

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

Школа Инженерная Школа Информационных Технологий и Робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение Автоматизации и Робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы охлаждения электрощитовых помещений
УДК 004.896:665.63.012-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Банников Сергей Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР	Фаерман В.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ОСГН	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Е.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громков Е.И.	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Школа Инженерная Школа Информационных Технологий и Робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение Автоматизации и Робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4Б	Банников Сергей Павлович

Тема работы:

<i>«Проектирование системы охлаждения электрощитовых помещений»</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2183/с от 28.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>Описание электрощитового помещение цеха завода «ТехноНИКОЛЬ» с суммарными теплотерями 5,3 кВт Техническая документация на контроллер ОВЕН ПЛК73</p>
--	--

<p>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></p>	<p>Титульный лист Задание Реферат Оглавление Введение Раздел 1. Теоретическое описание исследуемого объекта Раздел 2. Разработка системы Раздел 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Раздел 4. Социальная ответственность Раздел 5. Результаты работы Заключение Список литературы</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Приложение А – функциональная схема автоматизации системы</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Хаперская Алена Васильевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Невский Егор Сергеевич</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p style="text-align: center;">-</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Фаерман В.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Банников Сергей Павлович		

РЕФЕРАТ

Дипломная работа содержит 71 страницу, 20 таблиц, 22 рисунка, 30 источников, 1 лист графического материала.

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОЩИТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ, ОХЛАЖДЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДЕЦИОНИРОВАНИЕ, ПРОЕКТ.

Целью данной дипломной работы является проектирование системы охлаждения и вентиляции помещения электрощитовой производственного цеха ООО «ТехноНИКОЛЬ» (г. Юрга), проведенное для ООО «СиТи-Томск» (г. Томск). Проведен конструкторский расчет мощности приточных и вытяжных устройств вентиляции с механическим побуждением, а также произведен подбор оборудования согласно необходимым параметрам. В результате работы программа управления системой вентиляции была реализована в программном комплексе CoDeSyS и может быть использована в похожих проектах.

В данной работе использованы расчетно-аналитические методы. Применимость: данная работа может быть использована при установлении в помещении электрощитовой безопасных условий для электрооборудования. Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2010 с использованием программ КОМПАС-3D 2015, MathType, MathCAD.

Оглавление

Введение.....	13
1. Теоретическое описание исследуемого объекта.....	15
1.1 Технические регламенты, определяющие нормы температуры в электрощитовой.....	15
1.2 Климатические факторы и их влияние на оборудование в электрощитовой.....	16
1.2.1 Причины и последствия появления высокой температуры внутри электрощитовых	16
1.2.2 Причины появления конденсата в электрощитовых	18
1.3 Характеристика объекта	19
1.3.1 Общая информация о предприятии.....	20
1.3.2 Характеристика помещения электрощитовой	21
1.3.3 Географическое положение объекта	22
2. Разработка системы.....	24
2.1 Общие сведения о системе.....	24
2.2 Принцип работы системы	25
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	26
2.4 Аппаратная часть системы	30
2.4.1 Расчет необходимых параметров оборудования	30
2.4.2 Выбор датчиков температуры.....	31
2.4.3 Выбор нагревателя	33
2.4.4 Подбор вентиляторов для системы	34
2.4.5 Подбор ПЧВ.....	35
2.4.6 Подбор заслонки-шибера и привода	35
2.5 Программная часть проекта	36
2.5.1 Описание среды программирования.....	37
2.5.2 Алгоритм управления	42
2.5.3 Программа на языке ST	44
2.6 Внедрение на предприятие.....	45
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	47

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
3.1.1 Потенциальные потребители продукта	48
3.1.2 Анализ конкурентоспособности.....	49
3.1.3 SWOT-анализ.....	50
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	52
3.3 Бюджет научно-технического исследования	55
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.....	55
4. Социальная ответственность	58
4.1 Требования к помещению электропитовой.....	59
4.2 Электробезопасность	60
4.3 Взрывопожарная и пожарная безопасность	62
4.4 Выводы по безопасности установки	66
5. Результаты работы	67
Заключение	68
Список использованной литературы и источников.....	69
Приложение А – Функциональная схема автоматизации	

Введение

Автоматизация все чаще начинает проникать в ход технологического процесса на производстве. Первоначально осуществлялась лишь частичная автоматизация некоторых процессов. В дальнейшем сфера применения автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУ ТП) расширилась настолько, что невозможно представить более-менее современное производство без применения промышленных логических контроллеров, а также систем диспетчеризации и визуализации хода процесса. При полной автоматизации работа персонала предприятия ограничивается лишь общим наблюдением за ходом технологического процесса, настройкой аппаратуры и контролем качества конечного продукта. Все чаще в задачи АСУ ТП включается автоматическая перенастройка оборудования при изменении условий работы, увеличивается количество установок, отдельных линий, цехов и даже предприятий, работающих без участия обслуживающего персонала.

В настоящее время различают четыре основных достоинства автоматизации, которые обуславливают задачи и цели ее осуществления. Первым таким достоинством является возможность повышения производительности. Наряду с этим все чаще ставится вопрос о повышении качества и надежности производимой продукции. Вторая особенность автоматизации обусловлена возможностью управления производственным процессом в опасных, труднодоступных или вообще недоступных для человека сферах (забои горных предприятий, химические реакторы, ядерные двигатели, атомные электростанции, космические приборы и аппараты и др.). Третья особенность состоит в возможности понижения вероятности ошибок в ходе технологического процесса, из-за замены человека машиной при решении задач, требующих трудоемких и длительных вычислений. К четвертой особенности относится повышение профессионального уровня

обслуживающего персонала, в результате чего характер труда меняется с физического на умственный.

Как правило, современные комплексы АСУ ТП можно разделить на 2 условные части. Для «верхнего» уровня при помощи программных пакетов проектируются системы диспетчеризации и визуализации хода технологического процесса (на экране станции диспетчера создаются мнемосхемы технологических процессов, создаются базы данных, устанавливаются предельные значения параметров, конфигурируются тренды и т. д.). На «нижнем» уровне располагаются технологические объекты, оборудованные средствами автоматизации (контроллерами, датчиками, исполнительными устройствами). Целью данного дипломного проекта является разработка автоматизированной системы управления температурой в электрощитовой, ее функциональной схемы автоматизации и использование на базе необходимого полевого и контроллерного оборудования и соответствующего программного обеспечения.

1. Теоретическое описание исследуемого объекта

Электрощитовые помещения предназначены для установки шкафов управления с различными приборами и оборудованием для электроснабжения жилых домов, промышленных и коммерческих зданий и сооружений. Наличие аппаратуры в электрощитовых приводит к образованию значительного количества тепла, избытки которого необходимо выводить естественным или механическим путём.

1.1. Технические регламенты, определяющие нормы температуры в электрощитовой

Согласно СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий» [1], п. 13.4, все без исключения электрощитовые помещения должны обеспечиваться вентиляцией, при этом температура внутри не должна опускаться ниже 5 °С.

Приведенное выше правило повторяется и в ПУЭ: «Воздух, поступающий в остановленные электрические машины, должен иметь температуру не менее плюс 5 °С. Температура воздуха для охлаждения работающих электрических машин не должна превышать плюс 40°С. Не лишним будет отметить, что воздух для охлаждения электрических машин должен быть очищен от пыли» [2].

На практике обычно тепловой режим поддерживается около +16 °С, так как уже при $t=+7$ °С в помещении электрощитовой с большой вероятностью образуется конденсат, что губительно для электрооборудования. В Российской Федерации рекомендованная температура в технических регламентах не указана, однако, если говорить про другие страны, то в Республике Беларусь, к примеру, данное правило подтверждается ТКП 45-3.02-209-2010, согласно которому рекомендуемая температура воздуха внутри электрощитовой в холодное время года должна быть около +16 °С [3].

При учете требований к электрощитовым помещениям большое значение стоит уделить вентиляции помещения. Вентиляция необходима для отвода излишнего тепла, при этом разница между температурами выходящего и входящего в помещение воздуха должна быть не более 18 °С. Это требование введено для исключения образования конденсата, который губителен для электрического оборудования. Вентиляция для электрощитовых не должна быть связана с другими системами. Стенки вентиляционных каналов и шахт должны быть изготовлены из негорючего материала, а каналы и проемы расположены так, чтобы при образовании в них влаги она не могла стечь на оборудование. Если электрощитовая расположена в помещениях с нормальной средой, то воздух можно забирать непосредственно из цеха.

При вентиляции электрощитовых помещений, находящихся в помещениях пыльных или с воздухом, содержащим токопроводящие или разъедающие примеси, воздух должен забираться снаружи или очищаться.

1.2. Климатические факторы и их влияние на оборудование в электрощитовой

Микроклиматические условия в электрощитовой в значительной степени влияют на надежность оборудования. Прежде всего, приборы в шкафах управления зависят от температуры и влажности.

1.2.1. Причины и последствия появления высокой температуры внутри электрощитовых

Появление избыточного тепла и влаги в помещении электрощитовой опасно своими последствиями: интуитивно понятно, что надежность электронных компонентов различных устройств будет ниже при превышении границ рекомендуемых температур. Исследованием зависимости интенсивности отказов оборудования от температуры занимались Иванов

И.А., Королев П.С. и Полесский С.Н. [4]. С результатами их работы можно ознакомиться на рисунке 1.

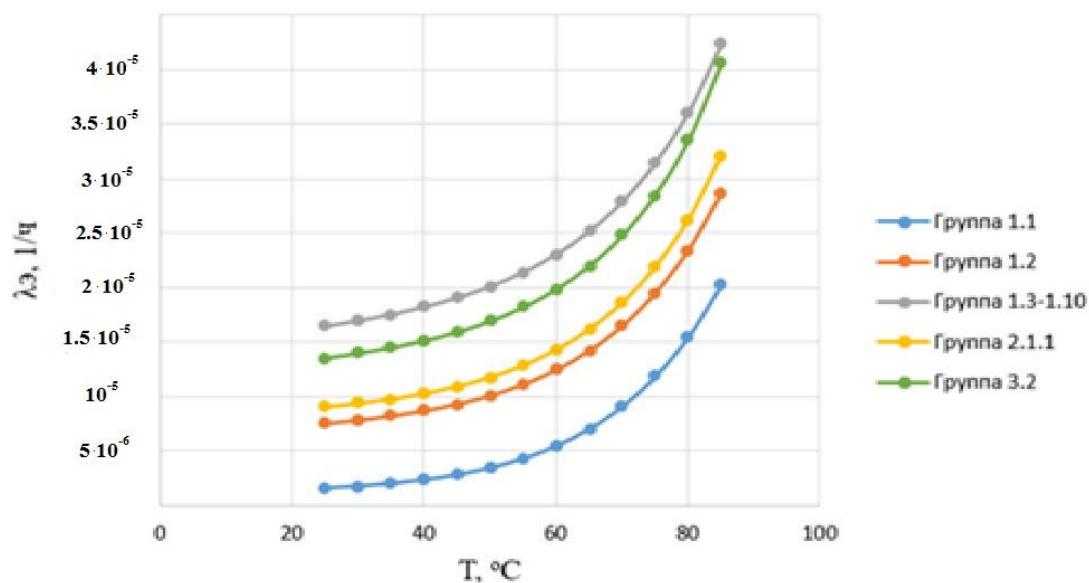


Рисунок 1 – Графики зависимостей интенсивности отказов от температуры

Как видно из рисунка, интенсивность отказов различных групп технических устройств с повышением температуры растет по экспоненциальному закону. Таким образом, можно заключить, что поддержание нормальной температуры в помещении электрощитовых – очень важная задача, как в плане безопасности производства, так и его экономики, ведь в случае внезапного отказа оборудования предприятие несет убытки.

Рассмотрим причины появления избыточных температур в электрощитовой. Основными нагревателями воздуха являются сами приборы в щитах, выделяющие тепло. КПД любой реальной машины не может быть 100%, что доказано первым и вторым законами термодинамики. Вспоминается тут и закон Джоуля-Ленца, согласно которому в проводнике с током происходят процессы выделения тепла в окружающую среду.

Также тепло передается излучением из смежных помещений, в которых температура может быть выше. Как правило, электрощитовые помещения соседствуют в здании предприятия с обычными офисами,

которые, согласно нормативно-техническим регламентам [1, 5-6], нагреваются до комфортной человеку температуры.

1.2.2. Причины появления конденсата в электрощитовых

Говоря о вентиляции электрощитовых помещений, нельзя не упомянуть опасность возникновения конденсата. Очень важно предусмотреть в разрабатываемой системе функцию защиты от излишней влаги в помещении, и, в частности, на электрооборудовании.

С физической точки зрения, главным понятием в появлении конденсата является так называемая «точка росы» [7]. Точка росы – это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы пары воды, находящиеся в нем, начали конденсироваться. Этот параметр зависит, прежде всего, от относительной влажности воздуха в помещении: чем выше влажность, тем точка росы выше и, таким образом, ближе к фактической температуре воздуха.

Для точного расчета точки росы необходимо знать влажность воздуха и его температуру. Психрометр (гигрометр психрометрический) — прибор для измерения влажности воздуха и его температуры. Психрометр состоит из двух спиртовых термометров, один из них — обычный сухой термометр, а второй имеет устройство увлажнения. Вследствие испарения влаги, увлажнённый термометр охлаждается. Чем ниже влажность, тем меньше его температура. При 100% влажности показания термометров одинаковы. Для определения относительной влажности используют психрометрическую таблицу. Такие приборы в настоящее время используются только в лабораторных условиях.

Некоторые модели термогигрометров имеют также индикацию точки росы.

Подробнее точку росы для различных значений влажности и температуры помещения можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица для определения точки росы

Относительная влажность, %	Температура шарика сухого термометра, °С										
	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
20	-20	-18	-16	-14	-12	-9,8	-7,7	-5,6	-3,6	-1,5	-0,5
25	-18	-15	-13	-11	-9,1	-6,9	-4,8	-2,7	-0,6	1,5	3,6
30	-15	-13	-11	-8,9	-6,7	-4,5	-2,4	-0,2	1,9	4,1	6,2
35	-14	-11	-9,1	-6,9	-4,7	-2,5	-0,3	1,9	4,1	6,3	8,5
40	-12	-9,7	-7,4	-5,2	-2,9	-0,7	1,5	3,8	6	8,2	10,5
45	-10	-8,2	-5,9	-3,6	-1,3	0,9	3,2	5,5	7,7	10	12,3
50	-9,1	-6,8	-4,5	-2,2	0,1	2,4	4,7	7	9,3	11,6	13,9
55	-7,8	-5,6	-3,3	-0,9	1,4	3,7	6,1	8,4	10,7	13	15,3
60	-6,8	-4,4	-2,1	0,3	2,6	5	7,3	9,7	12	14,4	16,7
65	-5,8	-3,4	-1,0	1,4	3,7	6,1	8,5	10,9	13,2	15,6	18
70	-4,8	-2,4	0	2,4	4,8	7,2	9,6	12	14,4	16,8	19,1
75	-3,9	-1,5	1	3,4	5,8	8,2	10,6	13	15,4	17,8	20,3
80	-3,0	-0,6	1,9	4,3	6,7	9,2	11,6	14	16,4	18,9	21,3
85	-2,2	0,2	2,7	5,1	7,6	10,1	12,5	15	17,4	19,9	22,3
90	-1,4	1	3,5	6	8,4	10,9	13,4	15,8	18,3	20,8	23,2
95	-0,7	1,8	4,3	6,8	9,2	11,7	14,2	16,7	19,2	21,7	24,1
100	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25

Необходимо помнить, что искомые значения температуры для различных ситуаций рассчитывают с помощью психрометра и таблиц согласно техническим регламентам [7]. В случае, когда точных значений температуры или влажности в таблице не наблюдается, для нахождения нужного результата необходимо применить метод интерполяции.

1.3. Характеристика объекта

Для проектирования любой автоматизированной системы управления важно понимать, какие именно процессы проходят на предприятии. Рассмотрим более детально предприятие, на котором будет установлена разрабатываемая система.

1.3.1. Общая информация о предприятии

Система подлежит установке в одном из цехов завода корпорации «ТехноНИКОЛЬ» по производству кровельных гидроизоляционных материалов в г. Юрга. Он приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Завод «ТехноНИКОЛЬ»

Система будет располагаться в цехе по производству наплавляемой мягкой кровли, оснащенный производственными линиями компаний ООО «Кровмонтаж» и «Boato International», общей производственной мощностью 120 000 м²/сутки. Немного подробнее о том, что собой представляет предприятие и данный цех, в частности.

Компьютерная система управления производственными линиями позволяет добиться высокой производительности при минимальном количестве рабочего персонала. Это позволяет минимизировать влияние, так называемого, «человеческого фактора» и, в конечном итоге, гарантирует как высокое качество, так и доступные цены готовой продукции. Процесс изготовления продукции полностью автоматизирован и производится под непосредственным контролем оператора миксерного отделения. Разработана и смонтирована система выгрузки сырья, поступающего на завод по

железнодорожной дороге, благодаря чему скорость выгрузки увеличена в несколько раз. На предприятии активно ведется работа по повышению производительности труда и снижению затрат, например, установлены датчики расхода энергоресурсов, позволяющие в режиме on-line контролировать их рациональное использование [8].

1.3.2. Характеристика помещения электрощитовой

Помещение электрощитовой имеет размеры – 3,5×4×2,5 м. Ширина проходов в комнате составляет не менее 0,8 м, высота каждого прохода в свету 2,4 м. Ширина прохода в достаточной мере обеспечивает удобное обслуживание шкафов и перемещение оборудования. В отдельных местах проходы заужены различными строительными конструкциями, при этом ширина коридора в этих местах соответствует заявленным в регламентах нормам и составляет 0,6-0,7 м. Схема электрощитовой приведена на рисунке 3.

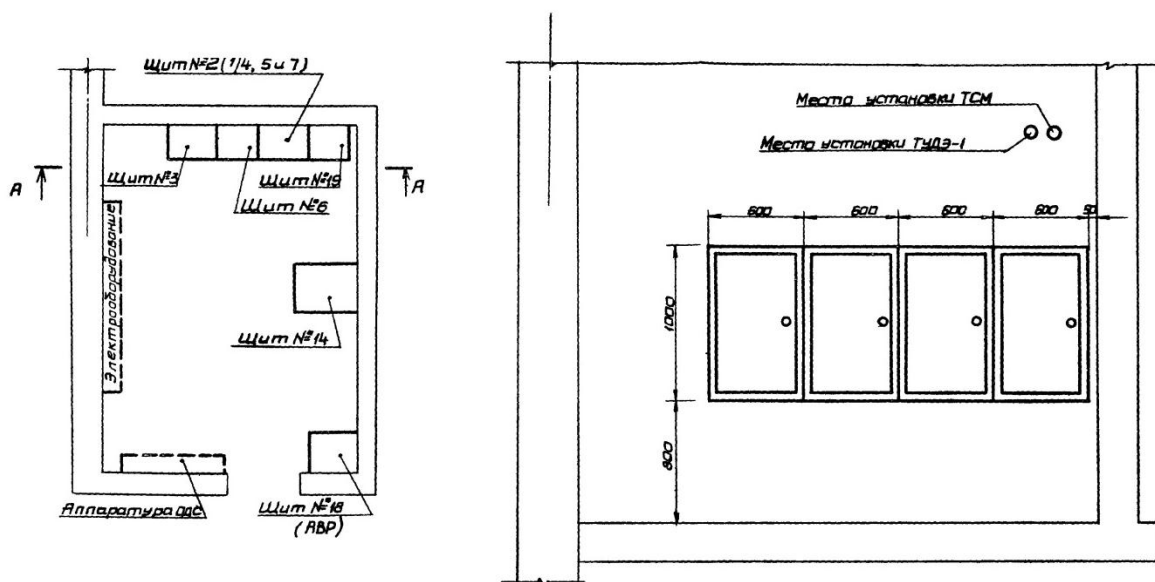


Рисунок 3 – Схема исследуемого электрощитового помещения

Комната расположена в угловом пространстве здания, две стены являются наружными, что позволяет брать воздух извне и сделать вентиляционные каналы наименее сложной геометрии и не учитывать

сопротивление в каналах воздухопроводов. Остальные две стены соседствуют с офисными помещениями с температурой 22 °С.

Помещение отапливается системой водяного отопления, что позволяет в разрабатываемой системе не учитывать возможность понижения температуры воздуха в комнате ниже положенных по регламенту 5 °С.

В этом пространстве расположены устройства управления технологическим процессом, а также приборы контроля и учета качества протекаемого технологического процесса. Суммарные теплотери электрооборудования составляют 5,3 кВт, при мощности установленного оборудования в 420 кВт.

1.3.3. Географическое положение объекта

Месторасположение завода (г. Юрга, Кемеровская обл.) позволяет охватить весь рынок Сибирского региона и Дальнего Востока (рисунок 4).

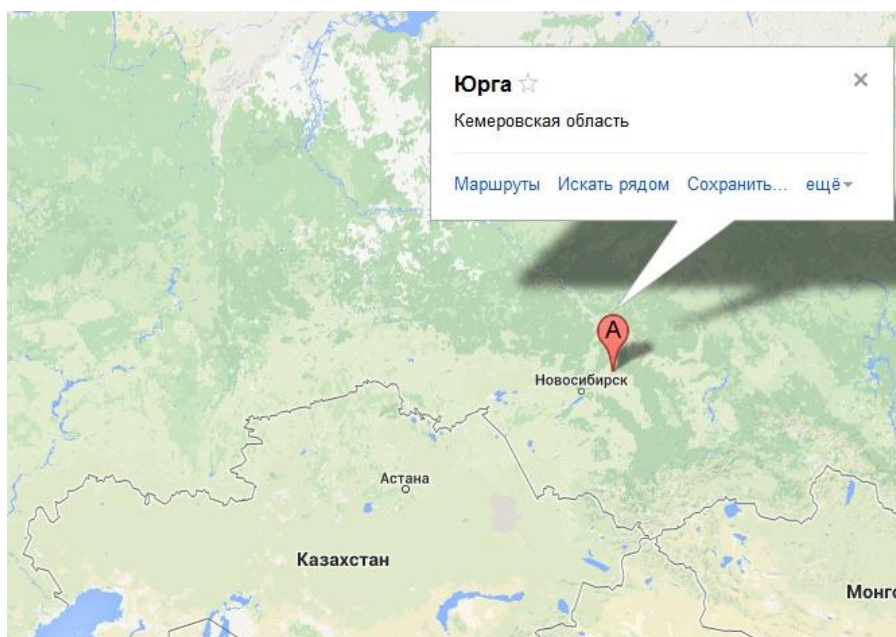


Рисунок 4 – Географическое положение исследуемого объекта

При всех своих положительных сторонах, такое географическое расположение имеет и недостатки. Относительно систем охлаждения и вентиляции главный из таких недостатков – температура окружающего

воздуха. В таблице 2 приведены среднемесячные показатели температуры в городе.

Таблица 2 – Среднемесячные температуры воздуха в г. Юрга

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Среднемесячная температура, °С	-13°/-21°	-11° / -19°	-2°/-12°	7°/-3°	17°/5°	23°/11°
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Среднемесячная температура, °С	25°/13°	22°/10°	15°/5°	6°/-2°	-4°/-11°	-11°/-19°

Как видно из таблицы 2, зимой температура окружающего воздуха в городе опускается много ниже 0 °С в условиях достаточно высокой влажности. Это заставляет проектировщиков систем вентиляции и охлаждения относиться к своей работе более тщательно, ведь при подмесе холодного воздуха с улицы в теплое помещение возможно выпадение конденсата. В проектируемой системе данная проблема решена с помощью включения в цепь подачи холодного воздуха через электрический нагреватель. Данный метод позволяет не заботиться о разности температур в потоках, что делает систему более устойчивой к неблагоприятным внешним условиям.

2. Разработка системы

В данном разделе рассмотрены вопросы расчета мощности, подбора электрооборудования, разработки общего алгоритма работы системы. Также приведен алгоритм работы проекта и код программы его выполнения, выполненный в программном комплексе CoDeSys.

2.1. Общие сведения о системе

Основными целями создания проектируемой системы управления являются

- а) Увеличение надежности (времени безотказной работы) оборудования в электрощитовой за счет соблюдения правильного температурного режима;
- б) Увеличение безопасности эксплуатации оборудования в электрощитовой;
- в) Сокращение времени отклика на отказ системы за счет визуализации;
- г) Сокращение расходов на обслуживание устройств в электрощитовой.

Разрабатываемая система предназначена для контроля температуры воздуха в электрощитовой. Она должна поддерживать возможность постоянного мониторинга датчиков температуры, а также автоматическое поддержание температуры ниже установленного значения. Значение всех уставок, параметров контроля, а также остальных параметров задается на автоматизированном рабочем месте в диспетчерском пункте.

Что касается функциональных требований к системе, согласно пожеланиям заказчика, комплекс системы автоматизации должен быть выполнен на основе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК73. Система должна обеспечивать реализацию следующих функций

- а) Измерение температуры воздуха внутри электрощитовой;

- б) Автоматическое поддержание температуры воздуха ниже заданной;
- в) Автоматические защиты, блокировки и сигнализации для безопасной и надежной работы системы;
- г) Передача значений на верхний уровень управления (визуализация);
- д) Поддержка изменения параметров с пульта диспетчерского управления (диспетчеризация).

2.2. Принцип работы системы

Упрощенная схема разрабатываемой системы приведена на рисунке 5. Первый контур регулирования включает в себя датчик температуры **T1** и вентилятор **V1**. При достижении температурой значения уставки включается вентилятор, охлаждающий воздух. Частота вращения вентилятора пропорциональна превышению температурой уставки.

При работе вентилятора **V1** на полную мощность открывается заслонка **Z**, после чего включается вентилятор **V2**, производящий в комнату подмес холодного наружного воздуха. При этом необходимо учесть возможность выпадения конденсата внутри щитовой при слишком большой разнице внутреннего и наружного воздуха. Для устранения этого эффекта необходим нагреватель **N**. Он включается при значительном отклонении температуры наружного воздуха от температуры внутри щитовой. Для измерения и контроля этих температур необходимы датчики температуры **T2**, **T_{наруж}** соответственно.

В любом режиме работы системы охлаждения в рабочем состоянии находится вентилятор **V3**, установленный в вытяжной системе. Такой метод работы способствует противопожарной защите для удаления из помещения дыма и опасных газов при чрезвычайных ситуациях.

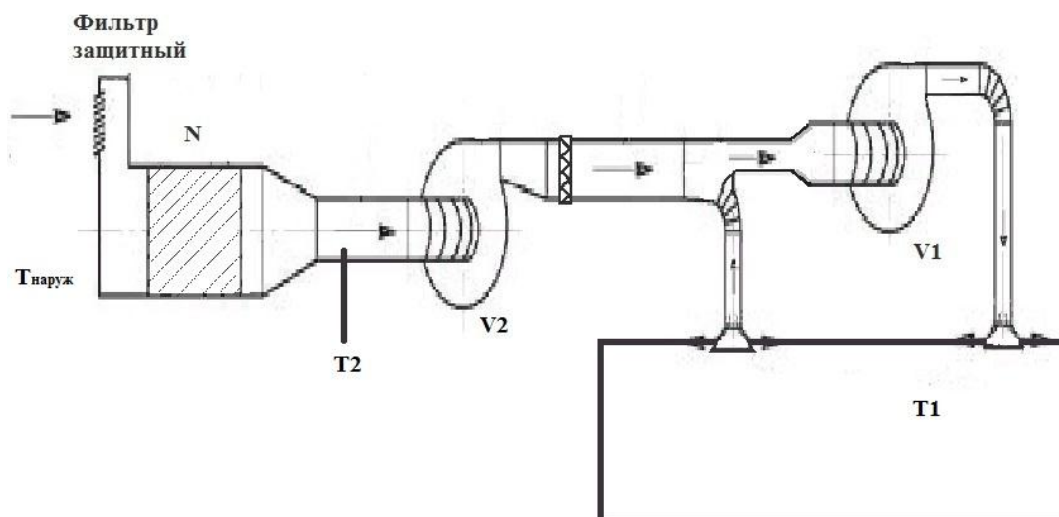


Рисунок 5 – Упрощенная схема охлаждения электрощитовой, где: V_1 , V_2 – вентиляторы 1 и 2 соответственно, Z - задвижка, N –нагревательный элемент, T_1 , T_2 , $T_{\text{наруж}}$ –датчики температуры, установленные в щитовой, у нагревателя и снаружи соответственно

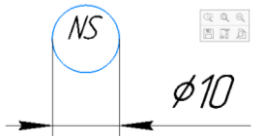
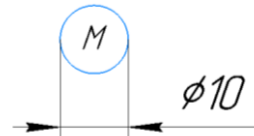
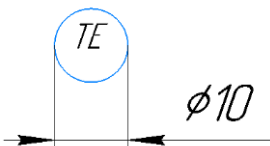
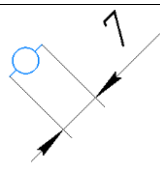

Одним из наиболее важных шагов в проектировании системы является правильный подбор электрооборудования, как датчиков, так и исполнительных устройств.

2.3. Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является одним из главных документов на проектируемую установку, она определяет структуру и объем автоматизации электроустановок и агрегатов исследуемого объекта. ФСА представляет собой чертеж, на котором условными обозначениями изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации. Как правило, такие схемы выполняют на одном чертеже, на котором изображают аппаратуру всех систем контроля, регулирования, управления и сигнализации, относящуюся к данной технологической установке. На основании ФСА выполняют остальные чертежи проекта и заказные спецификации приборов и средств автоматизации.

Технологическое оборудование и коммуникации на схеме отображают в сокращенном виде, без устройств вспомогательного назначения. Масштаб при этом не соблюдается. Изображенная таким образом технологическая схема должна давать полное представление о принципе работы и взаимодействии со средствами автоматики. В таблице 3 приведены пояснения к показанным на чертеже устройствам.

Таблица 3 – Используемые в схеме сокращения

Название технологического оборудования	Используемое сокращение
Пускатель магнитный	
Двигатель	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) температуры	
Заслонка регулирующая	
Вентилятор	

Всем устройствам автоматизации, отображенным на ФСА, устанавливают определенные позиции, сохраняющиеся во всех документах проекта. Позиционные обозначения выполняют арабскими цифрами. На стадии рабочей документации и при одностадийном проектировании позиционные обозначения приборов и средств автоматизации образуются из двух частей: арабских цифр — номера функциональной группы и строчных букв русского алфавита — номера прибора и средств автоматизации в данной функциональной группе.

Позиции в ФСА ставят, как правило, в нижней части окружности, обозначающей прибор. Для работы по схемам автоматизации необходимо иметь пояснительную записку к проекту, опись чертежей и спецификацию на приборы, средства автоматизации, электроаппаратуру и запорную арматуру.

При чтении схем автоматизации рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1) изучить все подписи — основную надпись чертежа, примечания, ссылки на вспомогательные чертежи и другие документы;

2) изучить технологический процесс и взаимодействие всех участвующих в нем установок, начиная с ознакомления с пояснительными записками к системе автоматизации;

3) определить иерархию и порядок точек контроля и управления исследуемым технологическим процессом;

4) установить перечень точек контроля и управления устройствами, предусмотренных схемой.

На рисунке 6 показана часть функциональной схемы автоматизации проекта. Полный чертеж приведен в приложении А.

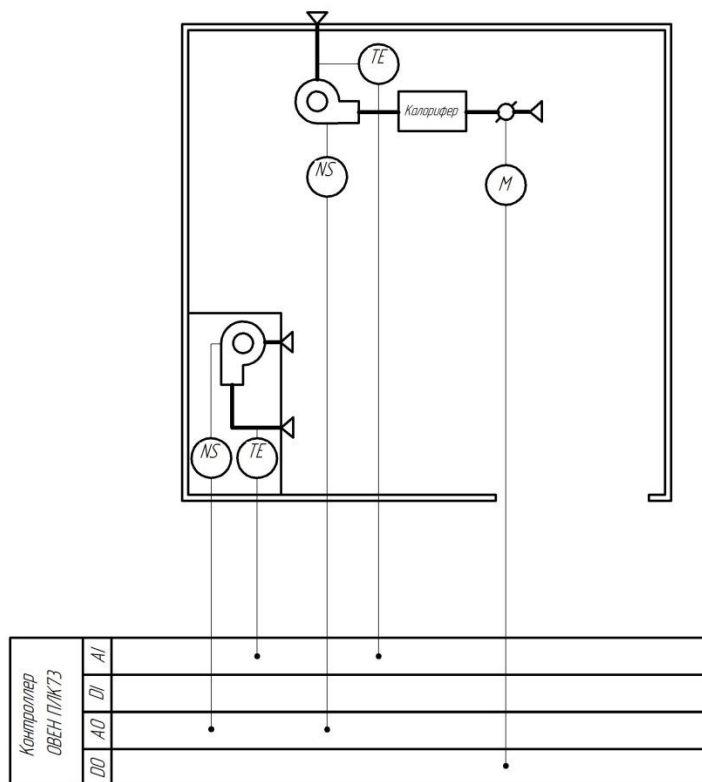


Рисунок 6 – Функциональная схема автоматизации проекта

В нижней части рисунка располагают таблицу, обозначающую входы программируемого логического контроллера. В нашем случае это ОВЕН ПЛК73, имеющий 16 входов (8 из которых являются аналоговыми) и 8 выходов. Используемые сокращения для различных типов разъемов показаны в таблице 4.

Таблица 4 – используемые сокращения для типов разъемов на ПЛК

Тип разъема	Используемое сокращение
Аналоговый вход	AI
Цифровой выход	DI
Аналоговый выход	AO
Цифровой выход	DO

2.4. Аппаратная часть системы

2.4.1. Расчет необходимых параметров оборудования

Для правильного подбора вентиляторов необходимо рассчитать их минимальную производительность. Для этого считаем объем помещения V :

$$V = a \cdot b \cdot h \quad (1)$$

, где: a – длина помещения, м; b – ширина помещения, м; h – высота потолка над полом, м. Подставляя значения размеров комнаты, получим:

$$V = 10 \cdot 5 \cdot 2,5 = 125 \text{ м}^3$$

Данный объем воздуха будет нагреваться теплом, исходящим от электрооборудования на температуру, рассчитанную в формуле (2) [9]:

$$\Delta T = \frac{Q}{c \cdot m} = \frac{W \cdot 3600}{c \cdot \rho \cdot V} = \frac{5300 \cdot 3600}{1006 \cdot 1,2041 \cdot 125} = 133,144 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2)$$

Примем начальную температуру воздуха за $20 \text{ }^\circ\text{C}$, а максимальную температуру в помещении за $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (при таком значении частоты отказа оборудования еще можно считать низкими) [1]. Теперь несложно посчитать, сколько раз объем внутреннего воздуха в комнате должен замениться согласно формуле (3) [10]:

$$n = \frac{\Delta T}{T_{\max} - T_{\min}} = 6,657 \quad (3)$$

Объем приточного и вытягиваемого из помещения воздуха рассчитывается по формуле (4):

$$L = n \cdot V = 6,657 \cdot 125 = 832,125 \text{ м}^3 \quad (4)$$

При выборе вентиляторов стоит учитывать, что минимальная производительность каждого из них должна равняться полученному значению L .

Мощность калорифера рассчитывается с учетом производительности системы вентиляции, установленной температуры воздуха на выходе системы и минимальной температуры наружного воздуха согласно технических регламентов. Два последних параметра определяются СНиП 23-

01-99 [11]. Минимальная температура наружного воздуха зависит от климатической зоны, например, для Тайги, наиболее близкого в регламенте населенного пункта к Юрге, она равна $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рассчитывается как средняя температура самой холодной пятидневки самого холодного месяца). Таким образом, при включении калорифера на полную мощность поток воздуха должен нагреваться на $56\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Необходимая мощность нагревателя P рассчитывается по формуле (5):

$$P = \frac{L \cdot 0,36 \cdot \Delta T_{\text{наруж}}}{1000}, \quad (5)$$

где: L – воздушный поток, проходящий через нагреватель, $\text{м}^3/\text{ч}$; $\Delta T_{\text{нагр}}$ – разность температур уличного и подмешиваемого воздуха, $^{\circ}\text{C}$. За температуру подмешиваемого воздуха необходимо брать самую низкую температуру воздуха согласно СНиП 23-01-99 [12]. Подставляя в формулу (5) значения, получим:

$$P = \frac{832,125 \cdot 0,36 \cdot (16 - (-40))}{1000} = 16,77 \text{ кВт},$$

Найденное значение мощности также необходимо при подборе нагревателя [12].

2.4.2. Выбор датчиков температуры

Выбора датчиков температуры производится согласно следующим пунктам.

а) Выбор диапазона рабочей температуры. Исследуемый объект характеризуется малым и достаточно низким диапазоном изменения температуры среды, примерно от -45 до $+50$ градусов;

б) Величина сигнала выхода. Существуют датчики, выдающие сигнал по току, или в градусах. Так как сигнал будет приниматься на входе ПЛК, достаточно простой интерпретации температуры воздуха в токовом отображении;

в) Технические данные: погрешность, разрешение, напряжение, время срабатывания. В системе возможна погрешность измерения температуры до 1-2 градусов.

Установленным требованиям соответствует большое количество видов датчиков температуры, однако целесообразно выбрать термосопротивления, так как этот вариант наиболее прост в настройке и установке, имеет линейные характеристики и отличается достаточной для данных измерений точностью. В таблице 5 приведены характеристики различных вариантов датчиков-термосопротивлений [12-13].

Таблица 5 – Варианты датчиков термосопротивлений

Название датчика	Класс допуска/точности	Диапазон измерений, °С	Схема подключения	Тип выходного сигнала	Цена, руб.
ОВЕН ДТС125Л - 50М.В2.60	В	-50...+125	2-проводная	Сопротивление до 2 кОм	649
ОВЕН ДТС125Л-50М.1,0.60.И	1,0	-50...+80	2-проводная	Ток (4-20 мА)	2360
Dwyer HT11	1,0	-40...60	2-проводная	Ток (4-20 мА)	1750
Schneider Electric STD100-250	0,25	-40...130	2-проводная	Сопротивление до 1,8 кОм	2500

Датчик ОВЕН ДТС125Л-50М.В2.60 в полной мере удовлетворяет вышеприведенным требованиям и был выбран для интеграции в систему. Данный датчик приведен на рисунке 7 [12].



Рисунок 7 – Выбранный для интеграции в систему датчик температуры ОВЕН ДТС125Л-50М.В2.60

2.4.3. Выбор нагревателя

Калорифер используется в приточной системе вентиляции для подогрева наружного воздуха в холодное время года. В таблице 6 указаны различные нагреватели, из которых для проектируемой системы наиболее подходящим является вариант №2, поскольку при достаточно низкой стоимости он с хорошим запасом соответствует рассчитанным выше параметрам.

Таблица 6– Таблица вариантов нагревателя

Название	Мощность, кВт	Диаметр, мм	Напряжение, В	Цена, руб.
Lissant НК-315-18,0	18	315	380	16 676
Airone ЕОК-315-18,0-3Ф	18	315	380	15600
Аэроблок ЕНС 315-16,0	16	315	380	24550

На рисунке 8 показан внешний вид калориферов Lissant и Airone соответственно [14-15].



Рисунок 8 – Электрические калориферы Lissant НК-315-18,0 и Airone EOK-315-18,0-3Φ

2.4.4. Подбор вентиляторов для системы

Канальные вентиляторы предназначены для организации приточных и вытяжных систем вентиляции. В проектируемой системе, прежде всего, важно учитывать номинальную производительность устройства, в соответствии с вышеприведенными расчетами. В таблице 7 представлены варианты вентиляторов, предлагаемых современным рынком приборов автоматизации [16].

Таблица 7 – Варианты вентиляторов для системы

Название	Диаметр, мм	Производительность, м ³ /ч	Мощность, Вт	Напряжение питания, В	Цена, руб.
CYCLONE-EBM 315	315	1700	225	220	7 220
VENT-22280.24VDC.3M RHB	315	500	120	220	12600
Airone BK-315	315	2100	225	220	6500

Из таблицы 7 следует вывод о преимуществах Airone BK-315 (рисунок 9) [17].



Рисунок 9 – Вентилятор Airone BK-315

2.4.5. Подбор ПЧВ

Преобразователь частоты – статическое преобразовательное устройство, необходимое для управления скоростью вращения асинхронных электрических двигателей. Оно делает управление любыми устройствами на базу асинхронных двигателей энергоэффективным и менее затратным. В таблице 8 приведены различные варианты преобразователей частоты для проектируемой системы [18]. Для данной системы выбран ПЧВ101-К37-А.

Таблица 8 – Варианты преобразователя частот

Название	Мощность, кВт	Напряжение питания, В	Точность, %	Цена, руб.
ПЧВ101-К37-А	0,37	220	0,1	8673
ПЧВ101-К18-А	0,18	220	0,1	8319
EASYDRIVE 0,75кВт 3х380В	0,75	380	0,1	12845

2.4.6. Подбор заслонки-шибера и привода

Самой распространенной проблемой при использовании систем вентиляции является неправильное перекрытие приточных или вытяжных каналов, результатом которого становится образование сквозняка. Чтобы решить проблему в вентиляционную шахту устанавливается специальное оборудование, носящее название шибер.

Шибер вентиляционный – это небольшое устройство, исполняющее роль задвижки воздуховодного канала. Для данного проекта была подобрана задвижка российского производства «Гамарт 315» (рисунок 10) [19].



Рисунок 10 – Заслонка для проектируемой системы охлаждения

Для закрытия и открытия задвижки используется привод Gruner 341-230-05 с возвратной пружиной (рисунок 11), обеспечивающей удержание начального положения клапана в случае потери напряжения либо внешнего механического воздействия.



Рисунок 11 – Электрический привод Gruner 341-230-05

2.5. Программная часть проекта

Для надежной и безопасной работы необходимо тщательно продумать программу управления, зашиваемую в ПЛК. В данном подразделе рассматривается программа управления системой охлаждения.

2.5.1. Описание среды программирования

Программная часть проектируемой системы выполняется в CoDeSys V2.3, среде разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК). Она распространяется бесплатно и может быть без ограничений установлена на нескольких рабочих местах. Для контроллеров фирмы OVEN CoDeSys является основной средой разработки [20].

В CoDeSys для программирования доступны 5 определяемых стандартом МЭК-61131 языков:

а) IL («Instruction List» – Список Команд) – «ассемблероподобный» язык, для его практического применения в задачах промышленной автоматизации пользователем, не имеющим, с одной стороны, профессиональной подготовки в области программирования, с другой стороны, являющимся специалистом в той или иной области производства.

IL нечасто используется для программирования сложных составных алгоритмов автоматизированного управления ввиду ненаглядности языка программирования, но часто применяется для кодирования отдельных функциональных блоков, из которых впоследствии складываются более сложные схемы на языках FBD или SFC. Данный язык МЭК 61131-3 позволяет достичь высокой ресурсоэффективности кода: программные блоки, написанные на этом языке, имеют высокую скорость исполнения и требуют мало ресурсов для исполнения [20].

Язык IL имеет все недостатки, которые присущи другим низкоуровневым языкам программирования: высокую трудоемкость и

сложность программирования, трудность модификации программ, отсутствие наглядности написанного кода.

б) ST («Structured Text» – Структурированный Текст) – текстовый язык высокого уровня, имеющий схожие черты с языками Pascal и Basic. Недостатки языка ПЛК проявляются и в нем, однако они выражены в малой степени и поэтому незначительны.

Достоинства ST – легкая реализация арифметических и логических операций (в том числе, побитовых), различных переходов, циклических вычислений. В языке предусмотрено более 16 типов данных.

Язык ST может быть освоен технологом за короткий срок, при этом в эти Интернет можно найти достаточно много обучающих материалов для ознакомления с различными возможностями данного метода кодирования ПЛК, но текстовая форма представления программ является главным минусом данного вида кодирования, поскольку не дает наглядного представления о структуре и организации программы,

в) LD («Ladder Diagram») –графический язык разработки программного кода для ПЛК, программа на котором представляет собой аналог релейной схемы. Пример программы на данном языке приведен на рисунке 12. Такая форма представления программы наиболее удобна для перехода инженеров АСУ из области релейной автоматики в области программирования и использования ПЛК.

К недостаткам данного языка можно отнести то, что по мере увеличения схемы, она становится сложнее для интерпретации и отладки. Также язык, построенный по аналогии с релейными схемами, может быть эффективно использован только для описания процессов, имеющих дискретный (двоичный) характер; для обработки аналоговых сигналов (или при использовании программ с множеством аналоговых переменных) такой подход теряет смысл.

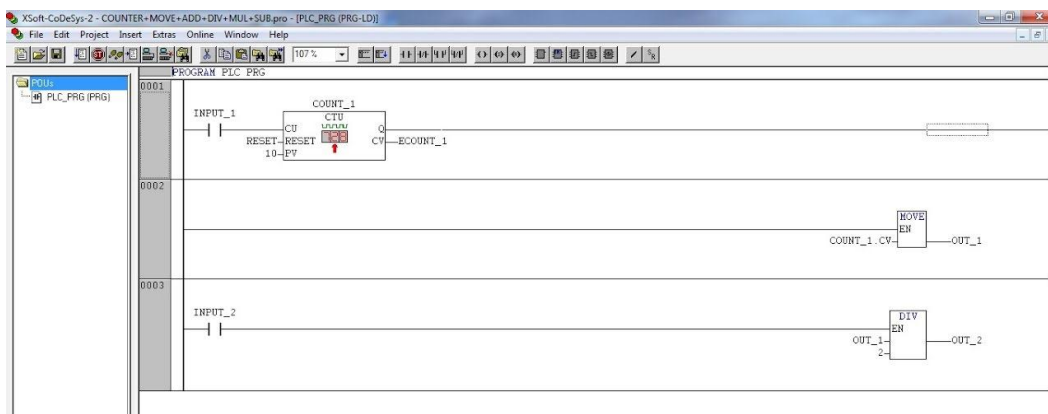


Рисунок 12 – Пример написания программы на языке LD

г) FBD («Function Block Diagram» – Диаграмма Функциональных Блоков) – язык графического программирования, использующий аналогию с электронной схемой. Программа на языке FBD является совокупностью функциональных блоков, входы и выходы которых соединены линиями связи. Эти связи, устанавливающие соединения между выходами одних блоков с входами других, являются по сути дела переменными программы и служат для пересылки данных между блоками. Каждый функциональный блок представляет собой математическую операцию (сложение, умножение, триггер, логическое “или” и т.д.). Начальные значения переменных задаются с помощью входов или констант, выходные цепи могут быть связаны либо с физическими выходами контроллера и глобальными переменными программы.

FBD является наиболее распространенным языком стандарта IEC. Простота в использовании, графическая наглядность блоков делают язык FBD основным при разработке программного обеспечения программируемых логических контроллеров. Однако, хотя FBD обеспечивает достаточно простое представление функций обработки как «непрерывных» сигналов, так и логических функций, в нем неудобным и неочевидным образом реализуются те участки программы, которые было бы удобно представить в виде конечного автомата. Пример программ на языке FBD показан на рисунке 13.

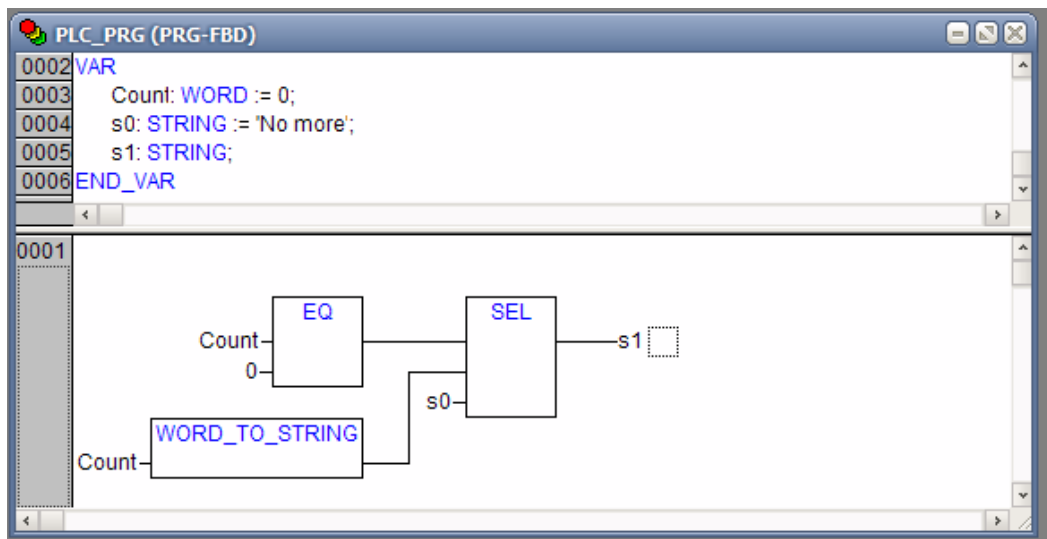


Рисунок 13 – Пример написания программы на языке FBD

д) SFC (Sequential Function Chart) – язык последовательных функциональных схем, использующийся совместно с другими языками, является графическим языком, в котором программа описывается в виде схематической последовательности организованных определенным образом шагов, объединенных переходами. Язык SFC является одним из самых мощных языков программирования стандарта IEC 61131-3 [20]. Пример программы на языке SFC приведен на рисунке 14.

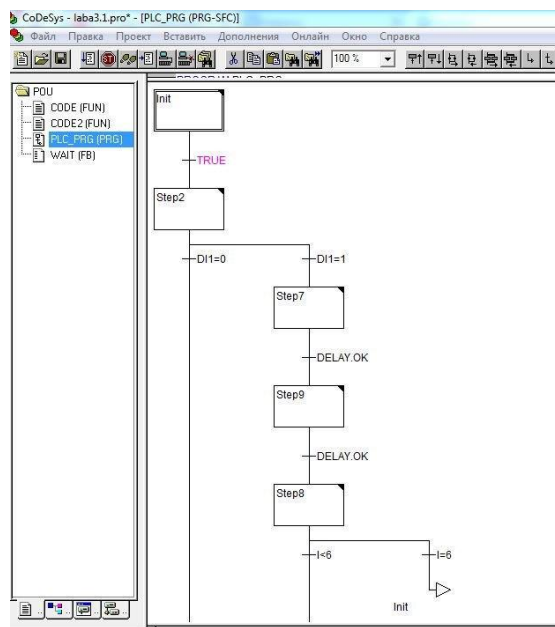


Рисунок 14 – Пример написания программы на языке SFC

Наиболее простым и естественным образом на языке SFC описываются технологические процессы, состоящие из последовательно

выполняемых шагов, с возможностью организации нескольких параллельно выполняющихся процессов, для чего существуют специальные символы разветвления и слияния потоков [20].

SFC свойственны некоторые недостатки. Хотя SFC может быть использован для моделирования конечных автоматов, его программная модель не совсем удобна для этого, потому что текущее состояние программы определяется не переменной состояния, а набором флагов активности каждого шага, в связи с чем при недостаточном контроле со стороны программиста могут оказаться одновременно активными несколько шагов, не находящихся в параллельных потоках.

Среди представленных языков был выбран «паскалеподобный» язык ST. Его основные преимущества по отношению к аналогам – простота кодирования, распространенность справочной информации и удобство работы с аналоговыми сигналами и числами с плавающей точкой. CoDeSys позволяет в полной мере спроектировать программный код для управления различными системами, работающими под управлением ПЛК фирмы ОВЕН. Внешний вид программного комплекса представлен на рисунке 15.

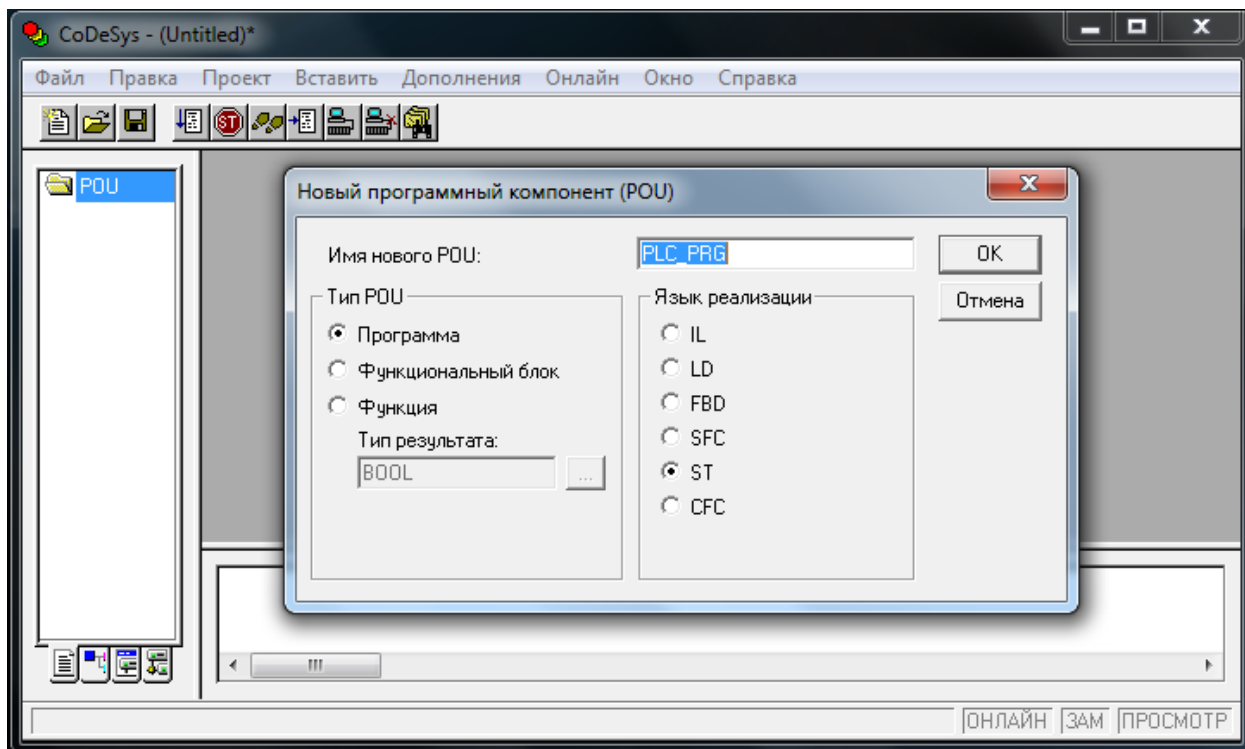


Рисунок 15 – Внешний вид программного комплекса CoDeSys

2.5.2. Алгоритм управления

В системе присутствует два контура управления: внутренний и внешний. Соответственно, и в программном коде будет разделение на работу разных частей системы.

Внутренний контур регулирования имеет достаточно простой алгоритм работы. Измеренная температура внутри электрощитовой T_1 , присваиваемая переменной *temp1*, суммируется с поправочным значением *dtemp*, значение которого обусловлено выбранным типом датчиков. Полученное значение записываем в переменную *temp1*. Далее реализуем циклическую проверку условия $temp1 < ustavka$. Переменная *ustavka* хранит в себе задаваемую оператором температуру уставки в помещении. В случае невыполнения условия $temp1 < ustavka$ переменной *p1_real* присваивается значение с выхода функционального блока PID1.

Как только $p1_real=1$, функциональному блоку *klapan_bool* подается логическая единица на вход и через некоторое заданное время выход *klapan_bool.Q* имеет значение 1. Сразу после этого при соблюдении условия $temp2 < 18$ становится истинной логическая переменная *NAGREVATEL* и мощности нагревателя *p3_real* присваивается значение с PID3. Скорость вращения вентилятора, установленного в контуре 2, регулируется переменной *p3_real*. Блок-схема алгоритма, сделанная согласно ГОСТ 19.701-90, приведена на рисунке 16 [21].

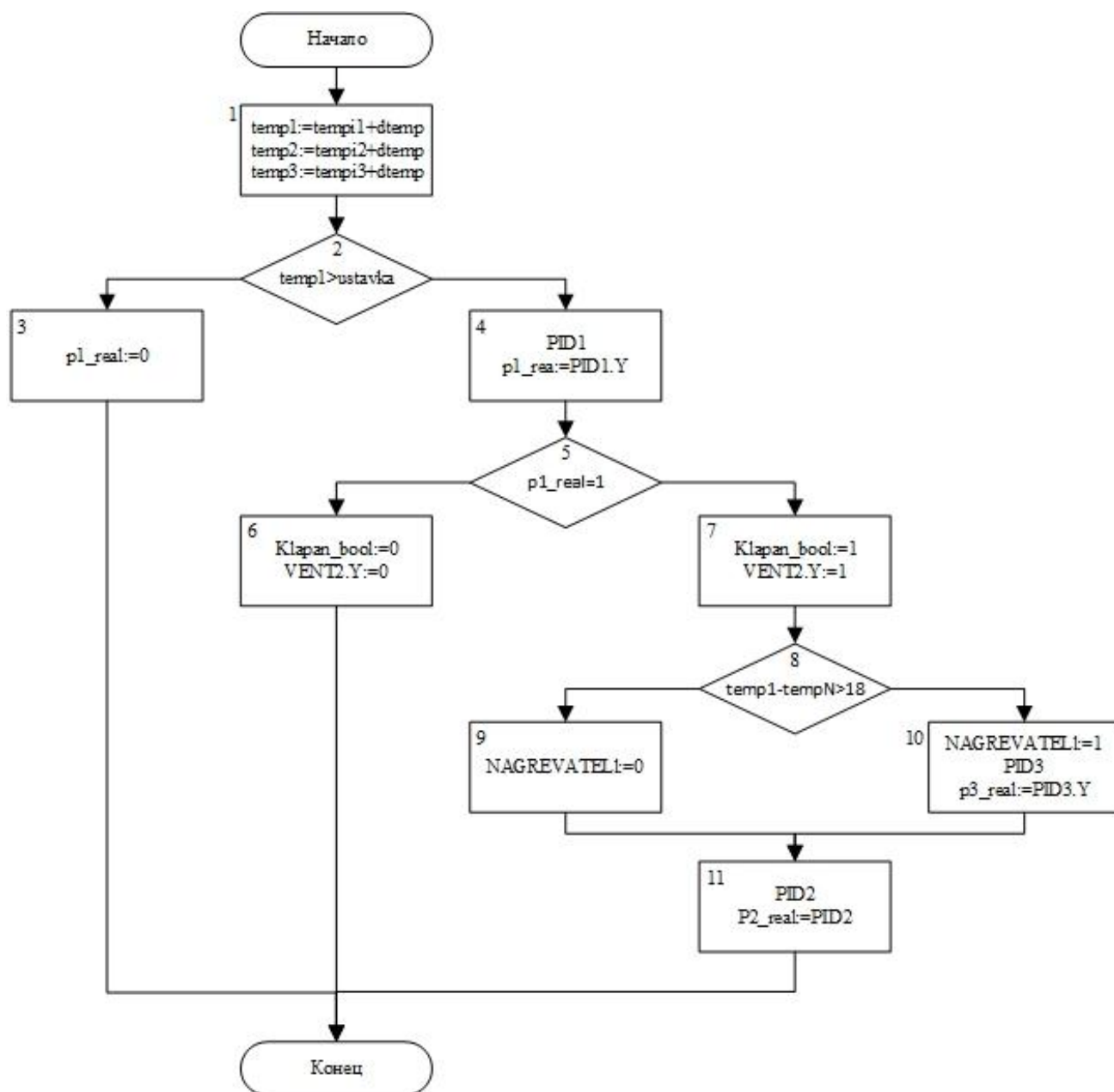


Рисунок 16 – Блок-схема алгоритма управления системой

2.5.3. Программа на языке ST

Особой важностью в проектируемой системе обладает программная составляющая. При неправильно функционирующем коде даже правильно рассчитанная и спроектированная система не сможет верно реагировать на получаемые сигналы.

Прежде всего, необходимо учитывать температуры с датчиков **T1**, **T2**, **T_{наруж}**. При использовании любых датчиков возможна погрешность, поэтому немаловажным будет здесь учесть поправки входных параметров. В листинге

1 указаны команды, с помощью которых мы присваиваем значениям переменных величины с датчиков.

Листинг 1 – Получение значений температур

```
temp1:=temp1+dtemp; (*делаем поправку температуры*)  
temp2:=temp2+dtemp;  
temp3:=temp3+dtemp;
```

Следующая часть кода реализует управление первым контуром регулирования. В случае, если температура с датчика **T1** (переменная *temp1*) становится выше заданной уставки (переменная *ustavka*), то увеличивается значение *p1_real*, представляющей собой относительную скорость вращения вентилятора **V1**. В листинге 2 можно увидеть вторую часть созданного кода программы.

Листинг 2 – Реализация работы первого контура управления системы

```
IF temp1>ustavka  
  THEN PID1(Pv:=temp1, Sp:= SPconf, Pv_time:=time1, pmin:=0, pmax:=1,porl:=1,  
  imax:=1, imin:=0, db:=1, xp:= Pi, td:=ddT, ti:=iiT);  
  p1_real:=PID1.Y;  
  ELSE p1_real:=0; END_IF;
```

В том случае, если мощность вентилятора **V1** достигает максимального значения (единицы), включается второй контур регулирования. Логическая переменная *klapan_bool* описывает состояние клапана – *открыт/закрыт*. Через некоторое время после открытия задвижки начинает работать вентилятор, установленный в контуре 2. При открытии задвижки и разнице температур внутри и снаружи щитовой более 18 градусов начинает работать калорифер (переменная *NAGREVATEL* отвечает за его пуск).

Листинг 3 – Программа управления вторым контуром системы

```
IF p1_real=1  
  
  THEN klapan_bool(IN:=TRUE, PT:=T#20s);  
  ELSE klapan_bool(IN:=FALSE, PT:=T#0s); END_IF;  
  
IF klapan_bool.Q
```

```

THEN VENT2_TON(IN:=TRUE,PT:=T#4S);
  IF (temp1-tempN)>18
    THEN NAGREVATEL:=TRUE; PID3(Pv:=temp2, Sp:= SPconf, Pv_time:=time1,
pmin:=0, pmax:=1,porl:=1, imax:=1, imin:=0, db:=1, xp:= Pi, td:=ddT, ti:=iiT);
    p3_real:=PID3.Y;
    ELSE NAGREVATEL:=FALSE;p3_real:=0;
    END_IF;
  ELSE VENT2_TON(IN:=FALSE,PT:=T#0S);NAGREVATEL:=FALSE;p3_real:=0;
END_IF;

IF VENT2_TON.Q
  THEN PID2(Pv:=temp1, Sp:= SPconf, Pv_time:=time1, pmin:=0, pmax:=1,porl:=1,
imax:=1, imin:=0, db:=1, xp:= Pi, td:=ddT, ti:=iiT);
  p2_real:=PID2.Y;
  ELSE p2_real:=0;
END_IF;
Return;

```

Конечная команда в коде – команда Return, повторяющая все действие внутри программы циклически до останова работы системы.

2.6. Внедрение на предприятие

Современные условия развития промышленного производства характеризуется стремлением к использованию новейших технологий, желанием добиться максимально высоких оборудования. Все это можно осуществить лишь при условии значительного повышения качества управления производственными объектами, в том числе – путем применения АСУ ТП.

Разработанная система охлаждения электрощитовой предназначена для установки в одном из цехов завода корпорации «ТехноНИКОЛЬ» по производству кровельных гидроизоляционных материалов в г. Юрга. На данный момент между заводом и компанией «СиТи-Томск», оказывающей услуги по монтажу АСУ, существует договоренность о модернизации системы вентиляции электрощитового помещения. Созданная система прошла проверку в компании «СиТи-Томск» и готова к монтажу.

Программа управления была проверена в режиме эмуляции в программном комплексе «CoDeSys». Для этого был создан функциональный блок, моделирующий значение температуры воздуха в помещении. В

результате создания спроектированная система оказывала влияние на блок модели температуры воздуха в электрощитовом помещении. При проведении проверки не выявлено ошибок или неточностей в управлении, программа функционирует верно.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Перспективность любого технического проекта, отличающегося новизной, определяется не только размером проекта, но и экономической ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности проекта является важнейшим условием при поиске источников финансирования для ведения научно-исследовательских работ (НИР). Это важнейшая информация для разработчиков, которые обязательно должны в полной мере понимать состояние и перспективы проводимых ими научных работ.

В экономических условиях переходного периода, в котором находится страна в нынешнее время, достаточно актуальным является вопрос ресурсоэффективности производств. В последнее десятилетие проблема экономии ресурсов на фирме или предприятии особенно обострилась.

В настоящее время технический прогресс становится все менее рентабельным, так как требует создания и применения все более дорогостоящих производственных технологий, а также повышенных расходов на экологическую защиту. В данном разделе приведены экономические доказательства рентабельности и состоятельности проекта.

3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть рынок. Детальный анализ рынка необходимо проводить систематически, поскольку он пребывает в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам по производственной нише.

3.1.1. Потенциальные потребители продукта

Продукт данной дипломной работы ориентирован на сегмент специфических решений для средних и крупных предприятий различной направленности. Для всех производств в нынешней экономической обстановке и высоких производственных нагрузках существует острая необходимость в недорогих и эффективных автоматических системах обслуживания микроклимата предприятия. Сюда же входит автоматизированная система вентиляции и охлаждения. Предоставление собственных недорогих решений в данной сфере создает привлекательность услуг компании, позволяя включить систему вентиляции в общую систему производства и вести автоматический контроль микроклимата в электрощитовых помещениях, что позволит сохранить чувствительное дорогостоящее оборудование в надлежащем состоянии достаточно долгое время.

На рисунке 17 показана карта сегментирования рынка. Компания ориентирована на сегмент установки и внедрению индивидуальных решений в сфере АСУ вентиляции для средних и малых компаний. Планируется в дальнейшем вступить на данные сегменты с наработанными в процессе деятельности собственными решениями. Применяя индивидуальный подход в процессе разработки технического задания, снизить и сбалансировать затраты на разработку внедрение и поддержку собственных решений в сфере автоматизированного управления промышленной вентиляцией [22].

		Системы вентиляции и охлаждения		
		Установка систем вентиляции	Разработка и готовые решения АСУ	Индивидуальные решения
Размер предприятия	Крупные	+	+	+
	Средние	+	+	-
	Малые	+	-	-

Рисунок 17 – Карта сегментирования рынка

3.1.2. Анализ конкурентоспособности

В нынешний момент есть несколько мелких и средних компаний, занимающих рассматриваемый сегмент рынка ИТ-услуг и создания АСУ. Основным конкурентом можно считать компанию «Томуниверсал», компания занимается разработками, конструктивными решениями в сфере автоматизации управления для крупных предприятий. Также нишу на рынке занимает ООО «ПромВентКлимат», представляющая большой выбор вентиляционного, теплового и климатического оборудования от заводоизготовителей техники с высокими производственными показателями, производящих установку систем автоматизированного контроля климата. Анализ конкурентоспособности проведен с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 9 [23].

Таблица 9 – Сравнительный анализ конкурентоспособности (ф-«СиТиТомск», к1 – «Томуниверсал», к2 – «ПромВентКлимат»)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		К _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Услуги поддержки	0,2	5	5	3	1	1	0,6
Учет индивидуального подхода	0,3	5	3	2	1,2	0,9	0,6
Возможность подключения ЭВМ	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
Простота эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Безопасность	0,2	5	4	5	1	0,8	1
Экономические и организационные критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Уровень сервиса	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
Итого	1	32	31	29	3,5	3,1	2,65

По результатам анализа видим, что исследуемая компания «СиТиТомск» в нише малых и средних предприятий имеет достаточно хорошие показатели конкурентоспособности. Это обусловлено индивидуальным подходом к каждому проекту, что подразумевает под собой более

качественные, эффективные и удобные в применении на производстве установки.

3.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексную оценку научно-исследовательского проекта. Данный тип анализа используют для исследования внешней и внутренней среды проекта [24].

Таблица 10 – матрица SWOT

	<p>Сильные стороны НИП:</p> <p>С1. Способность адаптации под индивидуальные требования заказчика;</p> <p>С2. Автоматизация всего процесса функционирования системы;</p> <p>С3. Цена проекта;</p> <p>С4. Не требует уникального оборудования;</p> <p>С5. Актуальность разработки;</p>	<p>Слабые стороны НИП:</p> <p>Сл1. Применение проекта только для вентиляционного оборудования;</p> <p>Сл2. Возможность появления новых разработок и технологий;</p> <p>Сл3. Наличие готовых решений на рынке;</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность создания партнерских отношений с рядом промышленных предприятий и торговых сетей;</p> <p>В2. Экономическая выгода для потенциальных клиентов;</p> <p>В3. Потребность в обеспечении безопасности рабочей зоны производства;</p> <p>В4. В случае принятия рынком накопления базы индивидуальных решений для разных производств;</p>	<p>Благодаря индивидуальным конструктивным решениям дает возможность создания партнерских отношений с рядом крупных промышленных предприятий и торговых сетей;</p> <p>За счет возможности модернизации и контроля цены на комплектующие дает экономические выгоды для потенциальных клиентов;</p> <p>Потребность в обеспечении безопасности в рабочих зонах, не требующего специального оборудования и полная автоматизация работы;</p> <p>За счет предоставления собственных индивидуальных решений возможность формирования базы специфических</p>	<p>Возможность появления партнерских отношений с применением собственных разработок;</p> <p>Наличие экономических обоснований для отказа от готовых решений на рынке.</p>

	решений для конкретных отраслей и производств	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на автоматизации системы промышленной вентиляции;</p> <p>У2. Противодействие со стороны конкурентов, внедрению индивидуальных решений;</p> <p>У3. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями;</p> <p>У4. Отказ от модернизаций систем вентиляции и безопасности предприятий.</p>	<p>Наличие новых решений в области автоматизации промышленной вентиляции не может сказаться на спросе на модернизацию (автоматизацию) существующих систем вентиляции на производстве;</p> <p>Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие собственных решений и разработок в сфере автоматизации промышленной вентиляции.</p>	<p>Появление новых разработок и технологий автоматизации позволит усовершенствовать и поддерживать актуальность собственных решений, предоставляемых на рынке.</p>

Данные соответствия или несоответствия разных аспектов проекта внешним условиям помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого строятся интерактивные матрицы проекта (таблицы 11-14).

При анализе таблицы 11 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: В1С1С2С3С5, В2С1С3С4, В3С1С3, В4С1.

Таблица 11 – Анализ сильных сторон объекта

		Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	0	+
	В2	+	-	+	+	-
	В3	+	0	+	0	0
	В4	+	0	-	-	0

При анализе таблицы 12 можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл3, В4Сл2Сл3.

Таблица 12 – Анализ слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	0	0	+
	В2	0	-	-
	В3	+	0	+
	В4	-	+	+

При анализе таблицы 13 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угроз: У1С1С2, У2С3С5, У3С1С3С5, У4С1С2С5.

Таблица 13

Угрозы проекта	Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4	С5
У1		+	+	-	0	-
У2		-	-	+	-	+
У3		+	0	+	0	+
У4		+	+	0	0	+

При анализе таблицы 14 можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У2Сл2Сл3, У3Сл2Сл3, У4С1.

Таблица 14

Угрозы проекта	Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3
У1		0	0	-
У2		-	+	+
У3		-	+	+
У4		+	-	0

3.2. Планирование научно-исследовательских работ

Для грамотного планирования проведения научно-исследовательских работ по теме проекта, прежде всего, необходимо определение структуры работ в рамках научного исследования. Данный перечень приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень исполнителей и этапов работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка и задание по НИР	1	Составление и утверждение НИР	Руководитель, студент-дипломник
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник
	3	Выбор моделей и способов анализа	Студент-дипломник
	4	Календарное	Руководитель,

		планирование	студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Студент-дипломник, консультант, руководитель
	6	Поиск методов решения	Руководитель, студент-дипломник
	7	Реализация	Студент-дипломник, консультант
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов	Студент-дипломник, консультант
	9	Оценка эффективности результатов	Студент-дипломник, консультант, руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

Для полноты картины рассчитаем трудоемкость работ согласно формуле (8):

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{\min\ i} + 2 \cdot t_{\max\ i}}{5}, \quad (8)$$

Данный расчет проводим, основываясь на ожидаемом времени выполнения в человеко-днях. Результаты приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Трудоемкость работ

№ раб	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{\min} , чел-дн	t_{\max} , чел-дн	$t_{ож}$, чел-дн	T_p , раб. дн	T_k , раб. дн	$U_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Руководитель, студент-дипломник	1	4	2	1,1	2	2,9	2,9
2	Студент-дипломник, руководитель	10	30	18	9	13	18,84	21,74
3	Студент-дипломник	5	10	7	7	10	14,49	36,23
4	Руководитель, студент-дипломник	4	8	5	2,5	4	5,8	42,03
5	Руководитель, студент-дипломник, консультант	15	25	19	6,3	9	13,04	55,07
6	Консультант, студент-дипломник	5	15	9	4,5	7	10,14	65,21
7	Студент-дипломник, консультант	5	17	10	5	7	10,14	75,35
8	Студент-дипломник, консультант	2	6	4	2	3	4,35	79,7
9	Руководитель, студент-дипломник, консультант	2	10	5	1,7	2	2,9	82,6

10	Студент-дипломник	4	8	6	8,1	12	17,4	100
Итого						69		

Составление календарного плана – одна из важнейших задач планирования НИР. Разработанный для данной дипломной работы календарный план можно увидеть на рисунке 18.

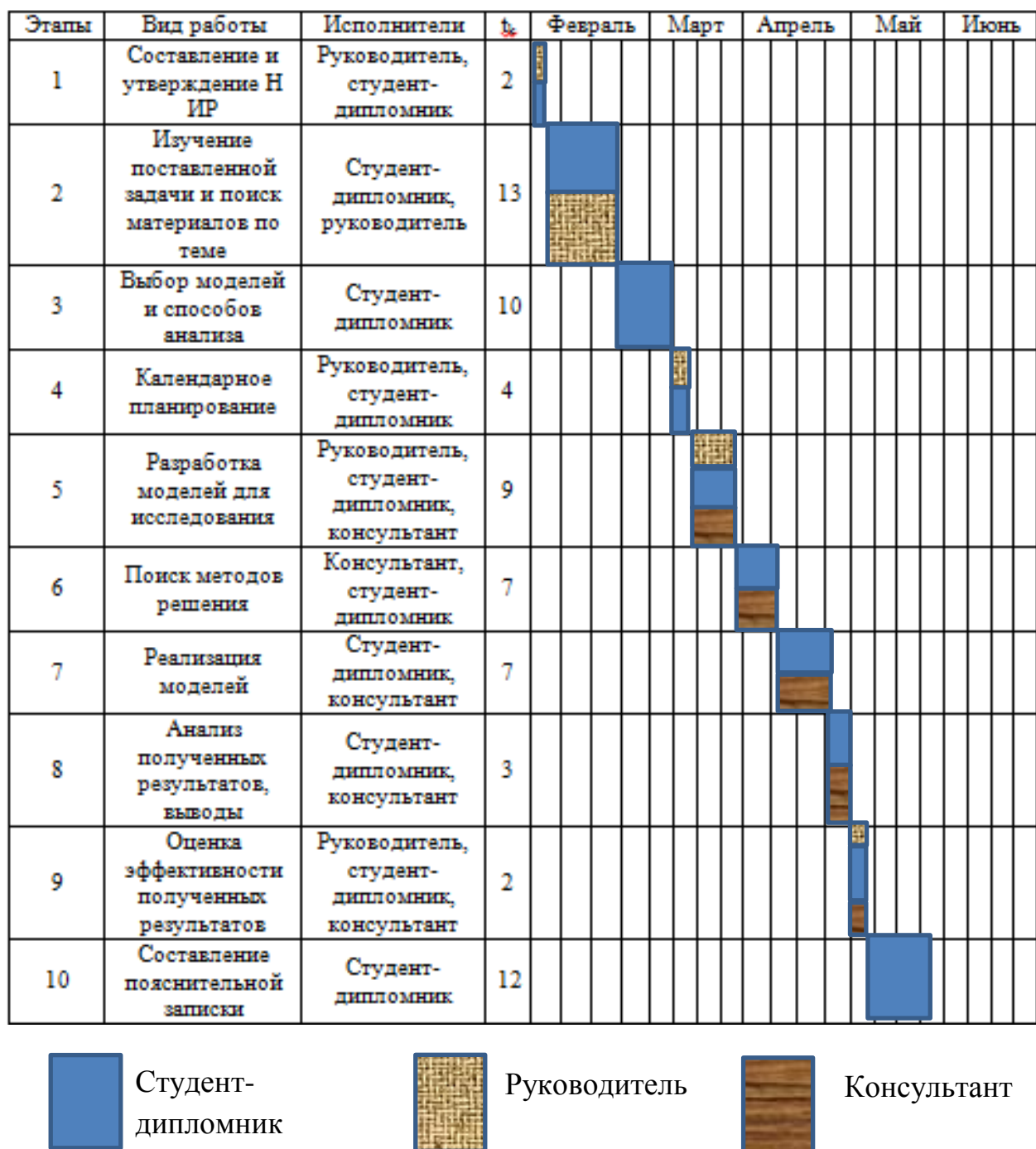


Рисунок 18 – Календарный план проекта

3.3. Бюджет научно-технического исследования

При расчете бюджета научно-исследовательского проекта крайне важно обеспечить верное отражение разных видов затрат, связанных с его выполнением.

При анализе не учитывались затраты по статьям: «специальное оборудование для научных работ», «отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)», «основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы». В результате, главный источник расходов на проведение НИР – затраты на материальные ресурсы (таблица 17) [23].

Таблица 17 – Расчет затрат на материальные ресурсы

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты за материалы (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Интернет	Мбайт	1	1	1	500	500	500	625	625	625
Блокнот	Шт.	1	2	1	30	30	30	37,5	37,5	37,5
Электроэнергия	кВт*ч	40	43	55	2,05	2,05	2,05	102,4	110,1	140,8
Картридж для принтера	Шт.	1	1	1	1500	1500	1500	1725	1725	1725
Бумага	Лист	200	100	40	4	4	4	802	402	162
Ручка	Шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23

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

Анализ эффективности проектируемого в процессе НИР устройства происходит на основании расчета показателя эффективности научного исследования, нахождение которого связано с определением двух средневзвешенных величин: ресурсоэффективности и финансовой эффективности. Рассчитаем затраты на оборудование в таблице 18 [23].

Таблица 18 – Расчет затрат на приобретение оборудования

Наименование	Цена, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Датчик температуры, 3 шт.	649	2360	1750
Калорифер	15600	16676	24550
Вентилятор, 3 шт.	6500	12600	7220
ПЧВ, 2 шт.	8673	8319	12845
Разработка программы исполнения алгоритма	0	1000	1000
Итого	54393	70875	78150

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для каждого варианты исполнения:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{54393}{78150} = 0,70; I_{финр}^{исп2} = \frac{70875}{78150} = 0,91; I_{финр}^{исп3} = \frac{78150}{78150} = 1,00 \quad (9)$$

Теперь проведем расчет интегрального показателя ресурсоэффективности. Результаты анализа приведены в таблице 19 [23].

Таблица 19 – Оценка характеристик различных вариантов системы

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Объект исследования		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Надежность	0,2	4	5	5
Ремонтопригодность	0,1	5	4	5
Функциональность	0,25	4	5	5
Материалоемкость	0,1	4	4	5
Энергосбережение	0,15	4	4	5
Универсальность	0,2	5	5	4

$$I_{p-исп1} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,5$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{p-исп3} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,8$$

В таблице 20 приведены результаты расчетов интегральных показателей эффективности [23].

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,7	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,65	4,8
3	Интегральный показатель эффективности	6,4	5,1	4,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,80	0,75

Сравнение значений интегральных показателей эффективности дает вывод, что реализация проектируемой установки в первом исполнении является наиболее эффективным вариантом решения задачи, далее следует исполнение 2 и исполнение 3 соответственно.

4. Социальная ответственность

Современное производство внесло серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. С развитием научно-технического прогресса немалую роль играет возможность безопасного исполнения людьми своих трудовых обязанностей. В связи с этим была создана и развивается наука о безопасности труда и жизнедеятельности человека.

Социальная ответственность (корпоративная и индивидуальная) – важная составляющая устойчивого будущего человечества. Для надежной и, что немаловажно, правильной работы любого предприятия

Корпоративная социальная ответственность – это свод правил, в соответствии с которыми предприятия учитывают интересы работников, возлагая на себя ответственность за результаты производственных операций. Это обязательство предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Индивидуальная социальная ответственность – ответственность работника за результаты своей деятельности (прикладывает усилия, чтобы не наносить вред сотрудникам, предприятию, всему обществу или природе).

Обеспечение безопасности жизнедеятельности (БЖД) подразумевает под собой организацию и поддержание безопасных условий труда и отдыха человека, сохранение его здоровья, разработку методов и средств защиты путем снижения влияния вредных и опасных факторов до допустимых значений, выработку мер по минимизации ущерба в ликвидации последствий различных чрезвычайных ситуаций.

4.1. Требования к помещению электрощитовой

Как правило, электрощитовые должны размещаться на первом этаже здания, допускается их размещение в сухом подвале. В районах, подверженных затоплению, они должны устанавливаться выше уровня затопления. Данный тип помещений недопустимо располагать непосредственно под уборными, ванными комнатами душевыми комнатами кухнями пищеблоков и прочими помещениями с мокрыми процессами. Также запрещено их размещение под и над жилыми комнатами.

Входы должны быть выполнены непосредственно с улицы или из коридоров. Должны устанавливаться противопожарные двери 2-го типа (EI 30), открывающиеся наружу. Двери должны иметь самозапирающиеся замки, отпираемые без ключа с внутренней стороны помещения. Ширина дверей должна быть не менее 0,75 м, высота не менее 1,9 м [25].

Электрощитовые помещения следует выделять противопожарными стенами и перекрытиями, их тип зависит от класса функциональной пожарной опасности объекта (СП 4.13130 п. 5.2.6, п.5.4.2, п.5.6.4) [25].

В помещении должно быть предусмотрено рабочее, аварийное(резервное) и ремонтное освещение. Уровень освещенности 50Лк на полу и 200Лк в зоне размещения оборудования. Для ремонтного освещения должна быть предусмотрена розетка напряжением до 50В [26].

В электрощитовой комнате обязательны к нахождению электрозащитные средства, а также средства индивидуальной защиты для рабочего персонала предприятия (в соответствии с нормами комплектования средствами защиты), защитные противопожарные и вспомогательные средства (песок, огнетушители) и средства для оказания первой помощи (ПМП) пострадавшим при несчастном случае.

4.2. Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Согласно ПУЭ, в отношении опасности поражения электрическим током, помещения разделяются на три категории –

- а) Помещения с повышенной опасностью поражения током;
- б) Особо опасные помещения;
- в) Без повышенной опасности.

Помещение электрощитовой данного производственного комплекса относится к особо опасным помещениям [26]. Для безопасности рабочего персонала предусмотрены следующие мероприятия:

- Вывешивание предупредительных плакатов (например, «Высокое напряжение»);
- Проверка отсутствия напряжения перед началом любых работ;
- Ограничение допуска персонала в помещение электрощитовой.

К электрозащитным средствам проектируемой системы относятся: заземление всех токоведущих частей оборудования, устройство защитного отключения, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности, указатели напряжения.

Защитное заземление защищает человека от вероятного поражения в случае повреждения изоляции эксплуатируемой электроустановки. В щите управления описываемой установкой данный метод предусмотрен. Заземлены все выполненные из металла корпуса щитов, устройства сигнализации и защиты, а также электропривод. Важно понимать необходимость подключения проектируемой системы к заземлению при установке и не забывать про него.

Чтобы защитить людей от поражения электрическим током и для предотвращения опасной утечки тока, которая может привести к пожару в результате повреждения изоляции электропроводки системы, в проекте применяется устройство защитного отключения. Это устройство, которое служит для автоматического отключения защищаемого участка электрической цепи в случае возникновения утечек тока. В проектируемой системе предусмотрено устройство фирмы ИЕК, реагирующее на ток утечки 30мА. Внешний вид прибора показан на рисунке 19.



Рисунок 19 – Внешний вид устройства защитного отключения

В качестве оградительных средств защиты от поражения электрическим током рекомендуется устройства проектируемой системы располагать в щитах, оснащенных замками. В таком случае доступ к токоведущим частям системы может получить лишь технический персонал, допущенный к работе с электрическим напряжением.

На всех частях электрооборудования и приборов, дверцах силовых щитков, на электротехнических панелях и шкафах, а также на ограждениях токоведущих частей оборудования, механизмов, приборов согласно ГОСТ 12.4.026-2015 необходима установка знаков безопасности [27]. Их примеры указаны на рисунке 20.



Рисунок 20 – Примеры знаков безопасности для установки на готовой системе

Приведенные методы и средства защиты не исключают опасность поражения электрическим током полностью, однако обеспечат надлежащие меры по минимизации вероятности такого исхода событий.

4.3. Взрывопожарная и пожарная безопасность

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с НПБ 105-2003 [28]. Электрощитовая относится к категории В4 помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

При возникновении пожара наибольшую опасность для жизни человека представляет не огонь и высокая температура воздуха, а дым. Смог может спровоцировать панику, дезориентировать людей и стать причиной отравления. С целью недопущения подобных проблем, в помещениях устанавливают системы дымоудаления, которые могут локализовать угарный газ, очистить помещение от мелких частиц пыли и пепла.

В системе предусмотрена система автоматического дымоудаления. Для полноценной работы указанной системы необходимо подключение вытяжного вентилятора к системе пожарной сигнализации. В случае задымления помещения вытяжной вентилятор начинает работать на полную мощность, что позволит уменьшить вероятность отравления сопутствующим горению газами. Необходимо понимать, что данная система не может полностью заменить собой полноценную систему дымоудаления, однако может способствовать уменьшению концентрации опасных газов в помещении.

Пожар — неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, опасность жизни и здоровью людей и животных. Для уменьшения ущерба от процессов горения в системе предусмотрен алгоритм прекращения подачи воздуха в помещения с целью минимизации количества основного «топлива» неконтролируемого горения – кислорода. В случае срабатывания датчиков пожарной сигнализации ПЛК подает сигнал на закрытие заслонки контура, производящего подмес воздуха с улицы.

Необходимо предусмотреть меры противопожарной защиты в помещении электрощитовой. Прежде всего, для ликвидации небольших пожаров и загораний в помещении должны быть огнетушители. Для тушения пожаров электрооборудования допустимы порошковые (в установках с напряжением до 1000 В) и углекислотные (напряжение до 10 кВ) типы огнетушителей. В рассматриваемом здании производственного цеха находятся:

- а. ручные углекислотные огнетушители ОУ-2А, ОУ-5;
- б. передвижной углекислотный огнетушитель ОУ-25.

Внешний вид указанных в разделе огнетушителей показан на рисунке 21.



Рисунок 21 – Внешний вид огнетушителя ОУ-25

Пожарная опасность местных систем вентиляции определяется тем, что в воздуховодах вытяжных систем от различного технологического оборудования могут присутствовать различные горючие отложения в виде красок, пылей, аэрозолей и т.п., способствующие быстрому распространению пожара.

Источниками пожара в вентиляционном оборудовании являются искры различного происхождения и нагретые поверхности вентиляционного оборудования в воздуховодах. Искры механического происхождения образуют при нарушении правил эксплуатации вентиляторов, фильтров и клапанов, а также при попадании в систему вентиляции посторонних предметов.

Пожарная опасность систем воздушного кондиционирования заключается также в возможности развития огня по воздуховодам в соседние помещения. Огонь и продукты горения могут переходить на другие этажи, и даже здания. Разрабатываемая система лишена такой опасности, так как отделена от остальных систем вентиляции согласно нормам ПУЭ.

Для обеспечения пожаробезопасности систем кондиционирования необходимо предусматривать различные технические решения, предотвращающие возможность возникновения и распространения пожара.

Горючие пары, газы и пыли вместе с приточным воздухом могут распространяться в помещение электрощитовой, что может привести к образованию горючих смесей и их возгоранию. Для минимизации вероятности пожара в приточном канале воздуховода установлен фильтр, ограничивающий поступления лишних веществ в воздуховод. Внешний вид данного устройства приведен на рисунке 22.



Рисунок 22 –Внешний вид приточного вентилятора с фильтром

Пожароопасность системы кондиционирования обуславливается возможностью образования горючих смесей в каналах системы и очистных устройствах или образованием в них различных горючих отложений. Рекомендуется для каналов воздуховодов, фильтров и теплоизоляции использовать негорючие материалы.

Одним из важнейших мероприятий по ограничению распространения огня в каналах воздуховодов является их плановая очистка от горючих отложений и пылевых скоплений. Очистка должна осуществляться согласно годовому плану, который утверждает главный инженер предприятия. Очистка может производиться механическими инструментами и приспособлениями, горячей водой и продувкой. Допускается чистка с разборкой воздуховодов и выжиганием горючих отложений в безопасных местах с соблюдением требований пожарной безопасности.

4.4. Выводы по безопасности установки

В данном разделе приведены требования по организации достаточного уровня взрывопожарной и электробезопасности. Соблюдение требований нормативных регламентов позволит уменьшить риски возникновения несчастных случаев на производственном участке и сократит экономический ущерб для предприятия в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

В проектируемой установке учтены методы защиты против пожара, взрыва, а также поражения электрическим током. При правильных условиях эксплуатации, приведенных в разделе, установка будет обеспечивать необходимый приток воздуха в помещение и охлаждать его.

5. Результаты работы

Конечным результатом работы является полноценный проект системы вентиляции и охлаждения электрощитовой для заданных параметров тепловыделений электрооборудования и геометрических размеров. Система имеет два контура регулирования, вследствие чего является более экономичной и энергоэффективной. Спроектированная система полностью соответствует принятым в Российской Федерации нормам и правилам исполнения САУ.

Проектируемая система соответствует приведенным в работе функциональным требованиям –

- а) Осуществляет измерение температуры воздуха внутри электрощитовой;
- б) Производит автоматическое поддержание температуры воздуха ниже уставки;
- в) Поддерживает изменения параметров с пульта диспетчерского управления.

Осуществлен подбор оборудования согласно рассчитанным показателям, вследствие чего система имеет достаточные мощности при низкой стоимости отдельных устройств. Написан и проверен на эмуляторе код управляющей программы.

Заключение

Целью данной работы является проектирование и разработка системы автоматического управления температурой воздуха в электрощитовой.

В результате выполнения работы получены навыки проектирования систем автоматического управления, в том числе: расчет мощности входящих в состав данной системы охлаждения устройств, подбор оборудования, создание функциональных схем автоматизации, программирование логических контроллеров фирмы ОВЕН в среде CoDeSys. Исследованы языки программирования МЭК 61131, из которых для реализации проекта был выбран ST (Structured List).

Проект выполнялся в учебно-ознакомительных целях, однако спроектированная система может быть использована на производстве. Ее очевидным недостатком можно считать более высокую по сравнению с аналогами стоимость, но при этом она обеспечивает более гибкую настройку, возможность масштабирования, а также интеграцию дополнительных контуров регулирования в уже действующий проект.

Список использованной литературы и источников

- 1 СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – М.: Стандартинформ, 2003 г.
- 2 Правила Устройства Электроустановок. – М.: Минэнерго России. / Сибирское университетское издательство, 2011 г. – 330 с.
- 3 ТКП 45-3.02-209-2010. Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования. – 2010. – 30 с.
- 4 Системный администратор [Электронный ресурс] : Разработка макромоделей прогнозирования надежности функциональных узлов с учетом влияния температуры окружающей среды. / Иванов И.А., Королев П.С. – Электрон. тестовые дан. и электронные граф. дан. URL: <http://samag.ru/archive/article/3324>, свободный. – Яз. Рус. Дата обращения 02.04.2018 г.
- 5 ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – 2011 г.
- 6 СанПиН 2.2.4.548-96. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Стандартинформ, 1996 г.
- 7 John M. Wallace, Peter V. Hobbs. Water Vapor in Air // Atmospheric Science. An introductory Survey.. — Washington: Academic Press Elsevier, 2006. — С. 83. — 551 с. — ISBN 978-0-12-732951-2.
- 8 ТехноНИКОЛЬ [электронный ресурс] : Информация о предприятии. – Электрон. текст. дан. URL: <http://www.xps.tn.ru/upload/iblock/379/3796395f8ce2ba9f4e6a099f3866ec8c.pdf>. Яз. рус. Дата обращения 06.05.2018 г.
- 9 РД 22.18-355-89. Методика определения тепловыделений от электротехнического оборудования. – 1989 г. – 11 с.
- 10 Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Уч. пособие. – М.: «Евроклимат», изд-во «Арина», 2000.

- 11 СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Стандартинформ, 1999 г.
- 12 ОВЕН ДТС. Термопреобразователи сопротивлений. Рук. по экспл. – 2016 г.
- 13 Термопреобразователи сопротивлений Schneider Electric. Каталог. Технические характеристики продукта.
- 14 Канальные нагреватели Lissant. Каталог и руководство по применению. – 2012 г. – 17 стр.
- 15 Электрические канальные нагреватели для круглых каналов ЕО. Каталог продукции. – 2016 г. – 2 с.
- 16 Вентиляторы и вентиляционные системы. Общие сведения. Каталог продукции. – АрмаВент, г. Москва. – 2017 г. – 23 с.
- 17 Airone ВК315. Центробежные канальные вентиляторы. Технические характеристики. – 4 с.
- 18 Преобразователи частот векторные. Каталог фирмы ОВЕН. – 2012 г. – 25 с.
- 19 Гамарт-315. Заслонка регулирующая для систем вентиляции. Технические характеристики. – 2010 г. – 5 с.
- 20 Руководство пользователя по программированию ПЛК в CODESYS. Методическое пособие. – 2010 г. – 453 с.
- 21 ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85). Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – М.: Стандартинформ, 1990 г.
- 22 Экономика предприятия. Учебник для ВУЗов. – /под ред. Горфинкеля В.Я., Швандара В.А. – М., 2007 г. – 671 с.
- 23 И.Г. Видяев. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Уч. Пособие.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

- 24 Арутюнова Д.В. Стратегический менеджмент. Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 122 с.
- 25 СП 4.13130. Системы противопожарной защиты. – М.: Стандартинформ, 2013.
- 26 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стандартинформ, 1995.
- 27 ГОСТ Р 12.4.026-2001. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. – М.: Стандартинформ, 2001 г.
- 28 НПБ 105-2003. Определение категорий помещений,зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 29 Сазонов Э.В. Вентиляция общественных зданий. – Воронеж: изд-во Воронеж. ун-та, 1991 г. – 221 с.
- 30 МЭК 61131. Контроллеры программируемые. – М.: Стандартинформ, 2016 г.

Приложение А

Функциональная схема автоматизации системы

