

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) ОЭЭ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы управления вентиляции на базе Arduino в среде CoDeSeSys

УДК 621.63:681.51.001.63:004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Шабо Андрей Камил		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шилин Александр Анатольевич	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сотникова Анна Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева Полина Васильевна	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результ ата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа энергетика
Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника
Отделение школы (НОЦ) ОЭЭ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Тютева П.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Шабо Андрею Камил

Тема работы:

Проектирование системы управления вентиляции на базе Arduino в среде CoDeSeSys	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1161/с от 14.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p>(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, энергозатрат; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объектом исследования является система управления на предоставленном прототипе физической модели системы вентиляции на базе Arduino в среде CoDeSys с параметрами:</p> <ul style="list-style-type: none">• Микроконтроллер Arduino• Виртуальный ПЛК в CoDeSys• Не менее 8 аналоговых каналов;• Не менее 3 дискретных входов;• Управление по протоколу Modbus RTU;
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p>(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).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Исследовать переходные процессы объекта вентиляции • Спроектировать контроллер, удовлетворяющие характеристикам объекта. • Реализовать объект и контроллер в CoDeSys • Визуализация системы вентиляции в реальном времени
<p>Перечень графического материала</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Переходный процесс объекта (нагревателя) • Функциональные блоки регулятора • Визуализация модели системы вентиляции в CoDeSys
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Мелик-Гайказян Мария Вигеновна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Сотникова Анна Александровна</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шилин Александр Анатольевич	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Шабо Андрей Камил		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Шабо Андрей Камил

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Положение об оплате труда работников ТПУ Прайс-листы канцелярских товаров и услуг
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 30% премии; - 16% накладные расходы; - 1,3 районный коэффициент для города Томска.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер страховых взносов 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Потенциал и перспективность реализации ТП можно оценить с помощью SWOT-анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Для составления графика работ по ТП используется оценка трудоёмкости работ. По полученным данным строится график инженерных работ, позволяющий лучше спланировать процесс реализации ТП.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Формирование сметы технического проекта: - материальные затраты; - затраты на специальное оборудование - полная заработная плата исполнителей; - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян М.В.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Шабо Андрей Камил		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕБЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г5А	Шабо Андрей Камил

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: тема диплома «Проектирование системы электроснабжения мебельной фабрики»

1 Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является лаборатория электроники и микропроцессорной техники
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявления вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	Описание выбросов, сбросов, твердых отходов рабочего места.
3. Экологическая безопасность:	Отходы, образующиеся при поломке офисной техники, лабораторного оборудования и их воздействие на литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> - Возможные ЧС: – возгорание (пожар); – поражение электрическим током.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Сотникова Анна Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г5А	Шабо Андрей Камил		

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

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) ОЭЭ

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.2019	Обзор известных контроллеров и сравнение их характеристик	10
22.02.2019	Выбор прототипа объекта системы вентиляции	15
07.03.2019	Определение переходных процессов модели объекта вентиляции (нагревателя) и его характеристик	15
21.03.2019	Расчет параметров регулятора по переходным процессам объекта	10
28.03.2019	Реализация регулятора и объекта в функциональных блоках в CoDeSys	5
04.04.2019	Визуализация системы вентиляции в CoDeSys	10
11.04.2019	Написание инструкции по реализации системы вентиляции и ее визуализации в CoDeSys	10
15.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
18.05.2019	Социальная ответственность	10
	Итого	100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Шилин Александр Анатольевич	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютёва Полина Васильевна	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 83 страниц, 29 рисунка, 17 таблиц, 22 источника.

Ключевые слова: ПЛК, система вентиляции, система управления, автоматизация, CoDeSys, лабораторные стенды, переходные процессы, ПИД регулятор.

Цель работы: собрать систему вентиляции на базе Arduino в среде CoDeSys , где будут реализованы профессиональные проекты по автоматизации систем вентиляции.

В процессе работы был реализован ПИД регулятор по переходным процессам объекта (нагревателя). Параметры регулирования были найдены двумя способами, также была прописана подробная пользовательская инструкция по нахождению параметров и дальнейшей реализации регулятора в блок схемах среды CoDeSys. Далее регулятор был подключен к реальному объекту, где поддерживалось заданное значение температуры. Весь этот процесс был показан и реализован дополнительно в визуализации в среде CoDeSys.

Область применения: обучение специалистов, повышение квалификации и переподготовка кадров в сфере автоматизации.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word. Для моделирования и расчета параметров использованы программы MATLAB и SciLab, процесс автоматизации системы вентиляции, а также визуализация реализованы Codesys.

Оглавление

Введение	3
1 Обзор контроллеров и сравнение их основных характеристик	5
1.1 «Modicon M580» от Schneider Electric.....	5
1.2 Контроллер «ОВЕН ТРМ133М-02» для приточно-вытяжной вентиляции.....	6
1.2.1 Аналоговые входы.....	7
1.2.2 Термометры сопротивления.	7
1.2.3 Термоэлектрические преобразователи (термопары)	8
1.2.4 Работа с датчиками различных типов	9
1.2.5 Дискретные входы.....	9
1.3 «СРМ713-01» - Программируемый контроллер.....	10
1.3.1 Среда программирования	11
1.3.2 Эксплуатация.....	11
1.3.3 Возможности	12
1.4 Заключение обзора.....	14
2 Выбранная техническая реализация.....	15
2.1 Прототип Системы Вентиляции.....	15
3 Математическое обеспечение для ПИД регулятора.....	21
3.1 Интегрирующее звено.....	21
3.2 Инерционное звено	23
3.3 Дифференциальное звено	24
3.4 Определение параметров объекта из переходного процесса.....	25
4 Реализация системы вентиляции.....	32
4.1 Создание блоков регулятора.....	32
4.2 Реализация модели объекта	36
5. Визуализация.....	39
5.1 Визуализация процесса подключения мнемосхем	39
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	47

6.2 Организация работ технического проекта	49
6.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования	50
6.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП.....	51
6.2.3 Разработка графика проведения технического проекта	53
6.3 Составление сметы затрат на разработку тп.....	53
6.3.1 Определение стоимости материальных затрат.....	54
6.3.2 Полная заработная плата исполнителей	56
6.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	57
6.3.4 Накладные расходы.....	58
6.4 Формирование сметы проекта	58
6.5 Определение ресурсоэффективности проекта.....	59
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	62
7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	62
7.2. Производственная безопасность	66
7.2.1. Анализ выявления вредных и опасных факторов	67
7.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на проектировщика.....	72
7.3. Экологическая безопасность	74
7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
Заключение	79
Список источников	81

Введение

В проектных организациях, главные инженеры предпочитают установку дорогих контроллеров фирм: Siemens, Schneider, ПЛК ОВЕН и других известных ПЛК. Так как данные устройства являются надежными, и с ними не возникает особых проблем при работе и наладке. Однако из-за высокой цены, достигающей несколько десятков тысяч рублей, разработчики проектов не желают сильно разбираться в программном коде этого контроллера из-за психологического барьера совершить ошибку и повредить систему управления. Например, известная фирма Siemens выпускает контроллер для системы вентиляции, который является дорогостоящим, к которому прилагается лишь небольшая пошаговая инструкция по отладке соответствующего проекта. Поэтому специалист, который работает с контроллером следует по этой инструкции и почти не выходит за рамки проекта, так как не желает повредить систему управления.

Существует системы, например системы вентиляции, где есть требования по приспособлению к морозным условиям. Поэтому система вентиляции является типовым продуктом, где необходимо дорабатывать и приспособлять систему в внешним условиям. Известные проекты по доработке и наладке систем, как правило, не открыты в общем доступе, следовательно процесс доработки проектов сложный, поэтому и появляется тот самый психологический барьер. От этого также следует, что установка системы вентиляции в целом является достаточно дорогой процедурой, однако этот навык реализации систем автоматизации необходим.

Данная работа посвящена тому, чтобы на примере недорогого контроллера (Arduino UNO) собрать систему вентиляции, на которой можно сделать те же самые профессиональные проекты, не боясь допустить ошибок и смело экспериментировать с проектами, а также обучаться на них. Следует отметить, что из 500 типов контроллеров, входящих в список, поддерживаемом CoDeSys существует множество контроллеров, которые гораздо дешевле. Однако их

функциональность обеспечивает сама среда CoDeSys, поэтому работая в этой среде человек вполне может быть уверен в оптимизации затрат на реализацию системы управления на контроллерах, чей функционал почти не уступает известным именитым контроллерам при соответствии количества аналоговых и цифровых входов и выходов.

Исправленные проекты планируется показать на предоставленной Устименко А.Н. физическом прототипе системы вентиляции. Для этого в начале сделан обзор известных контроллеров и рассмотрены основные их характеристики (количество входов и выходов), чтобы сравнить как система соответствует их характеристикам. Большинство проектов систем вентиляции в CoDeSys являются закрытыми, потому что данная среда позволяет создавать как открытый, так и закрытый код. Дополнительной целью дипломной работы является реализовать код проекта системы вентиляции и сделать его в открытом доступе.

1 Обзор контроллеров и сравнение их основных характеристик

Для сравнения характеристик контроллеров и их цен, будет проведен обзор известных контроллеров, которые быстро находятся в сети Интернет при их запросе в поисковой системе

1.1 «Modicon M580» от Schneider Electric

Данный контроллер найден по запросу «Известные промышленные контроллеры». Modicon M580 (рисунок 1) включает в себе традиционные качество и надежность предыдущих контроллеров этой серии [1].



Рисунок 1 – Modicon M580 серии ВМЕР584040

Программируемый логический контроллер (ПЛК) справедливо гордится быстрым действием, внушительным объемом памяти и абсолютной киберзащитой. И при всем при этом он очень компактный. Тип устройства является процессорный модуль. Дополнительные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики контроллера

Наименование	Значение
Количество стоек	8
Local I/O processor capacity (discrete)	4096 вх/вых
Local I/O processor capacity (analog)	1024 вх/вых

Продолжение Таблицы 1

Number of application specific channel (local rack)	144
Вх/вых., специализированные согласно приложению	Счетчик SSI энкодер Управление движением Точные отметки времени HART Последовательный канал
Тип встроенных клемм	1 Ethernet TCP/IP для Служебный порт 2 Ethernet TCP/IP для Сеть устройств USB типа мини B
Процессор модуля связи	8 модуль с AS-интерфейсом 4 модуль связи Ethernet
Описание памяти	Расширяемый флэш-память, 4 Гб Встроенный RAM, 10 кБ Встроенный RAM, 16 Мбайт Встроенный RAM, 2048 Кбайт

При анализе данных, представленных в таблице 1.1 следует заметить, что RAM в последнем разделе в случае исследуемого встроенного виртуального контроллера CoDeSys использует ресурс компьютера, поэтому он имеет достаточно RAM памяти. Однако что по количеству аналоговых и цифровых входов, контроллер CoDeSys ограничен. В целом по характеристикам, ПЛК CoDeSys не уступает данному контроллеру.

1.2 Контроллер «ОВЕН ТРМ133М-02» для приточно-вытяжной вентиляции

Данный контроллер является очень доступным, на нем, как правило, мало написанных комплексных работ. Однако на нем можно реализовать серьезные проекты, необходимо только знать язык программирования данных контроллеров [2]. По каналом он примерно совпадает с исследуемой системой в CoDeSys, то есть

можно реализовать проект в CoDeSys и затем перенести на контроллер ОВЕН. Структурная схема прибора представлена на рисунке 2.

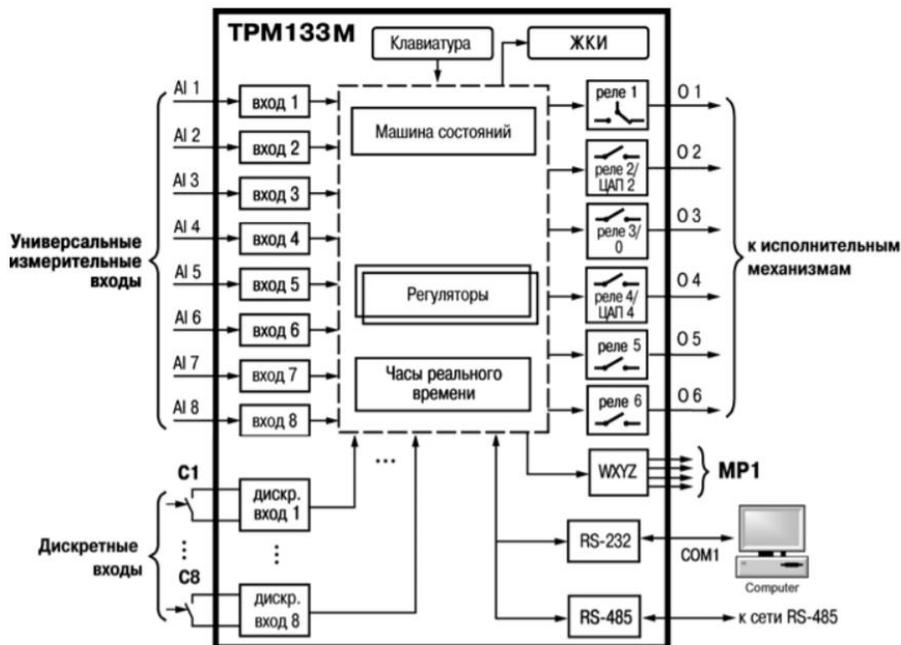


Рисунок 2 – Структурная схема «ОВЕН TPM133M-02»

1.2.1 Аналоговые входы

К универсальным аналоговым входам подключаются первичные преобразователи. Первичные преобразователи (датчики) преобразовывают физические параметры объекта в электрические величины, поступающие в контроллер для их дальнейшей обработки. В качестве входных датчиков контроллера могут быть использованы: Термометры сопротивления, резистивные датчики, термопары (преобразователи термоэлектрические), активные преобразователи с выходным аналоговым сигналом в виде постоянного напряжения или тока. Опрос датчиков и обработка их сигналов контроллером осуществляется последовательно по замкнутому циклу.

1.2.2 Термометры сопротивления.

Термометры сопротивления используются для измерения температуры окружающей среды в месте установки датчика. Их принцип действия датчиков

основан на существовании у ряда металлов воспроизводимой и стабильной зависимости активного сопротивления от температуры. Материалом для изготовления ТС в промышленности чаще всего используется специально обработанная медная или платиновая проволока. Выходные параметры ТС определяются их номинальными статическими характеристиками, стандартизованными ГОСТ Р 8.625-2006. Стенд, который используется в дипломной работе поддерживает PT 1000 и датчики Dallas, данные термометры имеют схожую разрядность с представленным устройством [3].

1.2.3 Термоэлектрические преобразователи (термопары)

Термоэлектрические преобразователи (термопары), применяются для измерения температуры. Термопары, в отличие от термометров сопротивления, обладают меньшими габаритами чувствительного элемента и поэтому они имеют меньшую теплостойкость и большим быстродействием, а также имеют более широкий диапазон измеряемых температур. Из минусов: более низкая точность измерения, высокая стоимость, необходимость подключения к прибору с использованием специальных термо-компенсационных проводов, низкой максимально допустимой длиной подключения, а также низкой помехозащищенностью линий связи датчик - прибор. Принцип действия ТП основан на эффекте Зеебека, в соответствии с которым нагревание точки соединения двух разнородных проводников вызывает на противоположных концах этой цепи возникновение электродвижущей силы – термоЭДС. Величина термоЭДС изначально определяется химическим составом проводников и зависит от температуры нагрева. К сожалению, в нашей модели системы вентиляции реализовать термопару является сложным процессом. Однако существуют термопары с готовым преобразованием в стандарт 420 мА, которые есть в спецификации устройства [3].

1.2.4 Работа с датчиками различных типов

Контроллер может быть использован одновременно для работы с различными типами датчиков – термометрами сопротивления, термопарами и т.п. При этом несущественно, к какому из входов контроллера будет подключен датчик того или иного типа, так как все входы контроллера идентичны и универсальны. После подключения датчикам к ним присваиваются порядковые номера тех входов контроллера, с которыми они соединены. Следует отметить, что большинство физических величин можно измерить с помощью датчиков 420 мА, которые, в свою очередь, легко подключить в нашу систему [3].

1.2.5 Дискретные входы

Для того, чтобы контролировать состояние внешнего оборудования, подключение внешних устройств управления состоянием контроллера и диагностики работоспособности системы предусмотрены семь дискретных входов (С1...С7), показанных в Таблице 2, они предназначены для подключения контактных датчиков типа «сухой контакт». В целом, промышленные контроллеры имеют «сухой контакт» и гальваническую развязку. В нашем случае модель является имитационной, поэтому нет высоких напряжений. То есть с точки зрения программного обеспечения, не возникнет особых проблем при проектировании и реализации системы управления вентиляции, так как в системе не будет возникать высоких напряжений, которые добавляют необходимость в «сухом контакте» и гальванической развязке.

Таблица 2 –Описание дискретных входов

Номер входа	Описание	Примечание
1	Вход датчика аварийного падения давления на приточном вентиляторе	Срабатывание входа обрабатывается спустя время t разгона вент. После входа в режим Нагрев, Охлаждение, Обратная и Вентиляция

Продолжение Таблицы 2

2	Датчик засорения воздушного фильтра	Срабатывание этого датчика вызывает изменение индикации на ЖКИ и включение лампы индикации аварийного режима, подключённой к выходу 6 MP1.
3	Датчик обмерзания водяного калорифера нагрева	При срабатывании этого датчика прибор из режимов Нагрев, Деж.Зим, Обратная переводится в режим Замерз.
4	Датчик пожарной сигнализации	Срабатывание этого датчика переводит прибор в дежурный режим и блокирует выход из него на время, пока замкнут датчик С5. Ко входу С5 подключается соответствующий выход контроллера пожарной сигнализации.
5	Вход датчика аварийного падения давления на вытяжном вентиляторе	Срабатывание входа обрабатывается спустя время t разгона вент. После входа в режим.
7	Выключатель смены уставки в зимнее время.	В зимнее время при замкнутом выключателе будет действовать Уставка Тприт ЗН, при разомкнутом – Уставка Тприт ЗД. Включение выключателя С8 блокирует переход в дежурный режим в зимнее время в связи с наступлением ночи, либо выходного дня.

1.3 «СРМ713-01» - Программируемый контроллер

Программируемый логический контроллер (ПЛК) СРМ713 предназначен для управления модулями ввода-вывода FASTWEL-I/O в системах сбора и обработки данных, построенных на базе интерфейса Ethernet и протоколов прикладного уровня MODBUS TCP (ведущий/ведомый элемент узла сети) и DNP3 (только ведомый элемент узла сети) [4].



Рисунок 3 – Контроллер «CPM713-01»

1.3.1 Среда программирования

Контроллер CPM713 поддерживает все модули FASTWEL-I/O, автоматически определяет состав подключенных модулей, также производит конфигурацию модулей. Контроллер CPM713 должен быть запрограммирован пользователем в среде программирования CoDeSys, адаптированной для системы FASTWEL-I/O.

1.3.2 Эксплуатация

Контроллер имеет в себе встроенный источник питания для модулей ввода–вывода, установленных на внутренней шине FBUS. Цепи интерфейса Ethernet изолированы гальванически от внутренних цепей контроллера CPM713. Подключение к внешней полевой шине осуществляется с помощью соединителя интерфейса Ethernet [4].

1.3.3 Возможности

Контроллер СРМ713 может одновременно выполнять функции мастера и подчиненного узла сети Modbus TCP, а также обеспечивает возможность реализации пользовательских протоколов поверх UDP и TCP в приложениях CoDeSys2.3 с использованием системной библиотеки FastwelSysLibSockets.lib.

В контроллере реализована поддержка сетевого протокола DNP3 с функциями подчиненного узла (outstation) уровня совместимости не ниже Level 2 и рядом дополнений Level 3. Поддержка протокола DNP3 позволяет системным интеграторам, работающим в таких отраслях, как электроэнергетика, добыча и транспортировка нефти и газа, а также водоочистка и водоподготовка, безболезненно комплексовать существующее DNP3-оборудование с узлами и подсетями, реализованными на Fastwel I/O.

Сервис подчиненного узла DNP3 контроллера функционирует через интерфейсы физического уровня RS-232C и RS-485 при скоростях обмена от 1200 до 115200 бит/с, в качестве которых могут использоваться как встроенные порты контроллеров, так и коммуникационные модули [NIM742](#) и [NIM741](#), подключенные к межмодульной шине контроллера.

Информационный обмен между мастерами DNP3 и контроллером может выполняться как путем опроса со стороны мастера, так и с использованием инициативных сообщений от контроллеров в адрес мастера при изменении значений или состояний сетевых переменных

Контроллер, выступая в роли мастера узла сети, может интегрироваться с любым GPS-приемником, поддерживающим протокол NMEA 0183 через коммуникационный модуль [NIM742](#). Встроенное в мастер приложение CoDeSys 2.3 определяет точное время на основе данных GPS-приемника и корректирует системные часы. При использовании GPS-приемника, поддерживающего формирование сигнала 1PPS и подключенного к коммуникационному модулю NIM742, точность привязки к единому времени может составлять единицы

миллисекунд. Данный функционал позволяет встраивать узлы и подсети Fastwel I/O на любом уровне систем сбора данных и управления, требующих наличия точного единого времени для синхронизации управления технологическими процессами и точного учёта показателей его работы, например, в АИИС КУЭ и АСУ ТП с синхронизацией времени [4].

Помимо этого, контроллер СРМ713 обеспечивает поддержку синхронизации времени по протоколу SNTP, что позволяет использовать его как в качестве клиента, так и в качестве сервера службы единого сетевого времени. Все данные представлены в таблице 3. Второй вариант позволит системным интеграторам сэкономить существенные средства при развёртывании АСУ ТП на объектах с тяжёлыми условиями эксплуатации.

Таблица 3 Характеристики контроллера

Название	Описание
Сетевой интерфейс	10/100Base-TX Ethernet
Протокол передачи	Modbus RTU (master/slave), DNP3-L2 Outstation (slave)
Максимальное число узлов сети	Определяется спецификацией Ethernet
Среда передачи данных	Витая пара UTP 100 категории 5
Максимальная длина кабеля	100 м. Определяется спецификацией Ethernet
Скорость передачи данных	10/100 Мбит/с
Число модулей ввода-вывода	До 64
Напряжение питания	24 В (+20%/-15%) постоянного тока
Установившееся значение тока	Не более 150 мА (при напряжении 24 В)
Энергонезависимая память	131056 байт
Часы реального времени	Встроены, стандартные для систем X86
Среднее время наработки на отказ	360 000 ч

1.4 Заключение обзора

Целью обзора контроллеров, проведенного выше, являлось изучение характеристик и возможностей каждого контроллера при работе с автоматическим управлением по указанному алгоритму температурой приточного воздуха в системах вентиляции. Некоторые из перечисленных контроллеров, например: ОВЕН ТРМ133М-02, могут работать в среде программирования CoDeSys. Это является возможным при соответствии технического задания возможностям самого виртуального контроллера в данной среде. CoDeSys (Controller Development System) - это самый популярный в мире аппаратно-независимый комплекс для прикладного программирования ПЛК и встраиваемых контроллеров. Основным его компонентом является среда программирования на языках стандарта МЭК 61131-3. Комплекс работает на компьютере. Программы компилируются в машинный код и загружаются в контроллер. Любую задачу, которая имеет решение в виде программы, можно реализовать в CoDeSys. Данная среда отлично подходит для работы с большинством контроллеров и будет являться основой в данной дипломной работе. В стенде, который реализован совместно с Arduino, есть возможность создавать любые проекты с ограничением в восемь каналов аналоговых-цифровых преобразователей (АЦП), пять каналов цифровых входов и четыре канала аналоговых выходов. То есть представленный контроллер уже не отстает от «ОВЕН ТРМ133М-02» по характеристикам. Созданные проекты в CoDeSys можно пере-подключить на известных промышленных контроллерах и работать с системой управления, однако не рекомендуется использовать данные проекты в реальных промышленных установках, так как они созданы для учебных целей.

2 Выбранная техническая реализация

Из всех систем, которые работают во времени дискретизации 10 раз в секунду, сложная и богатая с точки зрения автоматизации является система вентиляции. Она является эталоном для начинающих разработчиков систем управления промышленных контроллеров. Так как калорифер, используемый в системе вентиляции очень чувствителен к резким изменениям в температуре, поэтому для него нужно использовать разные регуляторы и алгоритмы. Система вентиляции является «проблемным» в хорошем смысле объектом для изучения принципов автоматизации.

2.1 Прототип Системы Вентиляции

Известные производители могут не выпустить в открытый доступ проекты систем вентиляции на ПЛК. Данные проекты довольно популярно из-за хорошего программного обеспечения и реализации в целом. Поэтому может случиться так, что мы имеем готовый код в CoDeSys, но не имеется исходный проект, так как его создатель решил коммерциализировать проект. Поэтому для реализации системы управления необходим прототип.

Имеется доступный прототип управления системы вентиляции на ПЛК фирмы «NPO WEST». Этот прототип является отличным примером для данной дипломной работы и будет взят за ее основу, так как он себя зарекомендовал и используется более чем на 20 объектах. Он отражен ниже на рисунке 4. Логика данного прототипа нестандартна (отличается от стандарта МЭК 61131-3). В связи с этим, основной задачей этой работы будет являться реализация этого прототипа в среде программирования CoDeSys V2.3.

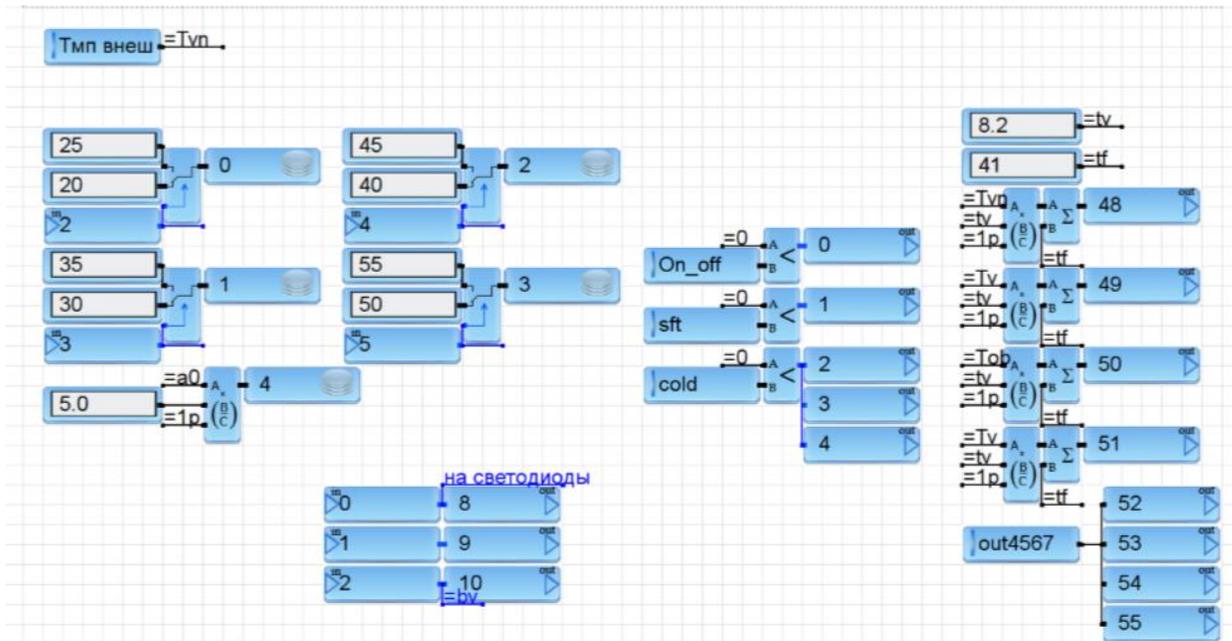
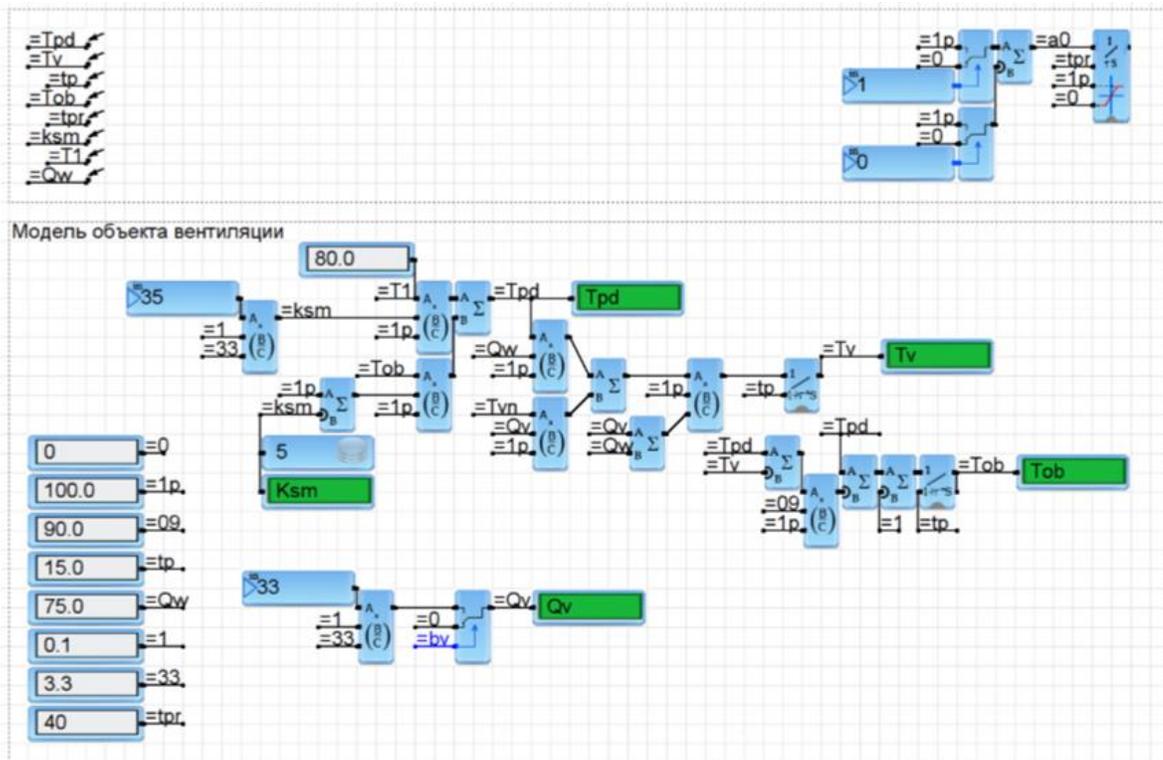


Рисунок 4 – Математическая модель динамики объекта

Для того, чтобы произвести отладку системы собирается объект вентиляции. На регуляторе вырабатывается положение клапана (0.1 В), поступает Ksm (коэффициент смешения) и нормируется к 100% (либо к 1).

Коэффициент смещения вычисляется в зависимости от того, какие параметры смешиваются друг с другом. В данном случае такими параметрами являются T_1 (значение температуры, поступающей с теплосети) и $T_{обр}$ (значение температуры, которое возвращается обратно в сеть).

При минимальном K_{sm} на теплообменник идет 100% значение $T_{обр}$, при максимальном – T_1 . Наша задача – подобрать коэффициент смещения так, чтобы с теплообменника выходил воздух, температура которого была равна заданному нами значению. После этого формируется T_{pd} (Температура подачи - значение температуры, поданной на калорифер).

Далее эта вода остывает и степень этого процесса зависит от потока. Здесь важны два значения потока: Q_w и Q_v (поток воды и поток воздуха, соответственно). Под этими значениями понимается теплоемкость воды/воздуха, помноженных на объем.

Другой параметр T_{vn} (температура внешняя) перемножается на значение потока воды Q_v и, получившееся значение складывается со значением T_{pd} (температура подачи), перемноженного на Q_w (поток воды). В результате этого, получаем смешанное значение температуры после теплообмена воды и воздуха.

Помимо этого, стоит отметить, что, чем выше Q_v , тем ближе его значение будет к значению T_{vn} , а чем его значение меньше, тем значение будет ближе к T_{pd} . Однако воздух не приходит мгновенно, вместе с этим происходят динамические процессы, поэтому в данную схему включается инерционная цепь. В ней важным параметром является значение t_p – постоянное время перехода, через которое происходит смена режима, выставляемая по значению коэффициента смещения. Далее рассмотрим схему регулятора, изображенную на рисунке 5.

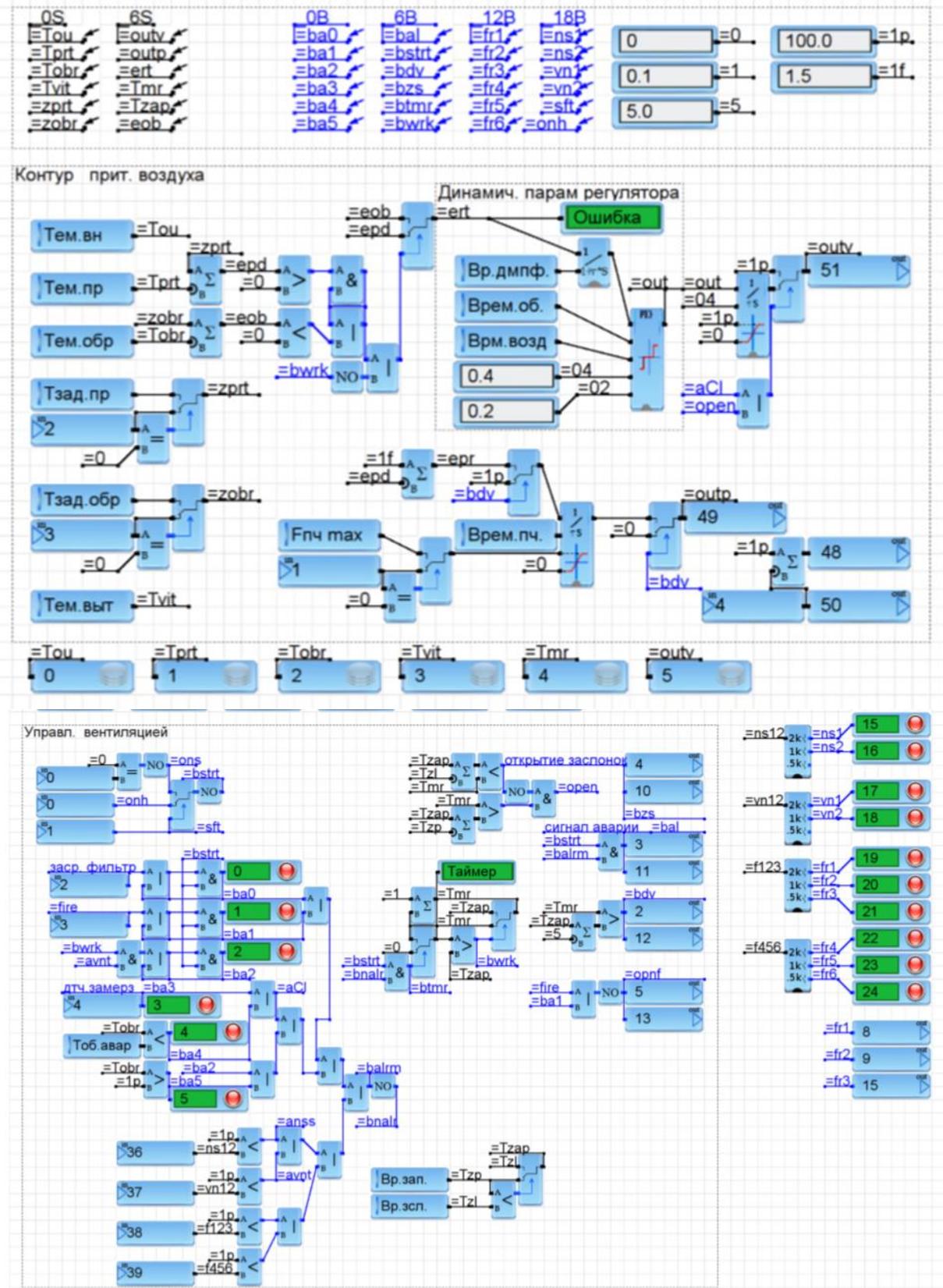


Рисунок 5 Схема регулятора прототипа

Данный проект функциональных блоков открыт для скачивания [6], поэтому будет поставлена задача реализовать его в CoDeSys, подробно описать процесс создания этого проекта и как система приспособливается к реальному объекту.

Для начала будет описан процесс работы регулятора, он состоит из двух систем. Первая система обеспечивает динамическое поддержание температуры воздуха (обозначена как «Контур притока воздуха» на рисунке 5), а вторая обеспечивает своевременное включение трех триггерных флагов: bwrk, open и флаг двигателя (обозначена как «Управление вентиляцией» на рисунке 5).

Сначала будет рассмотрена верхняя схема. Основная ее задача заключается в том, чтобы поддерживать температуру приточного воздуха при условии, что температура теплоносителя не превышает заданный порог и схема действует в рабочем режиме (флаг bwrk в значении истины). Если температура теплоносителя превышает заданный порог, то система будет выполнять поддержку обратной температуры. Причиной этого может быть, например, засорение калорифера. Когда режим не рабочий, то система также работает по температуре теплоносителя с целью сохранения тепла в калорифере.

Система открывается полностью при двух условиях: когда сработал входной канал замерзания, либо в процессе прогрева перед пуском (условия при пуске могут быть некомфортны, например, внешняя температура -40 градусов). Помимо этого, в схеме присутствует плашка «Ошибка», идущая на разработанный ПИД – регулятор, который в аналоговом формате формирует коэффициент смещения. Обзор нижней схемы следует начать с части, созданной для регуляции аварийных режимов.

В первую очередь стоит отметить, что все аварии делятся на: фиксируемые и нефиксируемые. Последние способны вернуть систему в рабочее состояние после устранения аварии, фиксируемые – только после полного выключения системы.

При положительном сигнале на элементе по (balm) разрешается работа таймера, то есть аварий в системе нет. Если же это значение отрицательное, то таймер обнуляется и система не запускается. Если авария не связана с холодом, то также закрываются заслонки и калорифер. Таймер включает в себя время открытия заслонки и время запуска. Заслонки открывают шлюз для потока воздуха. Если установить это время слишком маленьким значением, то двигатель может включиться раньше открытия заслонок.

В результате этого может образоваться вакуум в воздуховодах. В этом случае возможны сильные помповые удары, а это недопустимо для системы. Время запуска – это время поворота клапана, который управляет смешением. При старте этот клапан должен быть открыт полностью. Об этом, как раз, и сигнализирует флаг open. Оба эти значения времени являются постоянными и устанавливаются вручную.

Из многих задач, поставленных в этой работе, выделяются две задачи. Первая заключается в том, что прототип ПИД регулятора не является в открытом доступе, поэтому он будет самостоятельно реализован на FBD логике в CoDeSys, для этого необходимо настроить его параметры из полученных переходного процесса модели объекта. Вторая задача состоит в том, чтобы построить модель объекта систему вентиляции в программной среде, используя блок схемы и визуализацию. Реализация конечных алгоритмов защиты в аварийных случаях не входит в рамки данной дипломной работы, поскольку данная работа достаточно насыщенная и рассмотрение алгоритмов защиты их решение будет вопросом отдельной бакалаврской работы.

3 Математическое обеспечение для ПИД регулятора

CoDeSys создали программисты для технологических задач, однако они не являются специалистами в динамике нелинейных системах управления и теорий автоматического управления. Для этого достаточно посмотреть принцип построения встроенного в программе ПИД регулятора, который не особо соответствует инженерным требованиям. ОВЕН предлагает отличную библиотеку ПИД регуляторов, однако она распространяется только на их контроллерах [3]. Но это не является проблема, достаточно иметь базу знаний в Теории Автоматического Управления (ТАУ), в которую входит пять типовых звеньев. Для нашего случая достаточно трёх: Интегрирующее, Инерционное и Реальное Дифференцирующее звенья. Это является математическом обеспечением, которое позволит использовать возможности теории автоматического управления.

3.1 Интегрирующее звено

В данном разделе будет рассмотрен анализ нескольких звеньев в системе управления вентиляции. С помощью билинейного преобразования будет получено разностное уравнение, которое необходимо ввести в код будущей программы для моделирования этих звеньев и последующего совмещения в ПИД регулятор. Интегрирующее звено описывается следующей переходной функцией [5]:

$$W(s) = \frac{1}{Ti \cdot s}$$

Билинейное преобразование – непрерывное отображение передаточной функции $W(s)$ корректирующего звена системы управления непрерывной формы в передаточную функцию $W(z)$ линейной системы в дискретной форме. Справедливо следующее преобразование:

$$s \Leftrightarrow \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (1)$$

Где « Δt » период дискретизации сигнала.

Подставляем данное преобразование в переходную функцию выше и собираем полином по отрицательным степеням, получается:

$$W(z) = \frac{\Delta t \cdot (1 + z^{-1})}{2Ti \cdot (1 - z^{-1})} = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

Затем перемножаются числитель и знаменатель:

$$Y(z) \cdot 2Ti \cdot (1 - z^{-1}) = X(z) \cdot \Delta t \cdot (1 + z^{-1})$$

Преобразовывается уравнение в следующее:

$$2Ti \cdot (Y(z) \cdot 1 - Y(z) \cdot z^{-1}) = \Delta t \cdot (X(z) \cdot 1 + X(z) \cdot z^{-1})$$

При умножении входного или выходного значения на « z^{-1} », получается это же значение, в момент $(t - \Delta t)$. То есть это эквивалентно во временной форме задержку сигнала на шаг назад.

$$2Ti \cdot (Y(t) - Y(t - \Delta t)) = \Delta t \cdot (X(t) + X(t - \Delta t))$$

Затем переносится выходное значение в левую часть уравнения.

Разностное уравнение — уравнение, связывающее значение некоторой неизвестной функции в любой точке с её значением в одной или нескольких точках, отстоящих от данной на определенный интервал [5].

Применяется для описания дискретных систем. Это разностное уравнение показывает текущее значение, выраженное через текущие входные значения вместе с прошлыми.

$$Y(t) = Y(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2Ti} \cdot (X(t) + X(t - \Delta t))$$

Так же справедливо следующее равенство:

$$Y = Y1 + \frac{\Delta t}{2Ti} \cdot (X + X1)$$

Где « $Y1$ » и « $X1$ » в первую итерацию будут равны нулю, а потом будут получать значения « Y » и « X » за каждую последующую итерацию соответственно.

3.2 Инерционное звено

Данное звено описывается следующей переходной функцией [5].

$$W(s) = \frac{k}{1 + T \cdot s}$$

Подставляем (1) в переходную функцию выше, получается:

$$W(z) = \frac{k}{1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

Данное выражение приводится к общему знаменателю

$$W(z) = \frac{k}{\frac{1 \cdot (1 + z^{-1}) + T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}{1 + z^{-1}}} = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

Производится дальнейшее упрощение и раскрытие скобок

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{k + k \cdot z^{-1}}{1 + z^{-1} + T \cdot \frac{2}{\Delta t} - T \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot z^{-1}}$$

Переписывается выражение

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{k + k \cdot z^{-1}}{(1 + T \cdot \frac{2}{\Delta t}) - (T \cdot \frac{2}{\Delta t} - 1) \cdot z^{-1}}$$

Затем перемножаются числитель и знаменатель

$$Y(z) \cdot \left(\frac{\Delta t + T \cdot 2}{\Delta t} \right) - \left(\frac{T \cdot 2 - \Delta t}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = X(z) \cdot k + X(z) \cdot z^{-1} \cdot k$$

При умножении входного или выходного значения на « z^{-1} », получается это же значение, в момент $(t - \Delta t)$.

$$Y(t) \cdot \left(\frac{\Delta t + T \cdot 2}{\Delta t} \right) - \left(\frac{T \cdot 2 - \Delta t}{\Delta t} \right) \cdot Y(t - \Delta t) = X(t) \cdot k + X(t - \Delta t) \cdot k$$

Затем переносится выходное значение в левую часть уравнения.

$$Y(t) = \left(\frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} \right) \cdot Y(t - \Delta t) + \frac{k \cdot \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X(t) + X(t - \Delta t))$$

Так же справедливо следующее равенство, которое удовлетворяет разностному уравнению:

$$Y = \left(\frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t}\right) \cdot Y1 + \frac{k \cdot \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X + X1)$$

Где «Y1» и «X1», как и в прошлом случае, в первую итерацию будут равны нулю, а потом будут получать значения «Y» и «X» за каждую последующую итерацию соответственно.

3.3 Дифференциальное звено

Данное звено описывается следующей переходной функцией [5]:

$$W(s) = \frac{Td \cdot s}{1 + Tf \cdot s}$$

Подставляем преобразование (1) в переходную функцию выше, получается:

$$W(z) = \frac{Td \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}}{1 + Tf \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}}$$

Данное выражение приводится к общему знаменателю

$$W(z) = \frac{Td \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}{1 + z^{-1} + Tf \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}$$

Производится дальнейшее упрощение и раскрытие скобок

$$W(z) = \frac{Td \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}{1 + Tf \cdot \frac{2}{\Delta t} + z^{-1} - Tf \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot z^{-1}} = \frac{Td \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}{(1 + Tf \cdot \frac{2}{\Delta t}) + (1 - Tf \cdot \frac{2}{\Delta t}) \cdot z^{-1}}$$

Переписывается выражение

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{Td \cdot \frac{2}{\Delta t} \cdot (1 - z^{-1})}{(1 + Tf \cdot \frac{2}{\Delta t}) + (1 - Tf \cdot \frac{2}{\Delta t}) \cdot z^{-1}}$$

Затем перемножаются числитель и знаменатель

$$Y(z) \cdot \left(\frac{\Delta t + T_f \cdot 2}{\Delta t} \right) + \left(\frac{\Delta t - T_f \cdot 2}{\Delta t} \right) \cdot Y(z) \cdot z^{-1} = Td \cdot \frac{2}{\Delta t} (X(z) - X(z) \cdot z^{-1})$$

При умножении входного или выходного значения на « z^{-1} », получается это же значение, в момент $(t - \Delta t)$. Затем переносится выходное значение в левую часть уравнения.

$$Y(t) = \left(\frac{\Delta t - T_f \cdot 2}{\Delta t + T_f \cdot 2} \right) \cdot Y(t - \Delta t) + \frac{2 \cdot Td}{\Delta t + T_f \cdot 2} (X(t) - X(t - \Delta t))$$

Так же справедливо следующее равенство, которое удовлетворяет разностному уравнению:

$$Y = \left(\frac{2 \cdot T - \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} \right) \cdot Y1 + \frac{k \cdot \Delta t}{2 \cdot T + \Delta t} (X + X1)$$

Где « $Y1$ » и « $X1$ », как и в прошлом случае, в первую итерацию будут равны нулю, а потом будут получать значения « Y » и « X » за каждую последующую итерацию соответственно.

$$Y = \left(\frac{\Delta t - T_f \cdot 2}{\Delta t + T_f \cdot 2} \right) \cdot Y1 + \frac{2 \cdot Td}{\Delta t + T_f \cdot 2} (X - X1)$$

В итоге у нас есть все необходимые звенья для реализации системы управления, для этих целей нужно воспользоваться теоретическим материалом дисциплины теории автоматического управления.

3.4 Определение параметров объекта из переходного процесса

Для определения передаточной функции объекта, необходимо получить переходный процесс объекта [5], представленный на рисунке 6. Данный реальный переходный процесс был получен в среде CoDeSys с помощью динамического графика «Trace» путем изменения установившегося значения температуры нагревателя исследуемого стенда от 30 до 39 градусов Цельсия.

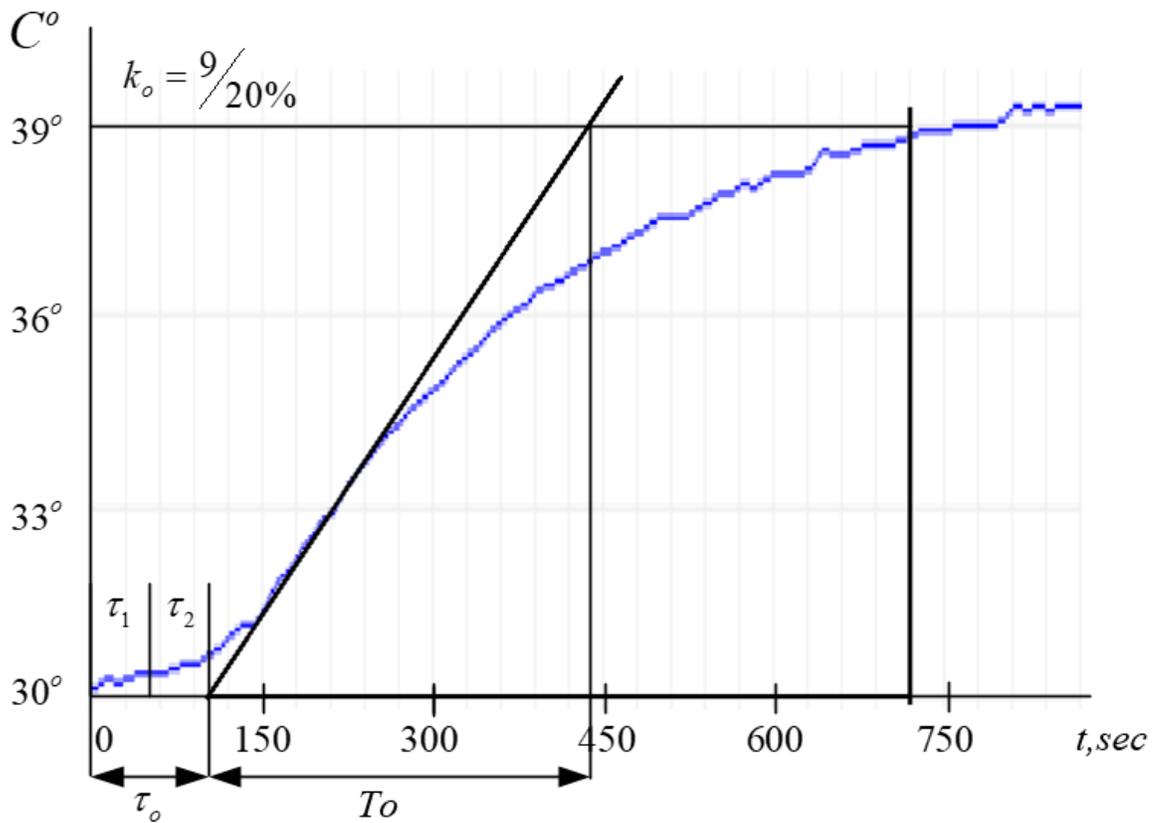


Рисунок 6 – Переходный процесс температуры нагревателя

Модель объекта будет иметь переходную функцию, представленную ниже, так как она является более оптимальной [5].

$$W_o = \frac{k_o}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)(\tau_o s + 1)} \quad (2)$$

Из графика переходной процесса определяем постоянные времени (τ_1, τ_2, τ_o) и коэффициент передачи k_o и получаем:

$$W_o = \frac{0.45}{(55s + 1)(55s + 1)(215s + 1)}$$

Для нахождения параметров регулирования (T_i, k_p, T_d) , можно воспользоваться двумя способами.

Первым способом для нахождения параметров ПИД регулятора является использование правила Модульного оптимума, который реализован в учебной литературе в виде эмпирических формул [5]:

$$T_i = \tau_1 / k_o; k_p = \frac{(\tau_2 + \tau_3)}{T_i}; T_d = \frac{\tau_2 \cdot \tau_3}{T_i}; T_f = \tau_1 / 5$$

Подставляем значения и получаем следующие параметры регулятора:

$$T_i = 122; k_p = 2.21; T_d = 96.8; T_f = 11$$

Также существует метод симметричного оптимума [5]. Но в данной дипломной работе более интересный другой метод нахождения параметров с помощью программного обеспечения. Вторым способом нахождения оптимальных параметров регулятора является использование функционала. Он требует наличия пакета программного обеспечения (MATLAB, Scilab), где используются уже имеющиеся функции вычисления параметров.

Для начала следует записать в общем виде функцию объекта (2), представленной ниже

$$W_o = \frac{k_o}{a_o + a_1s + a_2s^2 + s^3} = \frac{Y}{X} \quad (3)$$

где коэффициенты полинома знаменателя в (3) выражены с помощью параметров из (2):

$$a_o = \frac{1}{\tau_1\tau_2\tau_0}; a_1 = a_o(\tau_1 + \tau_2 + \tau_0); a_2 = (\tau_1\tau_2 + \tau_2\tau_3 + \tau_1\tau_3)$$

С помощью обратного преобразования Лапласа и перемножения дробей, получаем дифференциальное уравнение переходной функции объекта, представленной в форме Коши:

$$y''' = -a_o y - a_1 y' - a_2 y'' + x \cdot k_p \quad (4)$$

Что касается параметров регулятора, то сначала запишем его переходную функцию

$$W_p = \frac{b_o + b_1s + b_2s^2}{r_o + r_1s + s^2} = \frac{U}{E} \quad (5)$$

Снова с помощью обратного преобразования Лапласа и перемножения дробей, получаем дифференциальное уравнение переходной функции регулятора:

$$u'' = +b_0 e + b_1 e' + b_2 e'' - r_1 u'$$

Так как ошибка E равна заданному значению минус выходное значение, а в нашем случае задание равно нулю, получаем ($E = -U$). Подставляем в уравнение выше и получаем:

$$u'' = -b_0 y - b_1 y' - b_2 y'' - r_1 u' \quad (6)$$

Эта замкнутая система включает векторы переменных состояния, в которых есть управление и выход. Следовательно можно реализовать функционал, ограничивающий амплитуду управления и выхода.

Чтобы найти коэффициенты (b_0, b_1, b_2, r_1) в (4), нужно взять форму записи ПИД регулятора [5]:

$$W_p = k_p + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{1 + T_f s}$$

И преобразовать до формы отношения двух полиномов переходной функции, представленной ниже.

$$W_p = \frac{(k_p + \frac{T_d}{T_f})s^2 + (\frac{k_p}{T_f} + \frac{T_f}{T_i})s + \frac{1}{T_i T_f}}{\frac{T_i}{T_f} s + s^2}$$

Получаем значения коэффициентов для переходной функции регулятора (4):

$$b_0 = \frac{1}{T_i T_f}; \quad b_1 = \frac{k_p}{T_f} + \frac{T_f}{T_i}; \quad b_2 = k_p + \frac{T_d}{T_f}; \quad r_1 = \frac{T_i}{T_f};$$

С помощью программного обеспечения «Scilab» прописывается скрипт, показанный на рисунке 7.

```

1 T1=55;T2=55;T3=215;Ko=0.45;
2 //T1=20;T2=20;T3=150;Ko=0.45;
3 a0=1/(T1*T2*T3); a1=(T1+T2+T3)*a0;
4 a2=(T1*T2+T2*T3+T3*T1)*a0;
5 k=0.45*a0;
6 sTi=T1/Ko; sKp=(T2+T3)/sTi; sTd=T2*T3/sTi; Tf=T1/10;
7 p0=[sKp;sTi;sTd];
1 function J=fnk(p)
2 Kp=p(1); Ti=p(2); Td=p(3); Tf=T1/10;
3 b0=1/(Tf*Ti); b1=Kp/Tf+1/Ti; b2=Kp+Td/Tf; r1=1/Tf;
4 //y0 y1 y2 u u1
5 A=[
6 0 1 0 0 0;
7 0 0 1 0 0;
8 -a0 -a1 -a2 k 0;
9 0 0 0 0 1;
10 -b0 -b1 -b2 0 -r1
11 ];
12 function dx=syst1(t,x), dx=A*x, endfunction
13 function J=Jac(t,y), J=A, endfunction
14 x0=[-1;0;0;0;0]; t0=0; t=0:10:1000;
15 y=ode("rk",x0,t0,t,syst1, Jac);
16
17 J=(y(1,:))*'(y(1,:))'+(y(4,:))*'(y(4,:))'*0.05;
18 endfunction
26
1 function [f,g,ind]=cst(p,ind)
2 f=fnk(p); g=numderivative(fnk,p);
3 endfunction
30 [f,xopt]=optim(cst,p0);

```

Рисунок 7 – Скрипт для нахождения минимума функционала

В данном скрипте прописаны действия и зависимости, которые были анализированы выше в математической разделе. Что касается 6-ой строки, там находятся начальные параметры регулятора по симметричному оптимуму [5], для которых программа будет искать минимум функционала, то есть они являются начальными параметрами. Затем в 7-ой строке формируется массив этих параметров, который будет использоваться как начальные условия в следующей

функции. Следует отметить, что в 5-ой строке (внутри функции) заполняется так называемая матрица Фробениуса из параметров регулятора (4) и объекта (6). Решение дифференциального уравнения обеспечивает функция «ode» в 15-ой строке, для которой нужно указать систему в 12-ой строка. Она является стандартной формой записи дифференциальных уравнений, где нужно оформить матрицу, которая соответствует данной форме. Упомянутая матрица прописывается с 5-ой по 11-ой строки. На 30-ой строке прописана готовая функция поиска минимума функционала и нахождения оптимальных параметров.

Получается матрица следующим образом, на самом деле она состоит из двух матриц Фробениуса. Первая по управлению (влияние регулятора на объект), а вторая по объекту (влияние ошибки объекта на регулятор). Если имеются однородные дифференциальные уравнения, то для них можно записать уравнение в матричной форме, представленной ниже.

$$\begin{bmatrix} y' \\ y'' \\ y''' \\ u' \\ u'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 & k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -b_0 & -b_1 & -b_2 & 0 & -r_1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y \\ y' \\ y'' \\ u \\ u' \end{bmatrix}$$

Для замкнутой системы, такая форма записи является универсальной для поиска минимума в функционале.

Указанный выше метод функционала помогает получить следующие параметры ПИД регулятора:

$$k_p = 29; T_i = 4.4; T_d = 1800$$

Данные параметры вносятся в ПИД регулятор, при условии, что форма регуляторов в скрипте и в блок-схеме CoDeSys одинакова. В нашем случаи они разные, поэтому воспользуемся формулами перехода [5]:

$$k_{p1} = k_p; T_{i1} = k_p T_d; T_{d1} = \frac{T_d}{k_p}$$

$$k_{p1} = 29; T_{i1} = 128; T_{d1} = 62$$

Графики переходных процессов на единичный сигнал обоих способов представлен на рисунке 8. Здесь видно, что параметры, найденные с помощью функционала являются более оптимальными. Не смотря на небольшое перерегулирование, время нарастания примерно на 230 секунд меньше, а это почти 4 минуты.

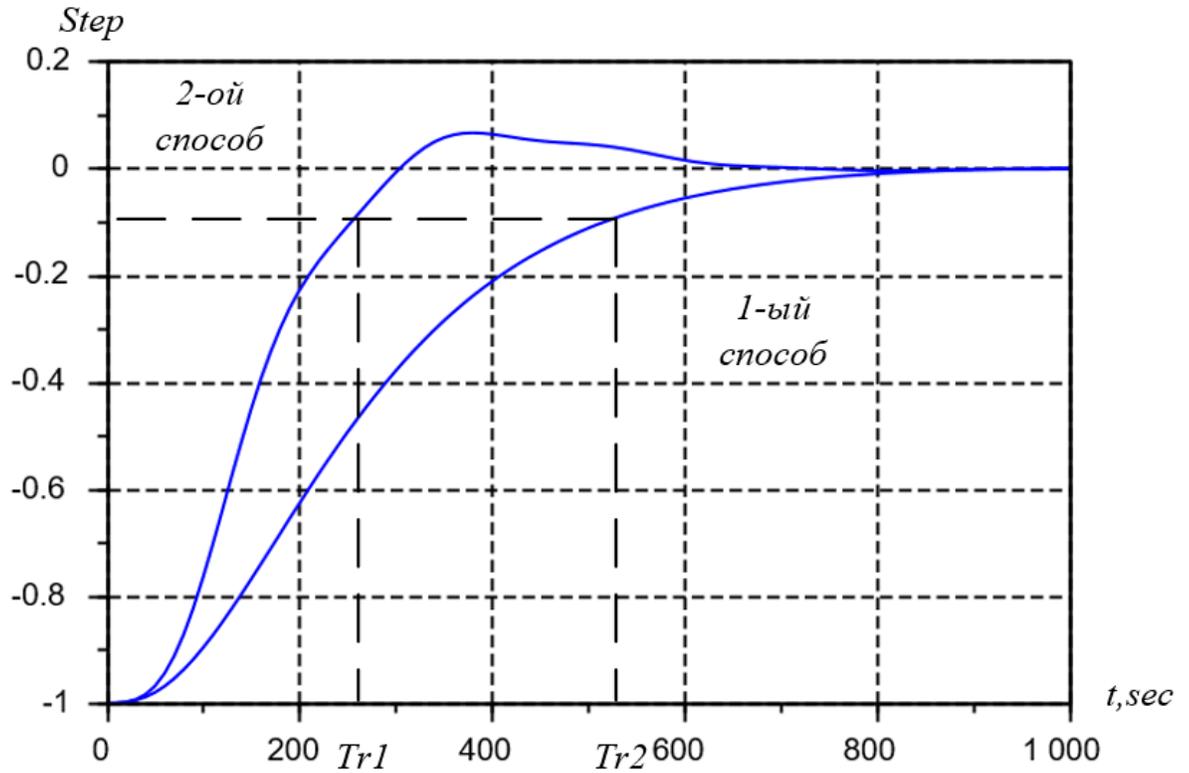


Рисунок 8 –Переходные процессы обоих способов нахождения параметров

Модель ПИД регулятора будет реализована в четвертом разделе дипломной работы, где будет прописана пошаговая инструкция процесса сборки.

4 Реализация системы вентиляции

4.1 Создание блоков регулятора

Сначала необходимо разобрать блоки, которые будут использоваться в программе CoDeSys 2.3 в данном проекте. Для того, чтобы создать новую рабочую область для блоков, необходимо в левом окне программы (в браузере) правой кнопкой мыши вызвать меню и выбрать новый объект «New object». Появится новое окно, как показано на рисунке 9, слева можно выбрать тип программы, а справа – язык, на котором будет написана данная программа.

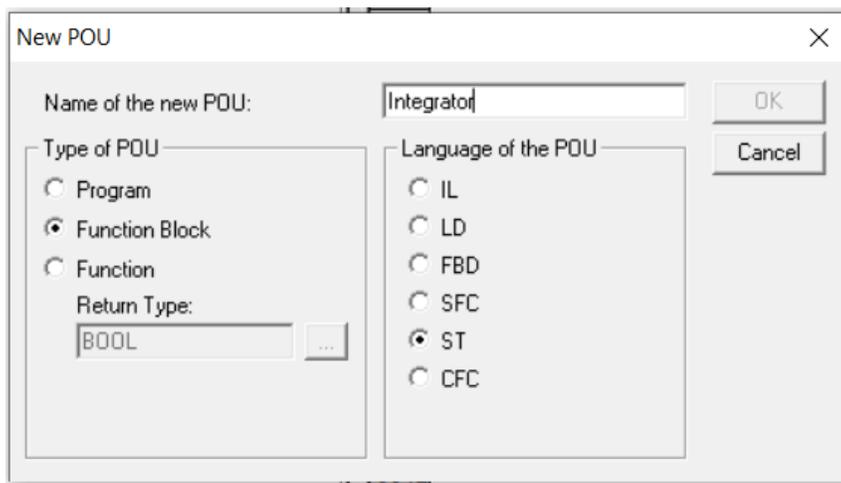


Рисунок 9 – Окно создания нового объекта

Для создания простого блока достаточно выбрать в левой части функциональный блок «Function Block», а язык программы выбрать «ST» от выражения «Structured Text». Данный тип состоит из последовательности инструкций, которые определяются высоким уровнем в языке программирования, как «IF..THEN..ELSE» или могут выполняться в циклах «WHILE..DO». Примеров языка ST может служить пример, показанный на рисунке 10.

```
IF value < 7 THEN
  WHILE value < 8 DO
    value:=value+1;
  END_WHILE;
END_IF;
```

Рисунок 10 – Пример языка ST

Данный пример является программой – счетчиком. Допустим, переменная «value» будет иметь значение ноль. Разберем код по каждой строке, в первой строке переменная меньше семи, значит она проходит через условие «IF». Затем переходим в цикл «While», пока переменная имеет значение равное строго меньше восьми, то к данной переменной прибавляем единицу. В конечном итоге переменная проходит заново через условие и пока она не приравняется к семи, цикл не остановится. В итоге получается, что переменная прошла через условие и цикл 7 раз.

```

0001 FUNCTION_BLOCK Integrator
0002 VAR_INPUT
0003     X: REAL;
0004     T: REAL;
0005     tt: REAL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008     Y: REAL;
0009 END_VAR
0010 VAR
0011     Y1: REAL;
0012     X1: REAL;
0013 END_VAR
0014
<
0001 Y:=Y1+tt*(X+X1)/(2*T);
0002 X1:=X;
0003 Y1:=Y;
0004

```

Рисунок 11 – Программа работы интегрирующего звена

После того, как был создан функциональный блок, необходимо прописать программу его работы. На самом деле, это будет всего лишь формула его работы, а именно – разностное уравнение интегрирующего звена, которое мы вывели из математического расчета в третьем разделе дипломной работы. Нет необходимости заполнять поле, как в первой части рисунка 11. Нужно прописать

уравнение, и программа сама спросит, какого они будут типа и пропишет их сверху.

Важно правильно указать все входы и выходы блока. К входным переменным «VAR_INPUT» будут относиться: «X», «T» и «tt» – Вход, время интегрирования и частота дискретизации соответственно. Выходной переменной «VAR_OUTPUT» будет являться «Y» – выход функционального блока. К промежуточным переменным будут относиться промежуточные значения входа и выхода «X1» и «Y1» соответственно.

Далее необходимо уже созданный функциональный блок выявить. Для этого уже существует в браузере программы раздел с названием «PLC_PRG», это и есть главная программа в среде. На ней и будет создаваться наш блок и ПИ регулятор. Чтобы это сделать, в пустом поле правой кнопкой мыши выбираем блок «Box», появляется прямоугольник с тремя вопросительными знаками. Вместо них прописывается название блока, в данном случае это «Integrator». После этого отображаются все входы и выходы и программа просит присвоить уникальное название данному блоку. Схема блока показана на рисунке 12.

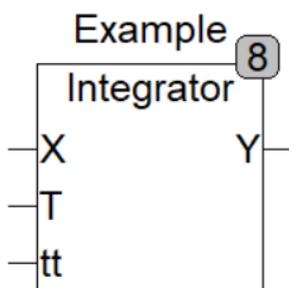


Рисунок 12 – Блок схема интегрирующего звена

Следующим шагом будет процесс создания пропорционально-интегрирующего (ПИ) регулятора. Для этого также создается новый функциональный блок и в новом элементе «Box» прописывается название уже существующего интегратора «Integrator». Схема готового ПИ регулятора будет выглядеть, как на рисунке 13. Помимо этого, в блоке присутствует ограничивающее условие. Интегрирующее звено при наличии ошибки может

расти бесконечно, поэтому необходимо поставить ограничение значения на уровне интегрирования. Иначе регулятор попросту не сможет функционировать. Значение ограничивается 255 в качестве нормированного значения.

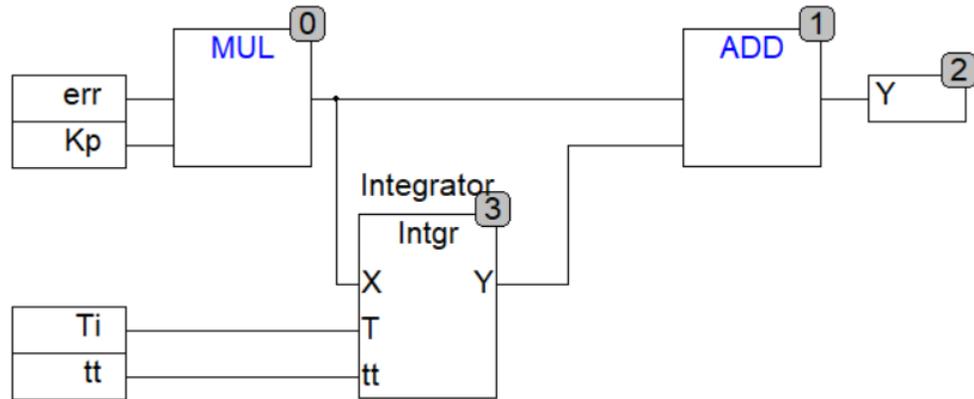


Рисунок 13 – Блок схема ПИ регулятора

Здесь есть два новых блока «MUL» и «ADD», от английского «Multiplication» – умножение, «Addition» – сумма. Они создаются похожим образом через блок «Box», где прописывается их название, как показано на данном примере. Что касается переменных, программа сама предлагает куда их прописать.

Далее добавляется дифференцирующее звено по той же последовательности с использованием уже полученного разностного уравнения в математическом разделе и присоединяется к имеющимся регулятору. Полученный ПИД регулятор представлен на рисунке 14.

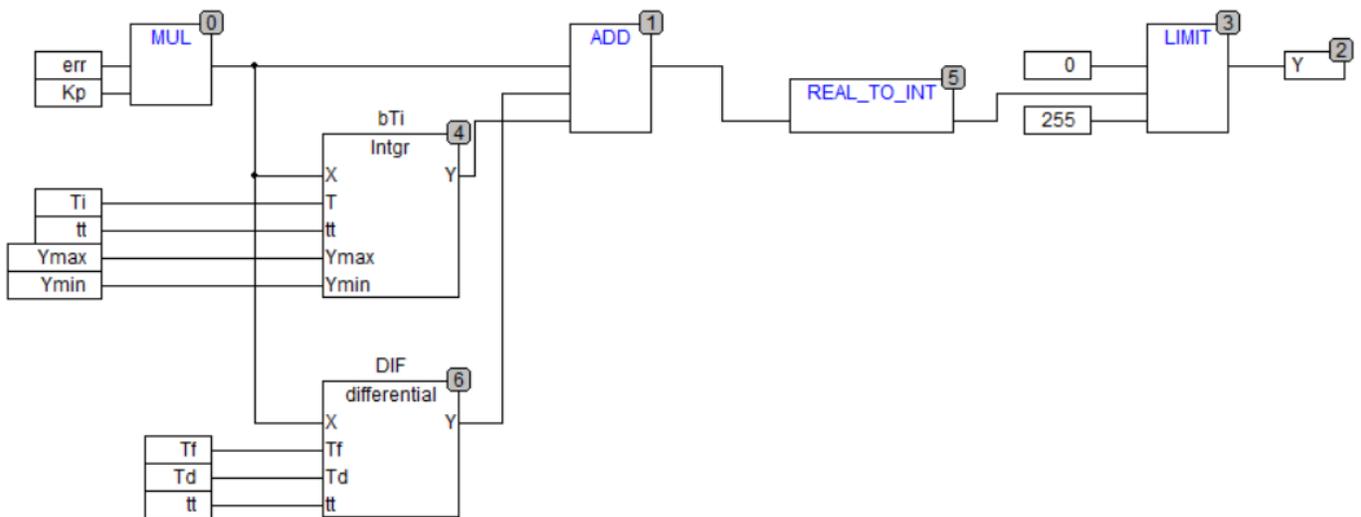


Рисунок 14 – Структурная схема ПИД регулятора

4.2 Реализация модели объекта

Объект представляет из себя инерционное звено второго порядка (два инерционных звена, соединенных последовательно). Поэтому необходимо создать новый функциональный блок «Function Block» на языке «ST» и прописать полученное разностное уравнение из математического анализа для инерционного звена.

Так как процесс изменения температуры не является мгновенным процессом, инерционное звено второго порядка отлично подходит для данного случая. Код разностного уравнение и присвоение переменных показан на рисунке 15.

```
0001 FUNCTION_BLOCK inertia
0002 VAR_INPUT
0003     G: REAL;
0004     T: REAL;
0005     Kn: REAL;
0006     tt: REAL;
0007 END_VAR
0008 VAR_OUTPUT
0009     H: REAL;
0010 END_VAR
0011 VAR
0012     H1: REAL;
0013     G1: REAL;
0014 END_VAR
0015
0016 <
0001 H:=H1*(2*T-tt)/(2*T+tt) + (G+G1)*Kn*tt/(2*T+tt);
0002 G1:=G;
0003 H1:=H;
```

Рисунок 15 – Программа инерционного звена на ST

В конечном итоге представлена имитационная модель объекта (рисунке 16), имеющая его инерционные свойства. В ней прописаны те параметры объекта, которые необходимо симитировать.

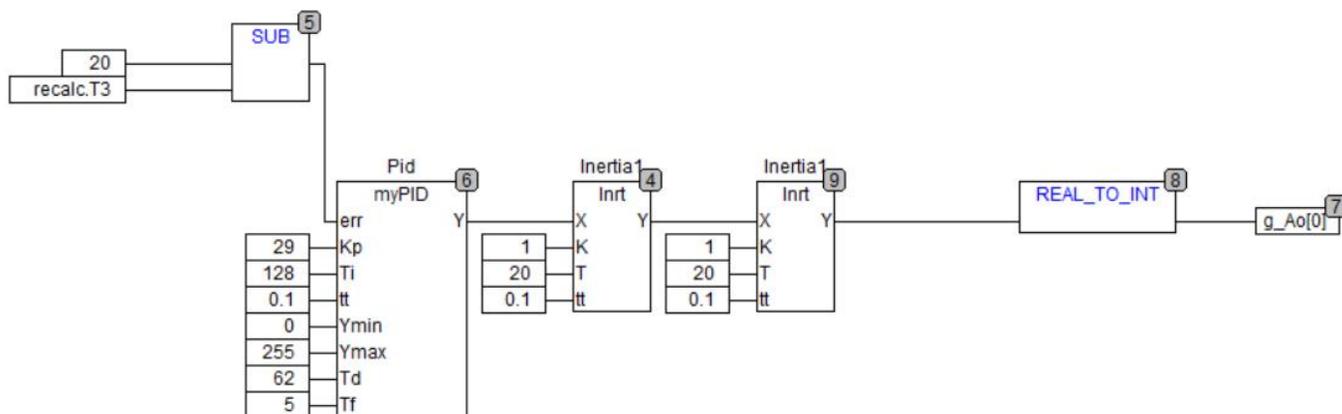


Рисунок 16 – Структурная схема системы управления

На представленной схеме показан ПИД регулятор, два инерционных звена, преобразователь «REAL_TO_INT», блок вычитания «SUB» и входные/выходные параметры, которые может задавать пользователь.

Число 20 показывает заданное значение температуры, выход «g_Ao[3]» будет отображать полученное значение температуры, которые вычитается с заданного значение, а разница будет идти в ошибку «err» ПИД регулятора.

Вернемся в преобразователю «REAL_TO_INT», он нужен для того, чтобы округлить реальное число «REAL», которое может быть дробным (например 0.42) до целого числа «Integer», так как выходная переменная «g_Ao[3]» принимает только целые числа.

Чтобы подключить регулятор к реальному объекту, необходимо удалить два инерционных звена и подключить точку б к параметру, связанному с реальным объектом. Переходный процесс, представленный на рисунке 17, отображает время изменения температуры модели реального объекта, а именно нагревателя.

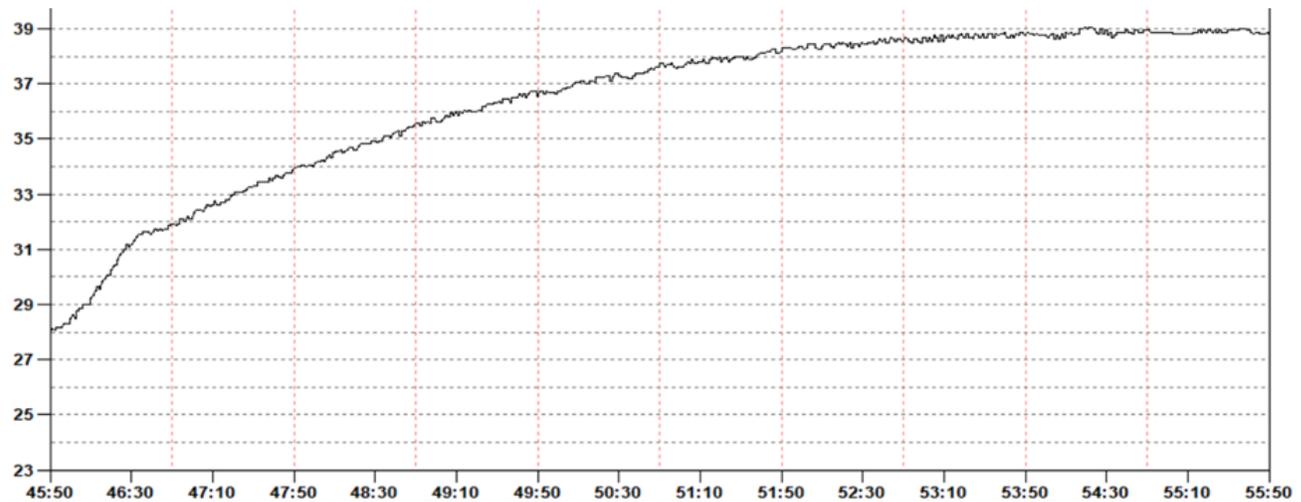


Рисунок 17 – Реальный переходный процесс замкнутой системы

Данный переходный процесс показывает как меняется температура, при заданном значении 39 градусов. Его возможно еще больше настроить до более оптимальных параметров, однако для данной системы это не совсем обязательно. К сожалению, функционал не состоялся полностью, но система рабочая и выходит в режимы времени. Как видно из графика, для выхода температуры на установившееся значение потребуется около 5 минут.

5. Визуализация

Визуализация - это графическое представление переменных в проекте, которые позволяют вводить данные в ПЛК программу в режиме онлайн с помощью мыши и клавиатуры. Редактор визуализации CoDeSys, который является частью системы программирования предоставляет графические элементы, которые могут быть расположены по желанию и могут быть связаны с переменными проекта.

5.1 Визуализация процесса подключения мнемосхем

В данном разделе дипломной работы будет осуществляться процесс подключения и работы системы вентиляции и ее отображение в визуальной части программы. Будет расписана подробная инструкция по подключению всех входов и выходов, а также процесс присвоения переменных к визуальным элементам.

В итоге будет получена мнемосхема системы вентиляции, которая показана рисунке 18.

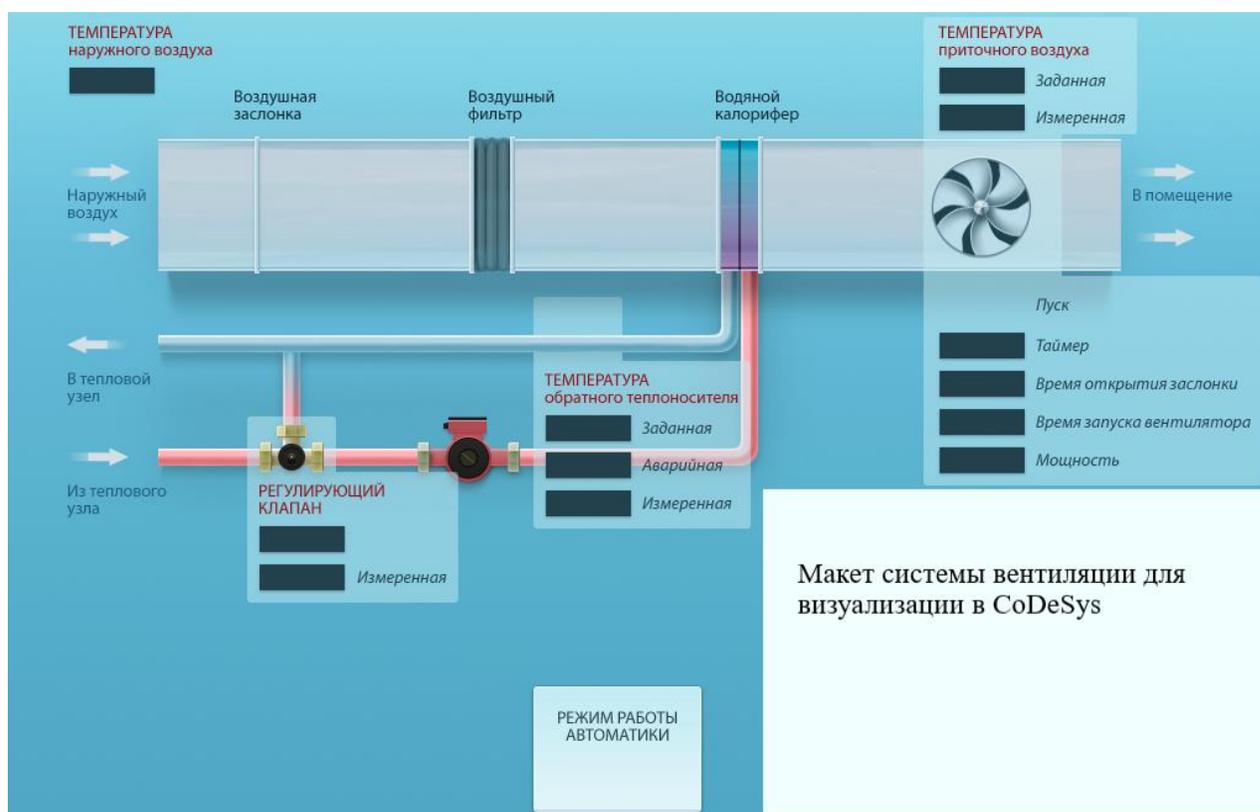


Рисунок 18 – Мнемосхема системы вентиляции

Далее идет процесс подключения и работы системы вентиляции и их отображение в визуальной части программы. В левой нижней части окна программы CoDeSys находится вкладка «Визуализация», рисунок 19. При нажатии на неё, в браузере отрывается новое окно с новой папкой и файлом с названием «webvisu».

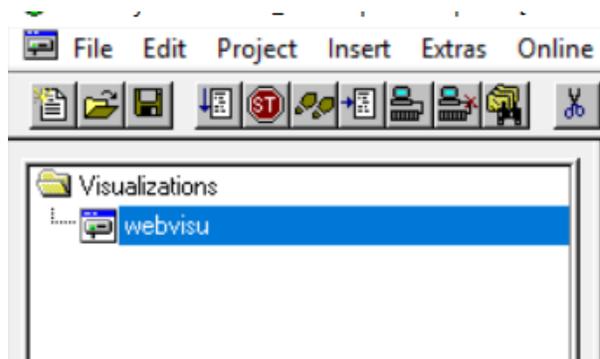


Рисунок 19 – Браузер визуализации

При двойном нажатии на этот файл открывается в середине окна новое точечное поле. В этом поле и будет происходить процесс создания визуальной части модели вентиляции. Следует обратить внимание на верхнюю часть окна поля, там находится панель инструментов и разных объектов. Они представлены на рисунке 20.



Рисунок 20 – Поле инструментов

Для того, чтобы собрать мнемосхему системы вентиляции, необходимо выбрать из панели инструментов прямоугольник и нажать на него. Затем левой кнопкой мыши кликнуть в пустом месте на поле и, удерживая, потянуть в любую сторону курсор. Появляется пустой прямоугольник.

При двойном нажатии на него открывается окно конфигурации «Regular Element Configuration», рисунок 21. Здесь можно менять свойства и параметры фигуры, а также присваивать к ней различные переменные. Переменные

присваиваются с такой целью, чтобы фигура могла стать дисплеем для отображения статических или динамических данных.

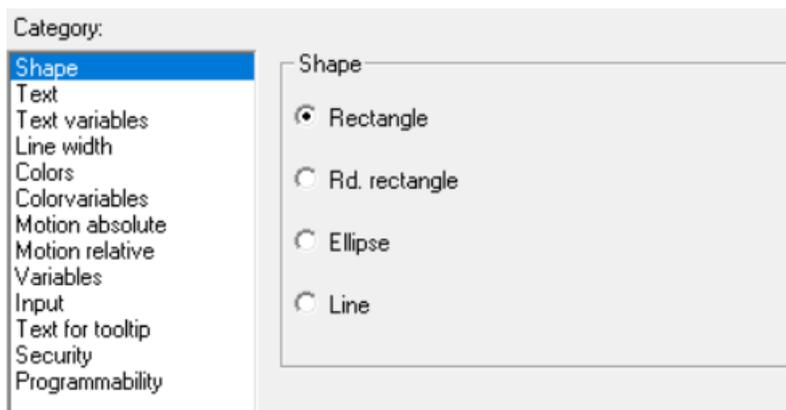


Рисунок 21 – Окно конфигурации элемента

Разберем основные самый частые используемые вкладки. Начнем с текста, во вкладке «Text» на рисунке 22 можно изменить содержание «Content» прямоугольника, также изменить направление надписи слева направо, вверх вниз или наоборот.

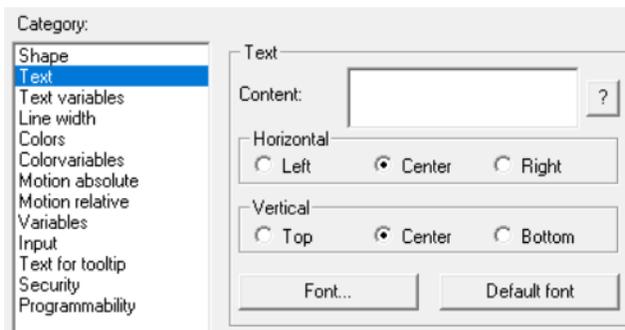


Рисунок 22 – Раздел текста в меню конфигурации

Далее, в разделе «Text variables», можно изменить поведение текста при изменении какого-либо параметра, рисунок 23. Например, при отключении LED света на реальной модели, текст в онлайн режиме визуализации может поменять цвет. Все эти параметры настраиваются по желанию пользователя.

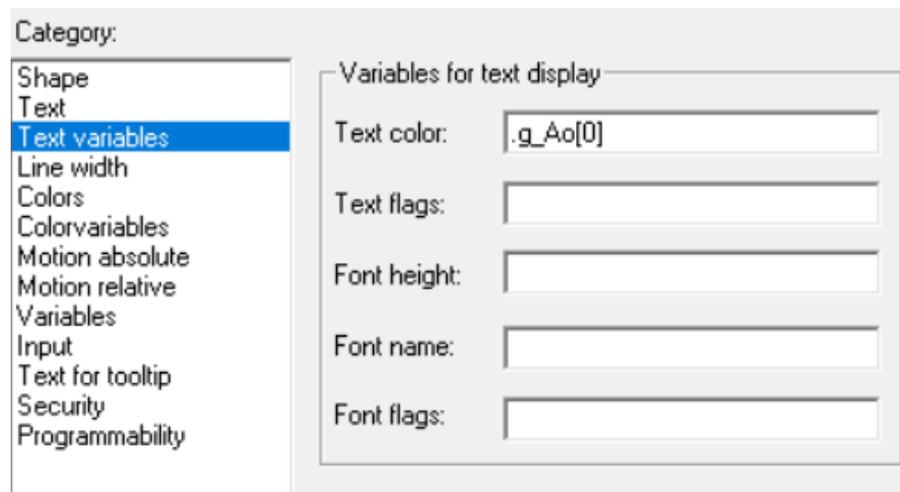


Рисунок 23 – Текстовые переменные

Можно привязать переменную к элементу (в нашем случае это прямоугольник) и заставить ее реагировать на разные изменения. Например, менять цвет текста при изменении значения переменной. Для того, чтобы сделать это, необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на пустое поле в разделе «Text color», затем нажать на клавишу «F2». Появится окно, показанное на рисунке 24. Здесь двойным кликом можно выбрать любую переменную, которая прописана в написанным нами коде или блок схеме.

В данном примере выбрана переменная «.g_Ao[0]». Такую же процедуру можно проделать и с остальными параметрами изменения текста. В разделе «Line width» можно изменить ширину линии периметра выбранной фигуры (1 – 5 Pixel), а также связать это изменение с переменной и наблюдать, как меняется ширина периметра фигуры с изменением значения привязанной переменной.

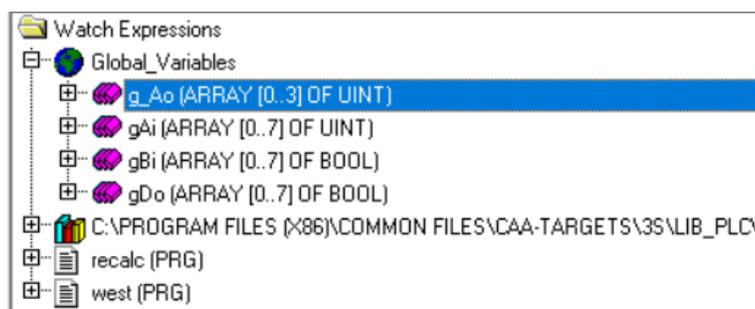


Рисунок 24 – Окно выбора переменных

Для нашей системы вентиляции создадим прямоугольник как показано на рисунке 25. Помимо текста и цвета фигуры, необходимо присвоить переменную к данному элементу. Данная переменная будет отображать температуру наружного воздуха, до того как он войдет в вентиляционную систему. Чтобы это сделать, необходимо найти ту переменную из кода программы, которая отображает числовое значение температуры. В нашем случае, это «recalc.T1».

После того, как переменная найдена, двойным нажатием на элемент в поле визуализации открывается свойства элемента, с которыми мы уже работали выше. Необходимо перейти на вкладку «Variables», найти «Text display» и нажать на клавишу «F2». Двойным кликом выбираем необходимую переменную из списка и нажимаем кнопку «ОК».

Частая ошибка новичков является то, что после проделанной выше процедуры они сразу начинают проверять, работает ли визуализации. Но, к сожалению, текст, показывающий изменение температуры не отображается. Это связано с тем, что необходимо также в свойствах фигуры во вкладке «Text» в разделе содержания «Content» п/рописать следующую строку: «%2.2f C». Давайте разберем её содержание, символы «%2» указывают программе, что в содержании текста будет динамическая переменная, за которой нужно следить и отображать на экране. Следующая цифра после запятой указывает на число цифр, которые необходимо оставить после запятой.

Символ «f» характеризует тип переменной, в нашем случае это тип «float», то есть нецелое число. Также существуют другие типы переменных: «decimal» – целое число (сокращенно «d»), «string» – текст (сокращенно «s») и другие.



Рисунок 25 – Объект вентиляции

Похожая процедура прodelывается с измеряемой температурой теплоносителя – переменная «resalc.T3». Положение заслонки определяет переменная «west.pwm», важно отметить, что во вкладке «Text» в разделе «Content» прописывается символ «%i» для показа целого числа, определяющего угол поворота заслонки, оно показано на рисунке 26.



Рисунок 26 – Положение заслонки

Для того, чтобы можно было регулировать частоту вращения вентилятора для создания потока воздуха, необходимо выбрать из меню инструментов слайдер «Scrollbar» левой кнопкой мыши его выбрать, потом нажать в любое пустое место в поле визуализации и потянуть фигуру слайдера.

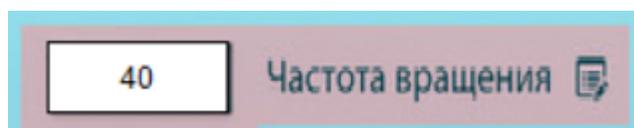


Рисунок 27 – Положение заслонки

Затем двойным нажатием на фигуру открыть настройки фигуры и во вкладке «Variables» в разделе «Slider» привязать переменную «g_Ao[1]» с помощью клавиши «F2». Затем, поставить пределы значения. В разделе «Minimum value» поставить цифру ноль, а в «Maximum value» указать значение «255». Почему такое

значение? Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) позволяет генерировать аналоговое напряжение. Основная идея заключается в следующем: если вы сделаете напряжение на выходе высоким, оно будет близко к 5 В. Что касается низшего напряжения на выходе, то оно близко к 0 В. Что если вы быстро переключили выходы между высоким и низким, чтобы он был высоким половина времени и низким оставшуюся половину времени?

Среднее напряжение во времени будет на полпути между 0 и 5 В (2,5 В). ШИМ генерирует пакет из 1 и 0, соотношение которого пропорционально заданному вами значению. Соотношение от 1 до 0 в ШИМ называется рабочим циклом. Рабочий цикл контролирует аналоговое напряжение очень прямым способом; Чем выше рабочий цикл, тем выше напряжение.

В нашем случае цикл может варьироваться от 0 до 255. Рабочий цикл (РЦ) - это буквально пропорция от 1 с до 0 с, выводимая командой ШИМ. Чтобы определить пропорциональное выходное напряжение ШИМ, используйте следующую формулу: $(РЦ \div 256) \times 5 \text{ В}$. Например, если РЦ составляет 100, $(100 \div 256) \times 5 \text{ В} = 1,953 \text{ В}$; ШИМ выводит серию импульсов, среднее напряжение которых составляет 1,953 В. Далее создаем индикатор из прямоугольника, как показано на рисунке 27. Необходимо присвоить ту же переменную, которую мы присвоили к слайдеру.

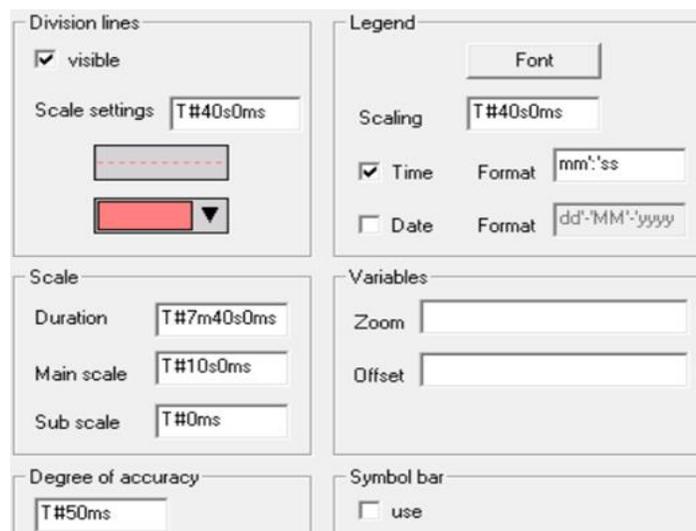


Рисунок 28 – Меню конфигурации тренда

Для наглядности переходного процесса температуры с помощью ПИД регулятора, можно отобразить переход на графике. Для этого выбирается тренд графика «Trend» и переносится в поле визуализации, рисунок 28. Затем двойным нажатием открывается меню конфигурации и кликом по кнопке «Choose Variable» выбирается переменная с помощью клавиши «F2», которая будет отслеживаться в графике. Готовая модель визуальной части системы вентиляции представлена на рисунке 29.

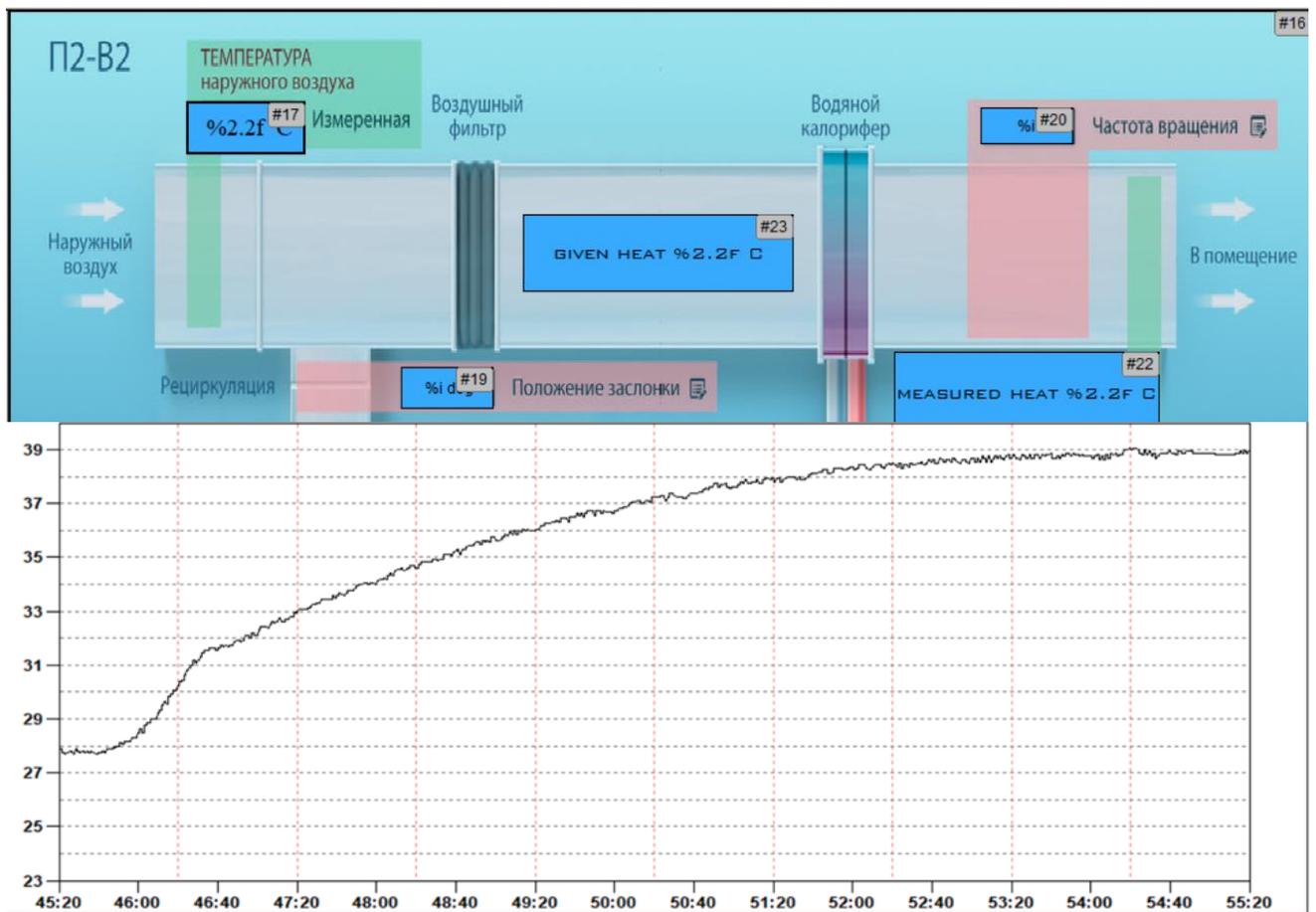


Рисунок 29 – Готовая мнемосхема системы вентиляции

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования спроектированного лабораторного стенда, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово - временные и материальные показатели процесса проектирования.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT - анализа работы проектируемого стенда;
- планирование технико – конструкторских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

6.1 SWOT – анализ работы проектируемого стенда

SWOT – анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта [9].

Применительно к проектируемому стенду, SWOT – анализ позволит оценить сильные и слабые стороны, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT – анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Небольшие затраты на производство; С4. Наличие бюджетного финансирования; С5. Неквалифицированный персонал; С6. Незначительная конкуренция. С7. Быстрота изготовления.</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Малое количество прототипов и информации; Сл2. Бизнес трудно прогнозируемый, т.к. плохо представлен на российском рынке.</p>
<p>Возможности: В1. Гибкость системы для проведения различных лабораторных работ; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Унификации сборочных единиц и деталей; В4. При успешном получении тендера (гранта) расширение производства; В5. Выход на российский рынок.</p>	<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса; У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Ограничение на экспорт технологии; У4. Введение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции.</p>

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз (табл. 4, 5), позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица 5 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта						
	С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
В1	-	-	+	+	+	+	+
В2	+	+	+	+	+	+	+
В3	+	+	-	-	-	-	+
В4	+	+	-	-	-	-	-
В5	+	+	+	+	+	-	+
Слабые стороны проекта							
	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6	Сл7
В1	-	-	-	-	-	-	-
В2	-	+	-	-	-	-	-
В3	+	-	-	-	-	-	-
В4	+	-	-	-	-	-	-
В5	+	+	-	-	-	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта							
		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	У1	-	-	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-	-	-
	У4	+	+	-	-	-	-	-
	Слабые стороны проекта							
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6	Сл7
	У1	-	-	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-	-	-
У3	+	+	-	-	-	-	-	
У4	-	-	-	-	-	-	-	

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 5 и 6, показывает, что сильных сторон значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности и незначительное воздействие, что говорит о высокой надежности проекта.

Разработка прототипа была нацелена на проверку ключевых технологических и функциональных предположений относительно поставленной задачи. Исследовательский прототип системы вентиляции, создавался для имитации работы частотного электропривода, датчиков, проверки производительности программного или аппаратного обеспечения, настройки регуляторов, симуляции аварийных ситуаций и реакции на них.

6.2 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения проектирования.

6.2.1 Структура работ в рамках технического проектирования

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и дипломник. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Номерам этапов соответствуют следующие виды выполняемых работ, представленные в таблице 7:

№ 1 – составление и утверждение технического задания – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – поиск и изучение аналогов по теме – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – расчет и выбор оборудования – подбор необходимых технических средств систем автоматизации;

№ 4 – составление функциональной и структурной схемы – разработка наглядного представления технического проекта, дизайна (корпуса и способы монтажа);

№ 5 – составление спецификации;

№ 6 – проверка проекта – включает в себя ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления, заказ оборудования, составление пояснительной записки;

№ 7 – печать элементов, написание кода управления и монтаж системы;

№ 8 – пусконаладочные работы – включают предэксплуатационные проверки, поиск причин и устранение возможных неисправностей, анализ функционирования системы;

№ 9 – проверка выпускной квалификационной работы руководителем – в рамках учебно – практической работы, включает в себя окончательную проверку

руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите и защиту проекта;

№10 – подготовка к защите ВКР – подготовка презентации и ответного слова, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

Таблица 7 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Поиск и изучение аналогов	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
Расчет и выбор оборудования, составление функциональной и структурной схемы, ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления	3	Проведение расчетов калорифера	Дипломник
	4	Разработка наглядного представления технического проекта	
	5	Составление спецификации	
	6	Проверка проекта	Дипломник, научный руководитель
Монтаж системы	7	Печать элементов, написание кода управления и монтаж системы	Дипломник
Оформление отчета по техническому проектированию	8	Пусконаладочные работы	Дипломник, научный руководитель
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к защите ВКР	Дипломник, Научный руководитель

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения ТП

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко – днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ОЖi}$ используется следующая формула [9]:

$$t_{OЖi} = \frac{3t_{\min.i} + 2t_{\max.i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{OЖi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел. – дн.;

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

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

Таблица 8 –Продолжительность работ

№	Название работы	Трудоемкость работ, чел. - дни					
		$t_{\min.}$		$t_{\max.}$		$t_{OЖi}$,	
		Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник	Науч. рук-ль	Дипломник
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-
2	Поиск и изучение аналогов	-	4	-	4	-	4
3	Расчет и выбор оборудования	-	2	-	2	-	2
4	Составление функциональной и структурной схемы, разработка дизайна стенда	-	26	-	28	-	27
5	Составление спецификации	-	1	-	1	-	1
6	Ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления, заказ оборудования	3	4	3	4	3	4
7	Печать элементов, написание кода управления и монтаж системы	-	42	-	47	-	44
8	Пусконаладочные работы, устранение возможных неисправностей	2	5	2	8	2	6
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	2	-	2	-	2	-
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	1	2	1	7	1	4

6.2.3 Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [9].

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР [9]. На основе таблицы 27 строим план – график проведения работ (таблица 9).

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает 13 декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая второй декадой июня. Продолжительность выполнения технического проекта составит 103 дня. Из них:

- 102 дней – продолжительность выполнения работ дипломника;
- 11 дней – продолжительность выполнения работ руководителя.

6.3 Составление сметы затрат на разработку тп

Смета затрат включает в себя следующие статьи [9]:

- материальные затраты;
- расчет полной заработной платы исполнителей;
- расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

6.3.1 Определение стоимости материальных затрат

Установка производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат материальных затрат заносится в таблицу 10.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.);

Таблица 9 – Диаграмма Гранта

№	Вид работ	Исп-ли	T_{Pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февр.		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	■												
2	Поиск и изучение аналогов	Дипломник	4	■	■											
3	Расчет и выбор оборудования	Дипломник	2		■											
4	Составление функциональной и структурной схемы, разработка дизайна стенда	Дипломник	27		■	■	■	■	■							
5	Составление спецификации	Дипломник	1						■							
6	Ознакомление руководителя с выполненными работами, возможные корректировки и исправления, заказ оборудования	Руководитель	3						■	■						
		Дипломник	4						■	■						
7	Печать элементов, написание кода управления и монтаж системы	Дипломник	44						■	■	■	■	■	■		
8	Пусконаладочные работы, устранение возможных неисправностей	Руководитель	2												■	
		Дипломник	6											■	■	
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель	2												■	
10	Сдача и защита выпускной квалификационной работы	Руководитель	1												■	
		Дипломник	4												■	■

Таблица 10 – Затраты на комплектующие

Наименование детали (узла)	Выполняемая функция	Кол-во	Ед. изм.	Цена за ед. руб.	Стоимость.
Провода	Для соединения источника электрического тока с компонентами электрической схемы	2	метр	18	36
Штекер PLS-40R		1	шт.	16	16
Arduino Nano	Аппаратно–программируемое средство для построения системы автоматике	1	шт.	127	127
Монтажная плата (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы)	Для подключения внутренних и внешних компонентов.			160	160
Датчик DS18B20 К-92	Интегральный датчик температуры, для преобразования измеряемой температуры в электрическую величину.	4	шт.	44	176
Кулер (вентилятор) 80x80	Формирование потоков воздуха	1	шт.	130	130
Калорифер на резисторах 1Вт, 150 Ом	Нагрев воздушных потоков	40	шт.	4	160
Короб	Для установки всех элементов	1	шт.	210	
Обратный клапан	Обеспечивает контроль воздушный потоков	1	шт.	70	70
Корпус	Соединительный элемент	2	шт.	62	124
Корпус со смотровым окном	Соединительный элемент	2	шт.	48	96
Переход под 90°	Соединительный элемент	2	шт.	35	70
Гофра	Соединительный элемент	1	метр	25	25
Крепежный материал (болты, гайки, шайбы)	Соединительный элемент			120	120
Справочник по Системам автоматическог о управления	Учебный ресурс для написания программы	1	шт.	330	330
Итого					1850

Рассчитаем расходы, связанные с заготовкой и доставкой материальных ценностей:

$$Z_M = M \cdot \gamma = 1850 \cdot 1,05 = 1,9 \text{ тыс.руб.} \quad (2)$$

где M – материальные затраты;

γ – коэффициент ТЗР, равный 5%.

6.3.2 Полная заработная плата исполнителей

Включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot F_{дн}, \quad (4)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$F_{дн}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (табл. 11);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{окл} + Z_{р.к.}}{F_{д}}, \quad (5)$$

где $F_{дн}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе, 22 при 5 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

$Z_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{p.k.}$ – районная доплата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 12.

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во, раб. дн.	Основная заработная плата руб.
Руководитель	47 104	14 131	61 235	2 355	11	25 900
Дипломник	12 300	3690	15 990	615	102	36 800
Итого						62 700

Таблица 12. – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. доплаты	Основная заработная плата руб	Дополнительная заработная плата руб	Полной заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	25 914	3 886	29 800
Дипломник	0,12	62 700	7 500	70 200
Итого:		88 600	11 400	100 000

6.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП}, \quad (6)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным закона от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП} = 30,2\% \cdot 100\,000 = 30,2 \text{ тыс. руб.}$$

6.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% от общей суммы затрат.

6.4 Формирование сметы проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции [9].

Определение затрат на технический проект приведен в таблице 13.

В ходе выполнения данного параграфа была рассчитана продолжительность выполнения технического проекта, которая составляет 92 раб. дней для инженера и 11 для руководителя. Составлен календарный график выполнения работ.

Таблица 13 – Смета технического проекта

Наименование	Сумма, тыс. руб.	Стр-ра зат., %
Затраты на комплектующие	1,9	1,2
Затраты по полной заработной плате исполнителей	100	63,6
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2	19,2
Накладные расходы	24,9	16
Бюджет затрат ТП	157	100,0

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят 157 тыс. руб., из которых

63,6% составит оплата заработной платы исполнителей, 19% отчисления во внебюджетные фонды и лишь 16% на материалы, и накладные расходы.

При последующем изготовлении стендов будет значительно снижена смета за счет того, что дизайн стенда разработан и утвержден, тем самым сокращает трудоемкость работы дипломника на 30 дней (табл. 13).

При массовом производстве желательно изменить способ изготовления соединительных элементов, а именно на способ литья в силикон. Изготовление одной пресс - формы на данный момент составляет 250 руб, а на проект потребуется 10 таких форм. Это увеличивает затраты на начальном этапе. Однако, чем больше изделий производится с ее помощью, ниже становится себестоимость продукта, стоимость силикона соизмерима со стоимостью феломена т.е. с ценой готовых элементов. Данным способом сократится трудоемкость работы дипломника на 20 дней (табл. 13).

6.5 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [9]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (7)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 14.

1. гибкость: возможность частых перестроек технического процесса, расширение системы за счет введения новых технологических модулей;

2. безопасность: обеспечение безопасности работ при эксплуатации и ремонте оборудования;

3. помехоустойчивость: максимальное значение электромагнитных помех, воздействующих на стенд, при котором он может продолжать работу с требуемыми рабочими характеристиками;

4. энергосбережение – малое потребление электроэнергии оборудованием;

5. надежность: способность объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах;

6. материалоемкость – расход запасов, который приходится на денежную единицу готовой продукции.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 14.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,4.$$

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Оценка разработки
1. Гибкость	0,1	5
2. Безопасность	0,2	4
3. Помехоустойчивость	0,2	4
4. Энергосбережение	0,1	5
5. Надежность	0,2	4
6. Материалоемкость	0,2	5
Итого:	1	

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности, помехоустойчивости, надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT – анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта. Угрозы имеют низкие вероятности и незначительное воздействие, что говорит о высокой надежности проекта;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для дипломника, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу дипломника;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,4 по 5 – балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет исследовать систему вентиляции, работу частотного электропривода, датчиков, производить проверку производительности программного или аппаратного обеспечения, настройку регуляторов, симуляцию аварийных ситуаций и реакции на них.

7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе рассматриваются правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, связанные с проведением лабораторных работ в лабораториях и учебных классах промышленных предприятий, вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Дипломная работа заключается в разработке стенда – прототипа системы вентиляции на базе Arduino и Codesys, который будет адекватно описывать динамику объекта и его основные процессы. Областью применения является обучение специалистов, повышение квалификации и переподготовка кадров электротехнического направления в условиях проведения лабораторных работ.

7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Лабораторные работы по исследованию систем вентиляции и настройке программируемых логических контроллеров в программной среде Codesys будут производиться в лабораториях и учебных классах с использованием персонального компьютера.

Требования по организации и оборудованию рабочих мест в лабораторных помещениях: [10].

- для организации работы лаборатории, в зависимости от её профиля, обеспечивается необходимое количество помещений;
- строительство лабораторий ведется в соответствии с СНиП 2.04.05. – 91 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;
- микроклимат в лабораторных помещениях должен соответствовать требованиям, предусмотренным СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования; к микроклимату производственных помещений», утвержденными Госкомсанэпиднадзором России от 1,10.1996 г.№ 21;

- температура воздуха в лабораторных помещениях должна поддерживаться в пределах 18 – 21 °С. Для районов III и IV климатических зон в теплый период года следует устанавливать кондиционеры с охлаждением воздуха;

- все помещения лаборатории должны иметь естественное и искусственное освещение, отвечающие требованиям, предусмотренным СНиП 2305-95. «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». Для отдельных комнат допускается отсутствие естественного освещения;

- отопление, вентиляция и кондиционирование помещений следует предусматривать в соответствии с СНиП 2,04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

- помещения, предназначенные для проведения работ с вредными веществами, должны быть оборудованы вытяжными шкафами с принудительной вентиляцией, обеспечивающей скорость движения воздуха в пределах 0,5 – 0,7 м/с. Электрическое освещение в вытяжных шкафах должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении;

- лаборатория должна быть обеспечена боксами с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением, центральным отоплением;

- принцип расчета вентиляции должен быть построен так, чтобы давление в лабораторных комнатах было несколько выше, чем в коридорах. Воздух из лабораторий в коридоры должен проходить через верхнее отверстие, оборудованное фильтровальными установками;

- шум в лаборатории должен нормироваться в соответствии с СН.2.2.4/2.1.8.582 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

- лаборатория должна быть обеспечена водопроводом и канализацией;

- в случае отсутствия в населенном пункте водопровода и канализации, устраивают местный водопровод, канализацию и очистительные сооружения обеззараживающими установками;
- в лаборатории должны быть оборудованы водопроводные раковины для мытья рук персонала и раковины, предназначенные для мытья инвентаря. Высушивание рук производится специальными полотенцами;
- помещение лаборатории должно быть газифицировано. Газовые краны вытяжных шкафов должны быть расположены у передних бортов с учётом устранения возможности их случайного открывания. Штепсельные розетки должны размещаться на торцевой стороне рабочего стола вне вытяжного шкафа;
- стены в лабораторных помещениях должны быть облицованы глазурованной плиткой на высоту в 1,5 метра или выкрашены масляной краской светлых тонов. Ширина основных проходов к рабочим местам или между двумя рядами оборудования должна быть не менее 1,5 метров с учётом выступающих конструкций в соответствии с СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения», утвержденными Госстроем СССР, 1989 г.;
- помещения лаборатории должны быть непроницаемые для грызунов. Полы в лабораторных помещениях покрываются линолеумом или резином;
- помещения лабораторий должны располагаться по ходу производства анализов и обеспечивать рациональный порядок проведения исследований;
- в коридорах или доступных местах должны быть размещены щиты с набором противопожарного инвентаря и установлены пожарный гидрант и огнетушитель. Огнетушитель следует также размещать в помещениях, где проводится работа с огне – и взрывоопасными реактивами и опасными в пожарном отношении нагревательными приборами;
- оборудование и приборы, используемые в лаборатории должны иметь сертификаты и разрешение на применение в Российской Федерации;

- производственные оборудование и аппаратура должны быть выполнены в безопасном исполнении и соответствовать ГОСТ 122.025;
- для каждого вида аппаратуры, механизмов или оборудования, установленных в лаборатории, должна быть составлена инструкция по их эксплуатации и вывешена на рабочем месте, периодически через каждые два года она переутверждается. Кроме того, на видных местах необходимо вывешивать плакаты по технике безопасности;
- при эксплуатации приборов и аппаратов необходимо строго руководствоваться правилами, изложенными в техническом паспорте. Приборы должны быть заземлены, если этого требует инструкция по их эксплуатации. Исправность электроприборов, работающих круглосуточно, должна проверяться ежедневно, а работающих периодически – один раз в два месяца.

ТК РФ Статья 2. Основные принципы правового регулирования трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений: [2].

- обеспечение права каждого работника на справедливые условия труда, в том числе на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены, права на отдых, включая ограничение рабочего времени, предоставление ежедневного отдыха, выходных и нерабочих праздничных дней, оплачиваемого ежегодного отпуска;
- обеспечение права на обязательное социальное страхование работников.

ТК РФ Статья 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда [11].

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ).

Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов;
- применение прошедших обязательную сертификацию или декларирование соответствия в установленном законодательством Российской Федерации о техническом регулировании порядке средств индивидуальной и коллективной защиты работников (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 N 313-ФЗ);
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, проведение инструктажа по охране труда, стажировки на рабочем месте и проверки знания требований охраны труда (в ред. Федерального закона от 30.06.2006 N 90-ФЗ);
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- ознакомление работников с требованиями охраны труда;
- санитарно-бытовое обслуживание и медицинское обеспечение работников в соответствии с требованиями охраны труда, а также доставку работников, заболевших на рабочем месте, в медицинскую организацию в случае необходимости оказания им неотложной медицинской помощи (в ред. Федеральных законов от 30.06.2006 N 90-ФЗ, от 25.11.2013 N 317-ФЗ).

7.2. Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при работе в лабораторном помещении.

Вредные факторы – это такие факторы, воздействие которых на работника может привести к его заболеванию. Опасные факторы – это такие факторы, воздействие которых на работника может привести к его травме.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для описанной рабочей среды (табл. 4.2.1) [16].

Таблица 15. – Опасные и вредные факторы при проведении разработки проекта

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Шум	+	+		ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
Освещение	+			СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Микроклимат	+			ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
Электрический ток	+		+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

7.2.1. Анализ выявления вредных и опасных факторов

7.2.1.1. Шум

Шум – это совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха. Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 70 дБ приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, что, в конечном счете, приводит к понижению работоспособности.

В моей выпускной квалификационной работе источниками производственного шума является сервопривод и вентилятор. Предельно допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ). Шум (Общие требования безопасности), для некоторых рабочих мест (табл. 4.2.1.1) [17].

Таблица табл. 16. – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полюсах со среднегеометрическими частотами, Гц									Экв. уровни звука(Дб)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

7.2.1.2. Освещение

Для всех лаборатории и учебные классы промышленных предприятий предусматривается использование естественного и искусственного освещения [19].

В качестве источников искусственного света используются люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ: по спектральному составу они близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5–2 раза выше, чем КПД у ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3–4 раза выше, чем у ламп накаливания); у них более длительный срок службы.

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения (светильников). Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Расположение светильников должно выбираться таким образом, чтобы яркость бликов на экране не превышала 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

7.2.1.3. Микроклимат

Под микроклиматом понимают качество воздушной среды в рабочей зоне. Большое значение для охраны здоровья и труда человека имеет качество воздуха в производственных помещениях, в частности в рабочих зонах. Рабочей зоной называется пространство, высотой до 2-х метров над уровнем пола или площадки на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих (более 2-х часов непрерывно). Эти требования устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения, нормируемые следующими параметрами: температура, оптимальная влажность, скорость движения воздушного потока [18].

Оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны регламентированы ГОСТ 12.1.005.

Значения перечисленных параметров непосредственно к проектируемому участку с категорией по тяжести Ia приведены в таблице 4.2.1.3.

Таблица 17. – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение	Фактич. значение	Допустим. значение
Холодный	Ia	22 – 24	20 – 25	ок. 45	15– 75	0,1	до 0,1
Теплый	Ia	23 –25	21 – 28	40 – 55	15 – 75	0,1	0,1 – 0,2

Помещение, его размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 площадь на одно рабочее место должна составлять не менее 6 м². Также для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СН 245 – 71 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться не менее 20 м³ объема воздуха.

Одним из факторов влияющим на микроклимат в помещении при работе с ПЭВМ являются источники тепла, к ним относится установленное в помещении оборудование и приборы освещения, а также солнечная радиация. Причем наибольшие суммарные тепловыделения дают ПЭВМ в среднем до 80 %. Доля приборов освещения в свою очередь составляют в среднем 12%, от солнечной радиации – 6%, а доля обслуживающего персонала и величина притока теплоты через непрозрачные ограждающие конструкции составляют лишь по 1%.

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров используются системы вентиляции и отопления.

Для обеспечения достаточного, постоянного и равномерного нагревания воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаробезопасности используется система отопления. При расчетах системы отопления её проверяют на возможность возмещения потерь теплоты через ограждающие конструкции здания и на нагрев проникающего в помещение холодного воздуха.

В помещении используется водяная система отопления. Достоинством данной системы отопления является то, что она гигиенична, надежна в

эксплуатации, и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

7.2.1.4. Электрический ток

К опасным факторам можно отнести наличие в лаборатории большого количества оборудования, использующего однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения лаборатория электроники и микропроцессорной техники относится к помещениям без повышенной опасности.

Электрический ток имеет существенные особенности, отличающие его от других опасных и вредных производственных факторов.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Любое из воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги. Электрические травмы условно можно разделить на два вида: местные электротравмы и электрические удары.

Местные электротравмы – это четко выраженные местные нарушения целостности тканей организма. Обычно это поверхностные повреждения, т.е. поражения кожи, а иногда других мягких тканей, а также связок и костей.

Электрический удар является очень серьезным поражением организма человека, вызванным возбуждением живых тканей тела электрическим током, сопровождающимся судорожным сокращением мышц. При электрических ударах исход воздействия тока на организм может быть различным - от легкого, едва

ощутимого сокращения мышц пальцев руки до прекращения работы сердца или легких, т.е. до смертельного поражения.

7.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на проектировщика.

7.2.2.1. Шум

Для снижения шума, на рабочем месте от внутренних и внешних источников, применяют следующие методы:

- уменьшение шума в источнике;
- рациональное планирование помещения;
- звукоизоляция и звукопоглощение.

В случае, когда величина вибрации и шума на рабочих местах превышает нормативные, следует применять глушители, гибкие вставки, амортизаторы и т.д. Уровень шума, создаваемый вентиляционной системой на рабочих местах, должен соответствовать ГОСТ 12.1.003–83.

Согласно проведенным измерениям, уровень шума находится в допустимых пределах и не требует мероприятий по снижению.

7.2.2.2. Освещение

Проектирование искусственного освещения осуществляется в соответствии с действующими строительными нормами и правилами СНиП. Согласно [20], коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть обеспечен не меньше 1,5%.

Для обеспечения искусственного освещения в помещении с ПЭВМ должна быть установлена система общего равномерного освещения.

7.2.2.3. Микроклимат

Для обеспечения норм микроклиматических параметров и очистки воздуха в помещении применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне–летнее время года этого недостаточно. Поэтому предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной влажности и температуры, а также очистки воздуха от загрязнений и вредных веществ.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ (CO_2). Предельная норма содержания CO_2 в воздухе, согласно [18] составляют 20 мг/м³. Проблему уменьшения содержания CO_2 в воздухе также можно решить с помощью системы кондиционирования.

7.2.2.4. Электрический ток

По опасности поражения электрическим током лаборатория электроники и микропроцессорной техники относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

В качестве дополнительной защиты электроприборов установлен сетевой фильтр, который предназначен для подавления высокочастотных помех, негативно сказывающихся на работе электрооборудования [21].

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях:

- при возникновении короткого замыкания в электроприборе.
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

7.3. Экологическая безопасность

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения и др. органов дыхания человека; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства – надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014)

[12]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [19]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из неадсорбирующего ртуть материала (винипласта).

При выполнении ВКР никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой

человеческие жертвы, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные ситуации классифицируются в зависимости от их характера, сферы возникновения, масштабов и размеров ущерба. По характеру источников возникновения:

- природного;
- техногенного;
- экологического;
- биолого-социального характера.

Возможности возникновения ЧС на территории лабораторий и учебных классов промышленных предприятий не было выявлено.

Наиболее характерные опасные факторы: возгорание и поражение электрическим током.

Основными причинами возгорания могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования [21].

Пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения возгорания (пожара); системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности [15].

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно – технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действий администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

Тушение возгорания организуется первичными средствами с момента обнаружения очага горения. В случае, если самостоятельно потушить огонь не удалось, незамедлительно сообщается пожарной охране по телефону 01, 101, сообщается руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Пострадавшим при возгорании обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям
- электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Под косвенным прикосновением понимается прикосновение человека к открытым проводящим частям оборудования, на которых в нормальном режиме (исправном состоянии) электроустановки отсутствует электрический потенциал, но при каких – либо неисправностях, вызвавших нарушение изоляции или ее пробой на корпус, на этих частях возможно появление опасного для жизни человека потенциала.

Для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям, согласно п.412. служат изоляция токоведущих частей, применение ограждений и оболочек, установка барьеров, размещение вне зоны досягаемости, устройства защитного отключения (УЗО).

Для защиты от косвенного прикосновения применяются: защитное заземление и защитное зануление.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Заключение

В разделе «Социальной ответственности» были рассмотрены такие вопросы:

- 1) правовые нормы работы в лабораториях и организационные мероприятия при компоновке рабочего места.
- 2) произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, которые могут воздействовать на персонал в рабочей зоне (поражение электрическим током, шум, освещение, микроклимат);
- 3) определен вред, наносимый окружающей среде, в результате образования различных отходов;
- 4) выявлены характерные опасные факторы: возгорание и поражение электрическим током.

безопасность. Общие требования

Заключение

В данной дипломной работе был разработан полноценный профессиональный проект системы вентиляции, за исключением конечных автоматов, совместно с Устименко А.Н. на базе недорогого устройства Arduino в среде программирования CoSeSys 2.3 на виртуальном контроллере. Данный проект почти ничем не отличается по характеристикам от отечественных и зарубежных аналогов на дорогостоящих ПЛК (ОВЕН, Siemens, Schneider) и дает своему пользователю экспериментировать и улучшать существующий проект. Для этого в дипломной работе также прописана подробная и последовательная инструкция для каждого желающего научиться реализовать проекты автоматизации в среде CoDeSys 2.3.

Решены вызывающие у инженеров затруднения задачи реализации динамических элементов, представленных в теории автоматического управления и показан процесс решения данных задач. Используются современные методы решения и поиска параметров регулятора с помощью математических профессиональных пакетов программного обеспечения (Scilab, MATLAB). В результате сделаны части вентиляции, за работой остались конечные автоматы, так как объем работы ограничен, но он удовлетворяет поставленной цели.

В инструкции находится информация о процессе создания блоков управления объекта и регулятора, а также программирование данных блоков и проектирование ПИД регулятора. Параметры данного регулятора были получены двумя способами: модульным оптимумом и функционалом. В сегодняшний день, почти все проекты без визуализации смотрятся устаревшими, поэтому создание системы визуализации стало практически неотъемлемой частью каждого, даже простого, проекта. В итоге была построена визуальная часть модели системы вентиляции, которая предлагает пользователю возможность управлять системой в реальном времени и менять её параметры.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» ВКР были рассмотрены вопросы по организации работ технического проекта, был проведен SWOT – анализ, разработан график проведения проектирования для каждого из участников проекта. На его основе планировалась ожидаемая длительность работ. Также в данном разделе составили смету затрат на техническое проектирование.

В разделе «Социальной ответственности» были рассмотрены такие вопросы, как анализ опасных и вредных производственных факторов (производственная санитария), гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, шум и вибрация, поражение электрическим током, статическое электричество и пожарная безопасность

Список источников

1. Schneider Electric – Автоматизация и промышленный контроль. [Электронный ресурс] <https://www.se.com/ru/ru/product/BMEP584040/> (дата обращения 05. 05. 2019).
2. OWEN – Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс] <https://www.owen.ru/product/trm133m> (дата обращения 08. 05. 2019).
3. Компания «OWEN» Документация по CoDeSyS. [электронный ресурс]. http://www.owen.ru/catalog/codesys_v2/51162335 (дата 08.03.19).
4. FASTWEL – Комплексная автоматизация [Электронный ресурс] <https://www.fastwel.ru/products/fastwel-io/programmiruemye-kontrollery-uzla-seti/>
5. Лукас В.А. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов – 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Недра. 1990 г. – 416 с.
6. НПО ВЭСТ – Руководство по эксплуатации микроконтроллера [Электронный ресурс] <https://npowest.ru/поддержка/инструкции-по-эксплуатации> (дата обращения 08. 05. 2019).
7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования, издание третье, исправленное. Москва, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1975. 456 с.
8. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2–е изд., перераб. и доп. Киев, Издательство Выща школа Головное издательство, 1989. 218 с.
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно – методическое пособие // И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тихватулина, З.В. Криницина; Томский политехнический университет.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.-36с

10. Консорциум Кодекс – Электронный фонд. Правовой и нормативно – технической документации [электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/9037002> дата обращения (25.05.19)
11. КонсультантПлюс – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) [электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683 дата обращения (25.05.19)
12. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009, №1116 (с изменениями от 24.12.2014) – Об организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования «Город Томск».
13. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 – Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств.
14. ГОСТ Р 50571.3–94 – Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защиты от поражения электрическим током.
15. ГОСТ 12.1.004–91, СС5Т – Пожарная безопасность. Общие требования.
16. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.1.003–2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
18. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*.
20. СанПиН 2.2.4.3359–16. «Санитарно–эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

21. ПУЭ–7. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое.
Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.