автоблокировка остановки насосов при нарушениях, а также при прекращении работы вентиляции.

Повторный пуск насоса возможен только после выявления причины неисправности и ее устранения.

Выявленные неисправности и случаи остановки из-за них насосов обязательно должны быть записаны в вахтенном журнале работы насосов.

Категорически запрещается:

оставлять работающие насосы без присмотра, если они не снабжены полными комплектами средств автоматизации, обеспечивающими безопасность их работы;

исправление и ремонт насосов на ходу, включая закрепление клиньев, шпилек и подтягивание сальников.

Периодически, но не реже одного раза в неделю, во избежание проникновения горючих газов из канализационной сети в помещение насосной следует проверять исправность гидравлических затворов на канализационных стоках из насосной и уровень воды в них.

12.3 Первичные средства пожаротушения

В качестве первичных средств пожаротушения для нашего здания будем применять ПО-10 в количестве 3 штук. Размещают по станции и участкам так, чтобы они располагались на расстоянии не более 50 м от пожароопасных объектов и 100 м от других объектов согласно таблице норм оснащения помещений ручными огнетушителями. Наряду с ручными огнетушителями можно использовать песок, пожарные гидранты, в случае если возгорание не в электропроводке установки.

12.4 Предупреждение причин возникновения

1) На территории каждой станции должны быть выделены взрывоопасные зоны, где запрещены производство огневых работ, а также проезд средств транспорта и механизмов с двигателями в обычном исполнении. Внешние границы этих зон должны быть не ближе:

100 м - от сливно-наливных эстакад и причалов для всех продуктов, промышленных резервуаров для конденсата и резервуаров для СУГ;

40 м - от насосных и газокompрессорных для СУГ и резервуарных парков для стабильного конденсата;

20 м - от насосных для стабильного конденсата, канализационных колодцев и стояков, гидравлических затворов, узлов задвижек и других мест возможных мелких утечек продукта;

50 м - от открытых нефтеловушек.

2) На границах этих зон должны быть установлены (вывешены) предупредительные надписи, например: «Взрывоопасно, проезд запрещен».

3) С территории площадок насосных станций, резервуарных парков и сливно-наливных станций для возможности проезда пожарных и специальных автомашин помимо основного выезда с твердым покрытием должен устраиваться запасной выезд на дорогу общего пользования или тупиковый подъезд к территории предприятия.

Ко всем зданиям и пожароопасным сооружениям объектов во все периоды года должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей. При отсутствии дорог не менее чем с двух сторон здания вдоль всей его длины

следует обеспечить подъезд пожарных автомобилей по свободной территории шириной не менее 6 м.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Лаврентьева Елена Олеговна

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Финансовые ресурсы - 849456,4 руб. Человеческие ресурсы - 3 чел.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Формирование плана работ по разработке проекта. 2. Расчет сметы затрат на создание проекта. 3. Оценка эффективности работы.
2. Разработка устава научно-технического проекта	...
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Петухов О.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Лаврентьева Елена Олеговна		

13 Организация и планирование работ по разработке темы проекта

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение ВКР работы на этапы, представленные в таблице 15.

Таблица 15 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

14 Определение трудоемкости работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Задание на проект	1	Составление и утверждения задания	Инженер технолог 6 разряда
Изучение технической документации	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов	Инженер технолог 8 разряда
Определения состояния установки	3	Календарное планирование работ	Инженер технолог 8 разряда
Подбор промышленного оборудования	4	Выбор моделей и способов анализа	Инженер технолог 8 разряда
Разработка информационно передаточного блока	5	Разработка модели для исследования	Инженер технолог 8 разряда
Разработка измерительного блока	6	Поиск методов решения	Инженер технолог 8 разряда
Поиск неполадок информационного передаточного блока	7	Достоинства и недостатки	Инженер технолог 8 разряда
Поиск неполадок измерительного блока	8	Достоинства и недостатки	Инженер технолог 8 разряда
Получение комплектующих для электродвигателя СТД-630	9		Электромонтер 5 разряда
Подбор датчика для измерения температуры	10	Выбор метода для измерения температуры подшипников	Инженер технолог 8 разряда
Ознакомление с инструкцией монтажа синхронного электродвигателя СТД 630	11	Изучение инструкции	Электромонтер 5 разряда
Получение датчика термосопротивления со склада	12	Выдача датчика	Слесарь КИПа 6 разряда
Поиск неполадок, комплектующих с синхронным электродвигателем СТД- 630	13	Поиск неполадок	Инженер технолог 8 разряда
Монтаж датчика термосопротивления с синхронным электродвигателем СТД- 630	14	Монтаж датчика	Слесарь КИПа 6 разряда
Монтаж комплектующих синхронного электродвигателя СТД 630	15		Электромонтер 5 разряда

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (4.1)$$

где $t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (4.2)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\ i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}$$

где $T_{\text{кг}}$ - количество календарных дней в году;

$T_{\text{вд}}$ - количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$ - количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365} = 1$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел. Результаты расчетов приведены в таблице 16.

Таблица 16 - Перечень и продолжительность выполнения работ

№ Раб.	Исполнители	Продолжительность работ				
		$t_{\min}$ чел-дн.	$t_{\max}$ чел-дн	$t_{\text{ож}}$ чел-дн	T_p Раб.дн	T_k Кал.дн
1	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
2	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
3	Инженер технолог 8 разряда	4	5	4,4	2,2	3
4	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
5	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
6	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
7	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
8	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
9	Электромонтер 5 разряда	3	4	6,8	3,4	4

Продолжение таблицы 16

10	Инженер технолог 8 разряда	4	6	4,8	2,4	3
11	Электромонтер 5 разряда	9	11	9,8	4,9	5
12	Слесарь КИПа 6 разряда	3	4	3,4	1,7	2
13	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
14	Слесарь КИПа 6 разряда	12	14	12,8	6,4	7
15	Электромонтер 5 разряда	5	7	5,8	2,9	3

14.1 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта - горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 2 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени вахты. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу (смотреть таблицу 17).

Таблица 17 - Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работ	Исполнители	T_k	Февраль	Март	Апрель
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1			
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4			

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При покупке оборудования следует учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его стоимости. [35]

Рассчитаем дополнительные затраты для синхронного электродвигателя СТД-630, датчика термосопротивления:

- для синхронного электродвигателя СТД-630 транспортные расходы и монтаж оборудования составляют 15%.

Получим:

$$З_{д1} = \frac{550000 \cdot 15}{100} = 82500 \text{ руб;}$$

- для датчика термосопротивления транспортные расходы и монтаж датчиков 15%, отсюда получим:

$$З_{д2} = \frac{2 \cdot 1500 \cdot 15}{100} = 450 \text{ руб;}$$

Расчеты по статье 3.1 приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Расчет потребности в приборах и оборудовании для выполнения исследовательской работы

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Синхронный электродвигатель СТД-630	1	550000	632500
2.	Датчик термосопротивления	2	3000	3450

Итого	635950
-------	--------

15.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей работы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 -30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 19.

Под основной заработной платой понимаем заработную плату инженера технолога 8 разряда, электромонтажник 5 разряда и слесарь КИПа 6 разряда. Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день. Месячный оклад инженера составляет-40000 руб., электромонтажника – 25000 руб., слесарь КИПа – 25000 руб. [36]

Средняя заработная плата рассчитывается следующим образом:

Дневная з/плата = Месячный оклад/ 28дней, (3.9)

Соответственно дневной оклад инженера равен 1400,15 руб., электромонтажника – 892,85 руб., слесарь КИПа – 892,85 руб.

Таблица 19 - Материальные затраты

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость, чел.- дн	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
3	Определения состояния установки	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
4	Подбор промышленного оборудования	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
5	Разработка информационно передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
6	Разработка измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
7	Поиск неполадок информационного передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
8	Поиск неполадок измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2

9	Получение комплектующих для электродвигателя СТД-630	Электромонтер 5 разряда	4	0,9	3,6
10	Подбор датчика для измерения температуры	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
11	Ознакомление с инструкцией монтажа синхронного электродвигателя СТД 630	Электромонтер 5 разряда	5	0,9	4,5
12	Получение датчика термосопротивления со склада	Слесарь КИПа 6 разряда	2	0,9	1,8
13	Поиск неполадок комплектующих с синхронным электродвигателем СТД- 630	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
14	Монтаж датчика термосопротивления с синхронным электродвигателем СТД- 630	Слесарь КИПа 6 разряда	7	0,9	6,3
15	Монтаж комплектующих синхронного электродвигателя СТД 630	Электромонтер 5 разряда	3	0,9	2,7
Итого					55,3

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работали инженер технолог, электромонтажник и слесарь КИПа. Принимая во внимание, что за час работы инженер получает 117 руб., электромонтажника – 75 руб., слесарь КИПа – 75 руб. (рабочий день 12 часов).

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

Где, $Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

Где, $k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 - 0,15).

Таким образом, заработная плата инженера технолога 45000,

электромонтажника 28000 и слесарь КИПа 28000.

15.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Где, $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. (данные приведены в таблице 20) [37].

Таблица 20 - Отчисления во внебюджетный фонд

Исполнитель	Основная заработная плата, Руб	Дополнительная заработная плата, руб
инженер технолог	40000	4800
электромонтажник	25000	3000
слесарь КИПа	25000	3000
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
30240		

15.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где, $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$Z_{\text{накл}} = 732290 \cdot 0,16 = 117166,4$$

15.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 21 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	635950	Пункт 3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55300	Пункт 3.2

Продолжение таблицы 21.

3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10800	Пункт 3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30240	Пункт 3.3
5. Накладные расходы	117166,4	16 % от суммы ст. 1 - 5
6. Бюджет затрат НТИ	849456,4	Сумма ст. 1- 6

16 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{мах}}},$$

Где, $I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{мах}}$ - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{849456,4}{1234577} = 0,7; \quad I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{1234577}{1234577} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i,$$

Где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p - бальная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 22).

Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2 (Аналог)
1. Надежность		0,2	5	4
2. Универсальность		0,2	4	3
3. Уровень материалоемкости.		0,15	4	4
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)		0,20	5	3
5. Ремонтпригодность		0,1	5	5
6. Энергосбережение		0,15	5	3
ИТОГО		1	4,65	3,15

$$I_{p-ucn.1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

$$I_{p-ucn.2} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3$$

$$\cdot 0,15 = 3,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{ucn.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{ucn.i} = \frac{I_{p-ucn.i}}{I_{фин.p}}$$

$$I_{ucn.1} = \frac{4,5}{0,7} = 6,428; \quad I_{ucn.2} = \frac{3,55}{1} = 3,55.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (смотреть таблицу 23) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{ucn.i}}{I_{ucn.max}}$$

Таблица 23. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	6,428	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,55	0,43

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности [38].

Список использованной литературы

- 1 Эксплуатация магистральных газонефтепроводов и хра- Э41 нилищ: учебное пособие / автор-сост. А. Л. Саруев; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 184 с.
2. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». — 3-е изд., перераб. — М.: «Энергия», 1978. — 704 с.
3. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. М.: Энергия, 1989, - 704 с. <http://www.toroid.ru/preobrajen.html>
4. Измерение температуры малых тел пирометрами излучения.-М.: Энергия, 1980.96с.,ил.-(Б-капо автоматике; Вып. 607).
5. Научная библиотека http://stu.scask.ru/book_ar1.php?id=24
6. Чернин и Коган А.Ю. Неделько, инженер (ОАО НПП «Эталон»). Преимущества и недостатки бесконтактного измерения температуры. <http://www.omsketalon.ru/downloads/articles/Help%20piro.pdf>
7. Т.Н. Немова, Н.А. Цветков. Часть 1. Методы и средства контактного измерения температуры – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 38 с. http://portal.tsuab.ru/Met_2012_2/43.pdf
8. Кулаков М. В., Щепкин С. И., Автоматические контрольно-измерительные приборы для химических производств, Машгиз, 1961.
9. Погрешности контактных методов измерения температур. Библиотека по автоматике выпуск 217 /Паперный Е. А., Эйдельштейн И. Л..изд.,Энергия, 1966г.- 98 с. <http://dfiles.ru/files/9zpl3sdpk>
10. “Practical Design Techniques For Sensor Signal Conditioning”, Analog Devices http://www.platan.ru/shem/pdf/dat_temp2.pdf

<http://mcucpu.ru/index.php/pdevices/datchiki/108-poluprovodnikovye>

12. ГОСТ 6651-2009 Термопреобразователи сопротивления из платины, никеля и меди / http://www.skbpa.ru/publish/gost_6651_2009.pdf

13. ГОСТ Р 8.625-2006 «Термометры сопротивления из платины, меди и никеля».

14. MAX6126: Ultra High Precision, Ultra Low Noise, Series Voltage Reference. Technical Datasheet, Rev.5, 12.2010. www.maxim-ic.com

15. MAX9617: Single/Dual SC70, Zero-Drift, High-Efficiency, 1.5MHz Op Amps with RRIO. Technical Datasheet, Rev.4, 02.2011. www.maxim-ic.com

16. MAX5491: Precision-Matched Resistor-Divider in SOT23. Technical Datasheet, Rev.3, 12.2004. www.maxim-ic.com

17. Leaded Platinum Temperature Sensor. PTL Series. Technical Datasheet, Rev. 11.03.2011. www.vishay.com

18. PHR Series. ESCC 4001/023 Qualified High Precision (5 ppm, 0.01%), Thin Film Chip Resistors. Technical Datasheet, Rev. 29.11.2010. www.vishay.com

19. P Series. High Precision Wraparound — Wide Ohmic Value Range Thin Film Chip Resistors. Technical Datasheet, Rev. 14.02.2011. www.vishay.com

20. MAX4208: Ultra-Low Offset/Drift, Precision Instrumentation Amplifiers with REF Buffer. Technical Datasheet, Rev.1, 04.2009. www.maxim-ic.com

21. MAX11201: 24-bit, Single-Channel, Ultra-Low-Power, Delta Sigma ADC with 2-Wire Serial Interface. Technical Datasheet, Rev.0, 06.2010. www.maxim-ic.com

22. MAX8510: Ultra-Low-Noise, High PSRR, Low-Dropout, 120 mA Linear Regulators. Technical Datasheet, Rev.3, 05.2006. www.maxim-ic.com

23. PRAHR PRA HR (CNW HR) Series. ESA Qualified High Precision Thin Film Chip Resistor Arrays. Technical Datasheet, Rev. 04.10.2010. www.vishay.com

24. Platinum SMD Flat Chip Temperature Sensor. PTS Series. Technical Datasheet, Rev. 11.03.2011. www.vishay.com

25. Даташит ATmega16-16PU datasheet Atmel microcontrollers <http://datasheet.su/datasheet/Atmel/ATMEGA16-16PU>

26. Хартов В.Я. Микроконтроллеры AVR. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2007. - 242 с. http://www.bookwork.ru/book/hartov_avr

27. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки СН 2.2.4/2.1.8.562-96
http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=711
28. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. - М.: Энергия, 1990. - 312с.
29. РД 34.45-51.300-97 Объем и нормы испытаний электрооборудования
http://snipov.net/c_4691_snip_103956.html
30. ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» <http://files.stroyinf.ru/Index/44/44030.htm>
31. ГОСТ 12.1.012-90 "Вибрационная безопасность. Общие требования"
<http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-012-90-ssbt>
32. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. - М.: Изд-во Юрайт, 2013. - 671с.
33. Безопасность жизнедеятельности: учебник для высших учебных заведений Министерства образования и науки РФ // В.Н. Азаров, А.И. Ажгиревич, В. А. Грачёв и др.; под общ. ред. В.В. Гутенёва. - М. - Волгоград: ПринТерра, 2009. - 512с
34. РД 16.407-2000 Электрооборудование взрывозащищенное. Ремонт
<http://www.gosthelp.ru/text/RD164072000Elektrooborudo.html>
35. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
36. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.
37. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
38. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 2006. - 399 с.

Приложение А.

Характеристика насосов на магистрали

Таблица 24. Основные параметры магистральных насосов серии НМ

Марка насоса	Ротор	Диапазон изменения подачи насоса м ³ /ч	Номинальные параметры			
			Подач а, м ³ /ч	Напо р, м	Допустимый кавитационны й запас, м	КПД, %
НМ 125-550	1,0-0.	90...155	125	550	4	74
НМ 180-500	1,0-0.	135...220	180	500	4	74
НМ 250-475	1,0-0.	200...330	250	475	4	80
НМ 360-460	1,0-0,	225...370	360	460	4,5	80
НМ 500-300	1.0-0,	350...550	500	300	4,5	80
НМ 710-280	1.0-0,	450...800	710	280	6	80
НМ 1250-260	0,7-0	650...1150	900	260	16	82
	1,0-0.	820... 1320	1250		20.	82
	1,25.0.	1100...1800	1565		30	80
НМ 2500-230	0,50	900...2100	1250	230	24	80
	0,7-0.	1300...2500	1800		26	82
	1,0-0.	1700...2900	2500		32	85
	1,250	2400...3300	3150		48	85
НМ 3600-230	0,5-0	1300...2600	1800	230	33	82
	0,7-0	1600...2900	2500		37	85
	1,0-0	2700...3900	3600		40	87
	1,25-0	3600...5000	4500		45	84
НМ 7000-210	0,5-0	2600...4800	3500	210	50	80
	0,7-0	3500...5400	5000		50	84
НМ 7000-210	1,0-0	5400...8000	7000	210	60	89
	1,25-0	7000...9500	8750		70	88
НМ 10000-210	0,5-0	4000...6500	5000	210	42	80
	0,7-0	5500...8000	7000		50	85
	1,0-0	8000... 11000	10000		70	84
	1,25-0	10000...1300	12500		80	88

Приложение Б.

Таблица 2. Терморезисторы с отрицательным ТКС (Сопротивление уменьшается при росте температуры)

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений при 20°C, кОм обычно ряд Е6 или ряд Е12	Допуск %	Максимальная мощность при 20°C, мВт	Диапазон рабочих температур, °C	ТКС при 20°C, %°C	Постоянная В, К	Постоянная времени t сек.	Вид и область применения
ММТ-1	12 - :- 220	±20	500	-60 -:- 125	2,4 -:- 5	2060 -:- 4300	85	Измерения
ММТ-4	1-:-220	±20	560	-60 -:- 125	2,4 -:- 5	2060 -:- 4300	115	Измерения
ММТ-6	10-:-100	±20	50	-60 -:- 125	2,4-:-5	2060-:-4300	35	Измерение
ММТ-8	1 Ом -:- 1	±10,±20	600	-60 -:- 70	2,4 -:- 4	2060-:-3430	900	Термокомпенсация
ММТ-9	10 Ом -:-4,7	±10,±20	900	-60 -:- 125	2,4-:-5	2060-:-4300	-	
ММТ-12	0,0047 - 1	±30	700	-60 -:- 125	2,4-:-4	2060-3430	-	Термокомпенсация
ММТ-15	750Ом-:-1,21	-	-	-60 -:- 125	2,6-:-4	2230-:-3430		-
ММЕ-13	0,01 - 2,2	±20	600	-60 -:- 125	2,4-:-5	2060-4300	-	Термокомпенсация
КМТ-1	22 -:- 1000	±20	1000	-60-:-180	4,2-:-8,4	3600 -:-7200	85	Измерения
КМТ-4	22-:-1000	±20	650	-60 -:- 125	4,2-:-8,4	3600 -:-7200	115	Измерения

Приложение В

Архитектура микроконтроллера

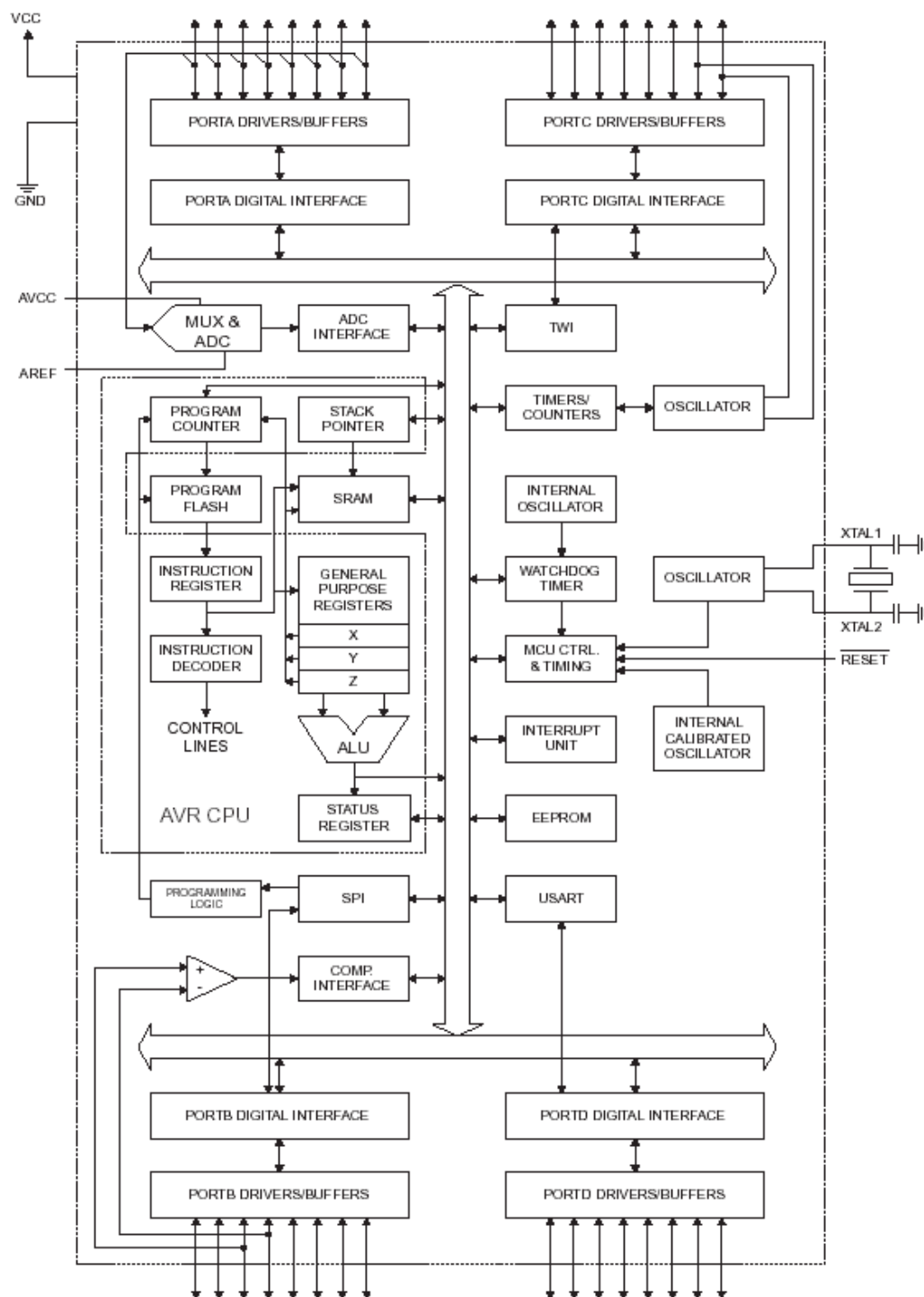
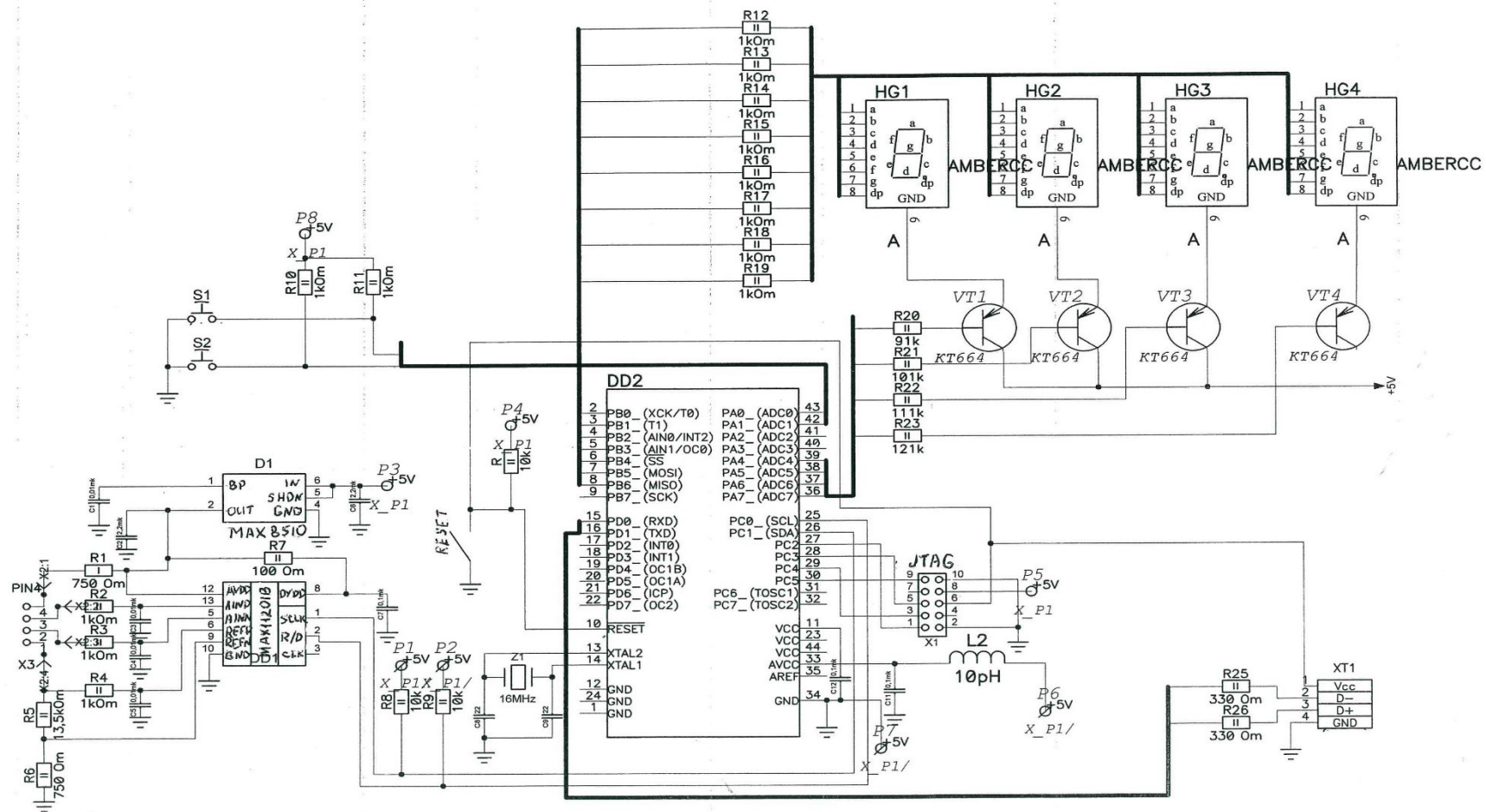


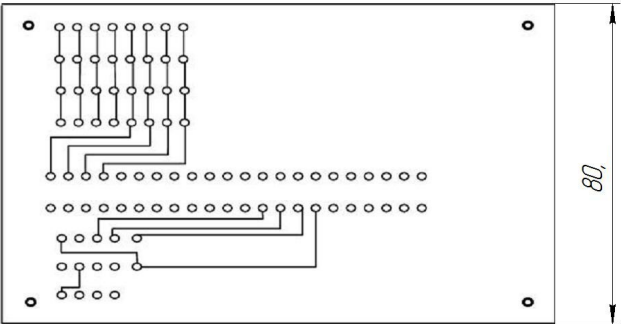
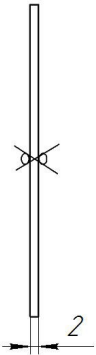
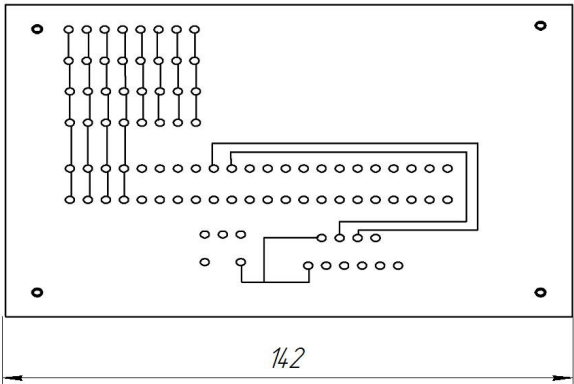
Рисунок 1. Структурная схема ATmega16

Приложение Г



Приложение Д

ФЮРА.01101.002



- 1. Плату изготовить комбинированным методом.
- 2. Проводники условно обозначенные сплошными линиями, выполнить шириной 0,25 мм, расстояние между проводниками 0,3 мм.
- 3. Плата должна соответствовать ГОСТ 23751-86.
- 4. Неуказанные предельные отклонения размеров выполнить Н12, h12

Условное обозначение отверстия	Диаметр отверстия, мм	Диаметр сверловки с двух сторон, мм	Наличие металлизации а. отв.	Диаметр контактной площадки	Количество отверстий
⌀	3	-	метал.	3	4
⌀	0,3*0,5	1*70	метал.	15	38
⌀	0,9	-	метал.	-	52

ФЮРА.01101.002					
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Печатная плата	
Разраб.	Лобурьев Е.О.				
Проб.	Степанов А.Б.			СТФ-2-70-0,2 мм	
Т.контр.	Степанов А.Б.				
Н.контр.				ТПУ ИнЭО гр. 3-1401	
Утв.					

Копировал

Формат А3

Приложение Е

