



**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ЗАВТРА**



VI Всероссийский сетевой конкурс студенческих проектов с участием студентов с инвалидностью

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина»**

**Направление «Профессиональное завтра в профессии»
Номинация «Профессионально ориентированный проект»**

Разработка мехатронной системы регуляции температуры производственных помещений

Выполнил:
Пономарев Дмитрий Максимович

Екатеринбург, 2023

Содержание

Профессиональное резюме	4
1. Выявление и описание проблемы профессионального содержания	5
2. Постановка цели и задач решения проблемы	6
3. Описание условий решения проблемы	7
4 Выбор и описание методов и инструментария.....	8
4.1 Выбор элементной базы.....	8
4.2 Разработка управляющей программы в среде программирования	21
4.3 Описание монтажа, наладки и ремонта системы	24
Пусконаладочные работы	25
Ремонт и техническое обслуживание мехатронной системы	25
4.4 Организация и экономика производства.....	28
Исходные данные, необходимые для расчёта капитальных затрат	28
Расчет стоимости работ по инсталляции, установке, тестированию	30
Расчет годовой стоимости затрат на эксплуатацию мехатронной системы	31
Расчет фонда заработной платы персонала	33
Стоимость основных материалов	35
Составление сметы затрат на эксплуатацию мехатронной системы	36
4.5 Техника безопасности дежурного техника автоматизированных систем управления.....	37
5. Описание алгоритма действий	39
Рекомендации по использованию в профессиональной сфере.....	41
Список литературы.....	42

Приложение А.....	44
Приложение Б	45

Профессиональное резюме

Окончил среднее специальное образование по специальности «Мехатроника и мобильная робототехника» в «Уральском Политехническом Колледже УПК-МЦУ»

На данный момент являюсь студентом 1 курса Уральского Федерального Университета на специальности «Мехатроника и робототехника»

В рамках учебных и производственных практик получил опыт профессиональной деятельности на предприятии АО «Уральский Завод Гражданской Авиации» в отделе АСУ ТП.

Обладаю навыками и умениями в области механики и электроники, а также электронных и автоматизированных систем. А именно, разработкой и проектированием мехатронных систем, включающие в себя подбор элементной базы, создание алгоритма работы, программирование, сборка и наладка созданной системы, знание стандартов ЕСКД.

В дальнейшем, после получения высшего образования, имея накопленный опыт, я намерен реализовать свой потенциал в статусе инженера-конструктора.

1. Выявление и описание проблемы профессионального содержания

При ведении проектной, производственной, испытательной деятельности вне зависимости от типа предприятия должны соблюдаться установленные техническим регламентом, требованиями по эксплуатации нормы. К таким нормам относятся параметры окружающей среды: влажность, температура воздуха, содержание вредных веществ и пыли в воздухе, защищенность от внешних воздействий.

Особое внимание заслуживает вопрос регуляции температуры производственных помещений, данный вывод был сделан на основании анализа основных причин брака:

- нарушение охраны труда работников сборочной линии;
- нарушение температуры сред, жидкостей, материалов и механизмов при сборке и испытаниях;
- нарушение показаний измерительных и испытательных стендов и приборов при пренебрежении показателями среды;
- нарушение температурного режима хранения на складах изготовленной продукции, в следствие чего происходит медленное разрушение как тары, так и отдельных частей, и агрегатов.

Также в настоящее время остро встает вопрос как об обслуживании уже закупленного оборудования с повышением затрат на его содержание, так и разработке систем регулирования температуры отечественного производства с полным импортозамещением компонентов из стран, признанных недружественными.

2. Постановка цели и задач решения проблемы

Целью проекта является создание автоматизированной системы регулирования температуры производственных помещений для обеспечения комфортных условий труда работников предприятия с соблюдением норм по эксплуатации оборудования с условием полного импортозамещения комплектующих и программного обеспечения при разработке данной автоматизированной системы.

Задачи, которые требуется решить для решения проблемы и достижения цели:

1. Подобрать элементную базу мехатронной системы;
2. Разработать управляющую программу в среде программирования;
3. Описать монтаж, наладку и ремонт системы;
4. Произвести экономические расчеты в рамках проекта;
5. Произвести описание техники безопасности

3. Описание условий решения проблемы

Благодаря системе регуляции можно задать требуемую при производстве продукции температуру окружающей среды как для достижения комфортных условий труда, в следствии чего поддерживается стабильная производительность труда работников, так и для проведения точных испытаний, так как от температуры окружающей среды могут зависеть как показания датчиков и электроники, так и стабильное и запланированное протекание химических реакций и соответственно приведение в действие механических частей с оптимальной температурой смазочных материалов.

4 Выбор и описание методов и инструментария

4.1 Выбор элементной базы

В мехатронной системе регуляции температуры воздуха в помещениях предприятия используются следующие элементы:

1. Вентиляционные каналы из нержавеющей стали в количестве двух штук.
2. Уголки и переходники вентиляционных каналов из нержавеющей стали в количестве пяти штук.
3. Вентилятор пятилопастной термостойкий и осадкозащищенный с управляемым электроприводом для забора воздуха в количестве двух штук
4. Заслонка из нержавеющей стали.
5. Электропривод заслонки.
6. Вентилятор пятилопастной пластиковый с управляемым электроприводом;
7. Вентиляционный нагревательный элемент.
8. Лампы индикаторные в количестве двух штук.
9. Программируемое логическое реле ОВЕН ПР200.
10. Блок расширения выходов ОВЕН ПРМ24.1.
11. Резистивный датчик температуры.

1.4.1 Описание элементной базы

Вентиляционные каналы из нержавеющей стали

1. Вентиляционные каналы представляют собой прямоугольные трубы из нержавеющей стали. Имеют различные виды сечения и толщины стенок. Используются для переноса потока воздуха в системе. [8]

Параметры вентиляционного канала:

длина – 1250 мм.;

ширина – 350 мм.;

высота – 300 мм.;

толщина стали – 1 мм.

Внешний вид вентиляционного канала представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Вентиляционный канал

2. Уголки и переходники вентиляционных каналов из нержавеющей стали

Уголки и переходники представляют собой изделия в форме коротких прямоугольных или круглых труб из нержавеющей стали, согнутых под углом в 90 градусов либо же имеющих прямое направление. [9]

Параметры уголков и переходников:

длина – 100/200 мм;

ширина (для прямоугольного сечения) – 300 мм.;

высота (для прямоугольного сечения) – 300 мм.;

диаметр (для круглого сечения) – 300 мм.;

угол изгиба (для уголков) – 90°

толщина стали – 1 мм.

Внешний вид уголков и переходников вентиляционных каналов представлен на рисунках 4.2 и 4.3.

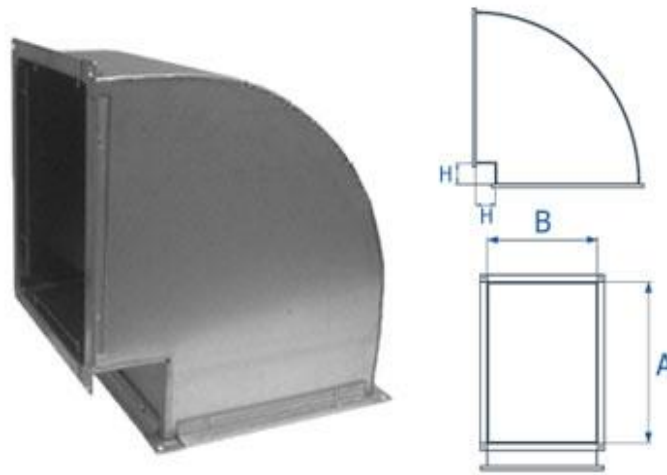


Рисунок 4.2 – Уголок вентиляционный



Рисунок 4.3 – Переходник вентиляционных каналов

3. Вентилятор пятилопастной осадкозащищенный с управляемым электроприводом

Осевой вентилятор низкого давления ERA Storm YWF2E 200 в стальном корпусе на квадратной монтажной пластине. Корпус и крыльчатка вентилятора изготовлены из стали с полимерным покрытием. Используется для осуществления процесса забора воздуха с уличного пространства и подачи его в систему для дальнейшей обработки [10], второй вентилятор выполняет роль подающего теплый воздух в помещение. Процесс работы автоматизирован, вентилятор

запускается и работает согласно алгоритму, заложенному в программируемое реле. Внешний вид вентилятора представлен на рисунке 4.4. Обозначения габаритных размеров вентилятора представлен на рисунке 4.5.

Технические характеристики вентилятора пятилопастного осадкозащищенного с управляемым электроприводом:

диаметр – 230 мм.;

ширина (с учетом крепежных элементов) – 305 мм.;

высота (с учетом крепежных элементов) – 305 мм.;

мощность – 55 Вт.;

питание – 220В.;

рабочее давление – 110 Па.;

диапазон температур – -30...+60°C;

IP класс безопасности – IP 54;

частота вращения – 2550 об/мин.



Рисунок 4.4 – Вентилятор пятилопастной осадкозащищенный с управляемым электроприводом

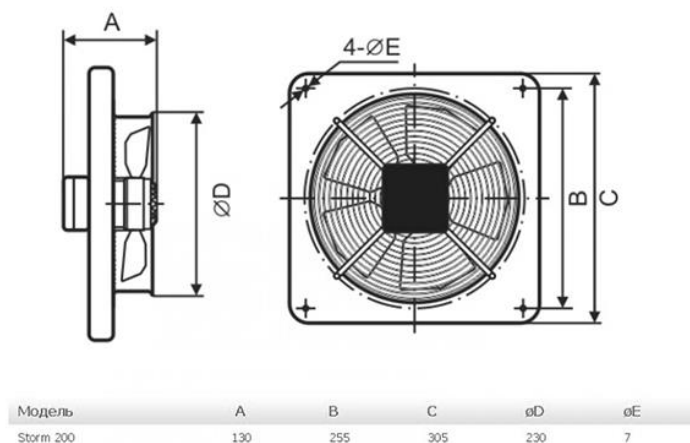


Рисунок 4.5 – Обозначения габаритных размеров вентилятора

4. Заслонка из нержавеющей стали

Металлическая пластина из нержавеющей стали толщиной 3 мм, снабженная креплениями к валу электромагнитного привода.

В связи с тем что заслонка входит в неразборный модуль переключения режимов работы системы, её отдельный вид был воссоздан в среде 3D моделирования и показан на рисунке 4.6.

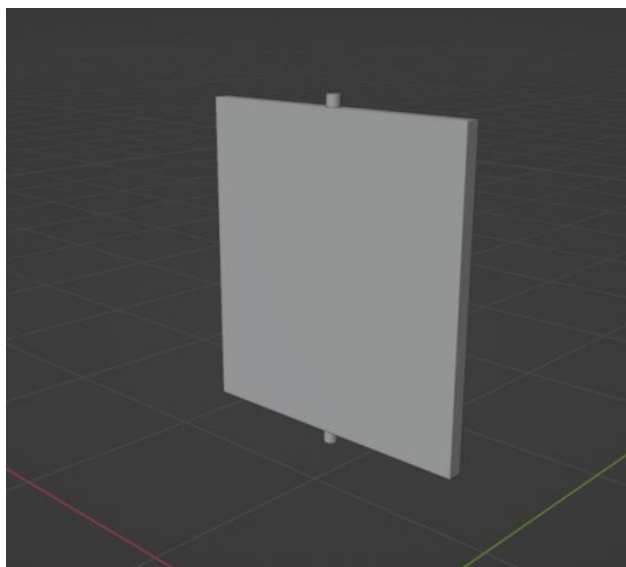


Рисунок 4.6 – 3D модель заслонки из нержавеющей стали, входящей в модуль переключения режимов работы системы

5. Электропривод заслонки переключения режимов работы системы

Электропривод заслонки переключения режимов работы системы, является сервоприводом с возвратной пружиной, управляемым по заданному в программируемом реле алгоритму, т.е. при прекращении подачи электроэнергии на привод, воздушная заслонка перемещается в закрытое положение. Данный принцип работы используется в системе для переключения между воздушными каналами для каждого из режимов. [11] Внешний вид конструкции электропривода заслонки переключения режимов работы системы изображен на рисунке 4.7.



Рисунок 4.7 – Электропривод модуля переключения режимов работы системы

Данные компоненты составляют модули переключения режимов работы системы, которые используются для изменения направления движения воздушных потоков в зависимости от установленного алгоритма, перенаправляя подаваемый вентилятором забор воздуха либо на модуль подачи охлажденного воздуха, либо на модуль нагрева. Модуль переключения режимов работы системы изображен на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Модуль переключения режимов работы системы

6. Вентилятор пятилопастной пластиковый с управляемым электроприводом

Вентилятор, не защищенный от воздействия осадков, является более доступным решением по сравнению с уличным вентилятором забора воздуха, имеет также 5 лопастей, пластиковый вариант исполнения как корпуса, так и монтажной рамки, привод данного вентилятора имеет только защиту от мелкой пыли и брызг. Так же как и вентилятор забора воздуха, работает согласно заданному алгоритму. Используется для подачи в помещение охлажденного воздуха. Внешний вид вентилятора изображен на рисунке 4.9.

Рисунок 4.9 – Вентилятор пятилопастной с управляемым электроприводом



Конструкция с установленным водяным охладителем в данном проекте не рассматривается по причине установленного уровня аварийной безопасности помещения, для которого велась разработка модуля охлаждения.

7. Вентиляционный нагревательный элемент

Вентиляционный нагревательный элемент используется для повышения температуры подаваемого в помещение воздуха при условии происходящего охлаждения ниже заданной в программе температуры.

В системе используется нагревательный элемент на основе термисторов с положительным температурным коэффициентом (РТС)/позисторов – элементов с динамическими характеристиками, применяемыми для нагрева воздушного потока. Помимо функции нагрева они обладают эффектом автоматического ограничения температуры, это обеспечивает высокую эксплуатационную безопасность. Большая поверхность алюминиевых ребер позволяет добиться однородной теплоотдачи при невысокой температуре выходного воздуха. Система автоматически регулирует мощность нагрева при изменении расхода воздуха в определенных пределах. Внешний вид вентиляционного нагревательного элемента изображен на рисунке 4.10.

Параметры вентиляционного нагревательного элемента:

напряжение питания – 220V;

мощность – 600 Вт;

длина – 95 мм;

ширина – 90 мм;



Рисунок 4.10 – Вентиляционный нагревательный элемент

8. Лампы индикаторные

Данные лампы в количестве двух штук на одно помещение служат для визуализации процессов в системе помимо данных, выводимых на дисплейный модуль программируемого реле. Лампы являются светодиодными – красного (нагрев) и синего (охлаждение) цветов. Внешний вид ламп представлен на рисунках 1.11 и 1.12.



Рисунок 4.11 – Индикаторная лампа (режим охлаждения)



Рисунок 4.12 – Индикаторная лампа (режим нагрева)

9. Программируемое логическое реле «ОВЕН» ПР200

«ОВЕН» ПР200 – программируемое реле с дисплеем. Прибор выпускается в корпусе 7 DIN и имеет на борту до 24 каналов ввода/вывода. Для расширения собственных входов/выходов предусмотрено подключение по внутренней шине модулей расширения ПРМ. Для интеграции в SCADA-системы и управления внешними устройствами в прибор может быть установлено до двух интерфейсов RS-485 с поддержкой протоколов Modbus RTU/ASCII. Написание

алгоритма осуществляется пользователем на языке FBD с помощью бесплатной среды программирования OwenLogic. Загрузка алгоритма производится с помощью кабеля miniUSB. Используется для управление всеми процессами происходящими в системе. [12] Внешний вид программируемого реле изображен на рисунке 1.13. Общая распиновка программируемого реле представлена на рисунке 1.14. Схема подключения резистивных датчиков, используемых в системе, к программируемому реле представлена на рисунке 1.15.

Параметры подключения, эксплуатации и коммуникации программируемого реле «ОВЕН» ПР200:

4 аналоговых входа 4...20 мА, 0...10 В, 0...4 кОм. Могут работать в режиме дискретного входа;

2 аналоговых выхода: 4...20 мА или 0...10 В;

дискретные выходы: э/м реле или транзисторные ключи;

два интерфейса RS-485;

2 модификации по питанию: =24 В и ~230 В;

подключение модулей расширения ПРМ (до 2 штук);

встроенный источник питания 24 В для питания датчиков с аналоговым выходом (в модификациях на 230 В с аналоговыми входами);

USB-порт – для программирования.



Рисунок 4.13 – Программируемое логическое реле «ОВЕН» ПР200

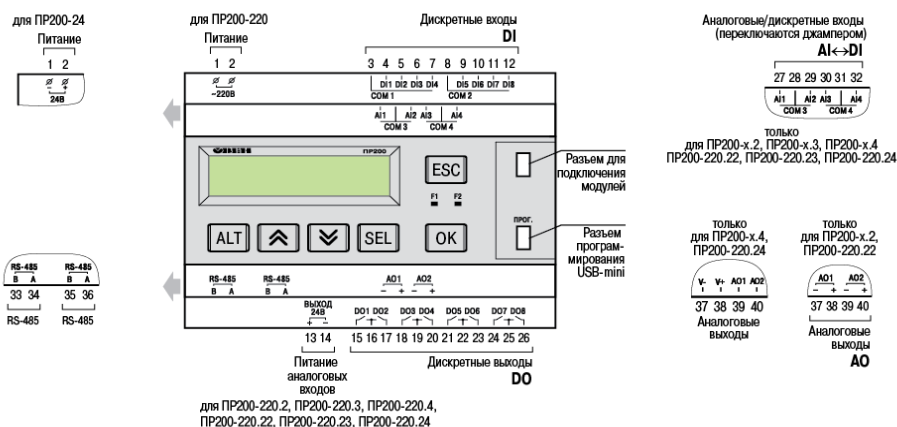


Рисунок 4.14 – Общая распиновка программируемого реле

Рисунок 4.15 – Схема подключения резистивных датчиков



10. Блок расширения выходов «ОВЕН» ПРМ-24.1

Блок расширения «ОВЕН» ПРМ-24.1 предназначен для увеличения количества входов и выходов программируемого реле ОВЕН ПР200. [13] Подключение блока осуществляется по внутренней шине. Блок расширения выходов используется в системе в связи с недостатком выходов на самом программируемом реле. Подключение модулей осуществляется по внутренней шине. Внешний вид блока расширения выходов изображен на рисунке 1.16.

Особенности блока расширения выходов:

8 каналов дискретного ввода (220 В или 24 В, в зависимости от модификации);

8 каналов дискретного вывода типа э/м реле;

скорость опроса входов/выходов равна скорости опроса входов/выходов ПР200;

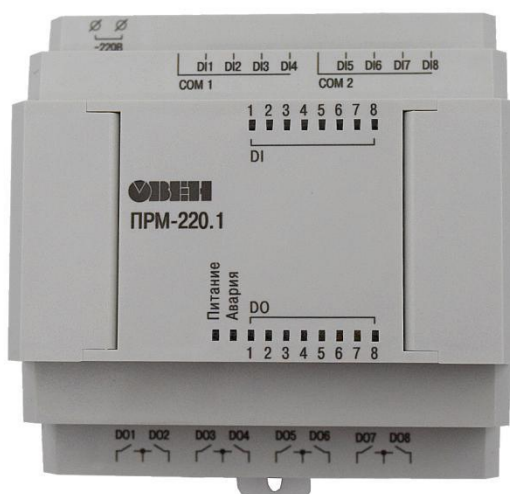
входы модуля гальванически развязаны относительно питания и относительно друг друга (по 4 входа);

модули имеют свое независимое питание и индивидуальную гальваническую развязку выходов, что повышает надежность системы, можно использовать головное ПР и модули с разным типом питания;

простая настройка модуля в среде Owen Logic, модуль ввода/вывода добавляется в проект в несколько кликов;

контроль наличия связи с ПР200. При потере связи имеется возможность установить аварийное положение выходов модуля ПРМ, что увеличивает надежность системы.

Рисунок 4.16 – Блок расширения выходов «ОВЕН» ПРМ-24.1



11. Резистивный датчик температуры

Датчик температуры резистивный предназначен для измерения температуры воздуха на различных промышленных объектах. Датчик монтируется непосредственно в месте, где необходимо контролировать

температуру окружающего воздуха. В датчике расположен терморезистор, сопротивление которого изменяется обратно пропорционально изменению температуры в месте установки датчика. Резистивный датчик температуры изображен на рисунке 1.17



Рисунок 4.17 – Резистивный датчик температуры

4.2 Разработка управляющей программы в среде программирования

Так как целью проекта является создание системы из комплектующих отечественного производства, то использовалось программируемое реле созданное российской компанией «ОВЕН». Для данного реле компания разработала свою собственную среду программирования на языке программирования FBD. Данная среда носит название «OWEN Logic».

FBD (англ. Function Block Diagram) – графический язык программирования стандарта МЭК 61131-3. Предназначен для программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК). Программа образуется из списка цепей, выполняемых последовательно сверху вниз. Цепи могут иметь метки. Инструкция перехода на метку позволяет изменять последовательность выполнения цепей для программирования условий и циклов. [14]

При программировании используются наборы библиотечных блоков и собственные блоки, также написанные на FBD или других языках МЭК 61131-3. Блок (элемент) – это подпрограмма, функция или функциональный блок (И, ИЛИ, НЕ, триггеры, таймеры, счётчики, блоки обработки аналогового сигнала, математические операции и др.).

Каждая отдельная цепь представляет собой выражение, составленное графически из отдельных элементов. К выходу блока подключается следующий блок, образуя цепь. Внутри цепи блоки выполняются строго в порядке их соединения. Результат вычисления цепи записывается во внутреннюю переменную либо подается на выход ПЛК.

Для реализации поставленной задачи необходимо было разработать программу, способную:

- быстро и точно считывать показания с аналогового резистивного датчика температуры воздуха и переводить их в цифровой вид;

- переключать режимы с максимальной плавностью при достижении пограничных показаний;

выводить информацию, а также показания датчиков с точностью до десятых на дисплей программируемого реле;

иметь возможность дифференцированно регулировать показатели температуры воздуха до 3 помещений одновременно, используя 1 программируемое реле;

иметь возможность работать с блоком расширения выходов «ОВЕН» ПРМ-24.1;

иметь возможность использования системы и написанной программы персоналом с базовым уровнем знаний без обширной подготовки.

Разработка программы велась в среде «OWEN Logic» на языке программирования FBD.

Код разработанной программы представлен в приложении А.

Так как в системе используются резистивные датчики температуры, в управляющую программу требуется закладывать функциональную возможность для преобразования аналоговых показаний в единицы измерения температуры. Для решения данного вопроса был использован макрос для перевода единиц измерения сопротивления в единицы измерения температуры. Данный макрос представлен в приложении Б.

Для возможности вывода информации, а также показания датчиков с точностью до десятых был задействован дисплей программируемого реле, для которого также был задан алгоритм зависящий от основного рабочего алгоритма системы. При помощи встроенного в среде программирования «OWEN Logic», интерфейса работы с экранами были заданы значения и переменные, такие как динамическая температура, динамическое описание режима работы системы, указанные для двух помещений и выводимые на дисплей программируемого реле в режиме реального времени. Заданные в программе показания дисплея реле изображены на рисунке 2.3

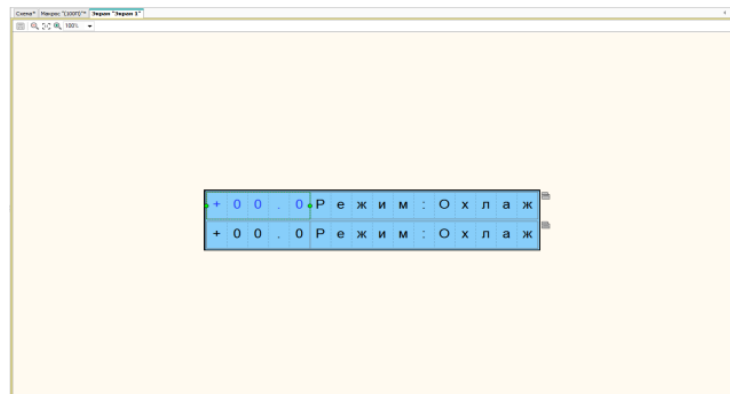


Рисунок 4.18 – Заданные в программе показания дисплея реле

4.3 Описание монтажа, наладки и ремонта системы

Ниже приведено описание монтажа механической составляющей, электромонтажа мехатронной системы регуляции температуры помещений.

Во время монтажа используются следующие инструменты:

плоская отвёртка 4,0;

гаечный ключ 7,0;

стриппер;

плоскогубцы;

кусачки;

линейка;

рулетка;

изолента;

крестовая отвертка 4,0.

В зависимости от особенностей строения стен помещения, в котором будет производиться монтаж мехатронной системы используется 2 варианта входных коробов вентиляции – круглого (для монтажа системы с созданием сквозного отверстия в стене) и прямоугольного (для монтажа системы в запланированном на стадии проектирования помещения отверстии). В проекте данной мехатронной системы используются прямоугольные каналы.

Процесс монтажа должен производиться в соответствии с данной последовательностью:

1. Проведение установки входного канала модуля забора воздуха.
2. Установка вентилятора забора воздуха на 4 болта под крестовую отвертку, закрепление защитной решетки.
3. Установка фильтрующего элемента модуля забора воздуха.
4. Установка ответвления, ведущего на модуль нагрева воздуха, а также ответвления на подачу охлажденного воздуха.
5. Установка вентилятора подачи охлажденного воздуха на 4 болта под крестовую отвертку, а также закрепление защитной решетки.

6. Установка фильтрующего элемента модуля подачи охлажденного воздуха.

7. Установка механической части заслонки переключения режимов через переходные прокладки на входе и выходе.

8. Установка электропривода и закрепление механической части на вал.

9. Установка нагревательного элемента с кронштейном.

10. Установка трехлопастного вентилятора.

11. Закрытие вентилятора защитной решеткой и установка фильтрующего элемента.

12. Выполнение подключения к электропитанию всех компонентов системы.

Пусконаладочные работы

Пусконаладочные работы (ПНР) – комплекс работ, выполняемых на смонтированном оборудовании в период подготовки и проведения индивидуальных испытаний и комплексного опробования оборудования мехатронной станции.

Пусконаладочные работы включают:

устранение возможных ошибок, допущенных на стадии проектирования и монтажа;

подготовка и пуск оборудования в тестовом режиме;

подготовка на постоянный режим работы;

ввод в стабильную эксплуатацию с наблюдением в течении 120 нормочасов.

Ремонт и техническое обслуживание мехатронной системы

Ремонт и техническое обслуживание мехатронной системы регуляции температуры помещения должно производиться в соответствии с ГОСТ 18322 – 78: [15]

1. Специализированный персонал должен организовывать и проводить работы, связанные с ремонтом системы, в строгом соответствии с действующим

законодательством, техническим регламентом, настоящим стандартом и в соответствии с требованиями, предъявляемыми национальными стандартами, сводами правил и технической (эксплуатационной) документацией на системы и их составные части, а также с регламентами на проведение технического обслуживания и ремонта систем.

2. ТО системы должно осуществляться на плановой основе и проводиться с периодичностью, установленной регламентом на проведение ТО системы, при этом должно обеспечиваться выполнение плана проведения и процедур ТО систем, а также процедур ТО (поддержки) программного обеспечения системы.

3. Должны применяться контрольно-измерительные приборы, средства испытаний, инструменты, принадлежности, запасные части и материалы (в том числе расходные), соответствующие требованиям, установленным нормативно-технической и технической документацией на системы и их составные части; - при проведении ТР системы не допускать применения для замены неавторизованных изделий и материалов; - при проведении ТР системы осуществлять замену вышедших из строя составных частей на аналогичные, при невозможности — на основании ведомости замены завода-изготовителя.

4. Если для проведения работ по ТО и ТР требуется временное отключение системы или ее части либо ограничение их функций, то специализированный персонал должен предпринять компенсирующие меры по сохранению уровня безопасности здания или сооружения в период проведения этих работ.

5. При выявлении в ходе эксплуатации и ТО системы неисправности основных устройств — составляющих системы (но до достижения ими назначенного срока службы) специализированный персонал должен произвести средний или капитальный ремонт системы, направленный на восстановление ее ресурса.

6. По окончании ремонтных работ должен быть составлен акт об оценке продления ресурса системы, должны быть внесены изменения в исполнительную

документацию, а также должна быть проведена оценка соответствия системы требованиям функциональной безопасности.

7. При достижении системой или ее составными частями предельного состояния (срока службы), в том числе после ремонта системы, ее составные части подлежат выводу из эксплуатации и списанию.

8. К моменту достижения системой предельного состояния требуется принять меры к созданию новой системы.

4.4 Организация и экономика производства

В связи с тем, что импортные комплектующие либо стали финансово более затратными, либо же дальнейших поставок не ожидается, потребовалось создание такой мехатронной системы по регуляции температуры помещений, которая будет сочетать в себе простоту, доступность комплектующих, низкие экономические затраты на разработку и проектирование, а также полное импортозамещение для удобства дальнейшей эксплуатации.

Исходные данные, необходимые для расчёта капитальных затрат

Исходными данными экономической части дипломного проекта являются:

- сводные нормы трудоёмкости по видам работ и средние разряды работ на изготовление устройства (изделия), сборку, монтаж, настройку, регулировку мехатронной системы в целом;
- часовые тарифные ставки по разрядам работ;
- спецификация основных сборочных единиц и комплектов, входящих в мехатронную систему;
- спецификация основных материалов, покупных изделий и полуфабрикатов, расходуемых на изготовление мехатронной системы;
- прейскуранты оптовых цен на материалы и комплектующие изделия.

Исходные данные, необходимые для расчёта капитальных затрат на мехатронную систему регуляции температуры помещений предприятия, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные для расчёта затрат на приобретение технических средств

Наименование оборудования	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Сумма, руб
1	2	3	4	5
Вентиляционные каналы	Шт.	2	1100	2200
Уголки и переходники вентиляционных каналов	Шт.	5	600	300
Решетка защитная стальная оцинкованная	Шт.	2	500	1000
Вентилятор 5 лопастной осадкозащищенный	Шт.	1	3000	3000
Пенополиуретановый воздушный фильтр	Шт.	1	800	800
Заслонка из нержавеющей стали	Шт.	1	1200	1200
Электропривод заслонки	Шт.	1	2000	2000
Решетка пластиковая защитная	Шт.	1	300	300
Вентилятор пятилопастной	Шт.	1	1400	1400
Хлопковый воздушный фильтр	Шт.	2	200	400
Вентиляционный нагревательный элемент	Шт.	1	1700	1700
Вентилятор трехлопастной термостойкий	Шт.	1	1300	1300
Индикаторные лампы	Шт.	2	500	1000
Программируемое логическое реле «ОВЕН» ПР200	Шт.	1	10000	10000
Блок расширения выходов «ОВЕН» ПРМ-24.1	Шт.	1	6000	6000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Кабельная продукция	Шт.	10	140	1400
Резистивный датчик температуры	Шт.	1	1000	1000
Итого				35000
Транспортно-заготовительные расходы (Зтр=10%)				3500
Всего с учетом Зтр (Ст.ср)				38500

Расчет стоимости работ по инсталляции, установке, тестированию

Расчет стоимости работ по инсталляции, установке, тестированию
представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Смета затрат на проектные и пуско-наладочные работы

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена, руб	Сумма, руб
Проектные работы	Комплект	1	8000	8000
Монтаж, базовая настройка и тестирование оборудования	Комплект	1	5000	5000
Проектные работы	Комплект	1	9000	9000
Монтаж, базовая настройка и комптестирование оборудования	Комплект	1	7000	7000
Проектные работы	Комплект	1	10000	10000
Монтаж, базовая настройка и комптестирование оборудования и ПО	Комплект	1	4000	4000
Итого:				43000

Капитальные затраты на мехатронную систему составляют сумму затрат по итогам таблиц 4.1 и 4.2: КВ = 81500 тыс. руб.

Расчет годовой стоимости затрат на эксплуатацию мехатронной системы

Расчет годового фонда времени работы мехатронной системы представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет годового фонда времени работы мехатронной системы

№ пп	Наименование показателя	Величина	
		дни	часы
1.	Календарное время	365	8760
2.	Количество выходных дней	104	2496
3.	Количество праздничных дней	14	336
4.	НОМИНАЛЬНОЕ ВРЕМЯ	247	5928
5.	Время ежемесячной профилактики		12
6.	Время еженедельной профилактики		6
7.	Время ежедневной профилактики		1
8.	ИТОГО ВРЕМЯ ПРОФИЛАКТИКИ	29	696
9.	Полезный фонд времени работы	218	5232

Расчёт амортизационных отчислений (А, руб) выполняется по формуле:

$$A = A_m \cdot A_{зд}, \quad (4.1)$$

где A_m – амортизация оборудования;

$A_{зд}$ – амортизация здания.

Амортизация оборудования (A_m , руб.) рассчитывается по формуле:

$$A_m = C_m \cdot H_a^n, \quad (4.2)$$

где C_M – стоимость технических средств с учётом транспортно-заготовительных расходов ($C_M \cdot 1,1$);

N_a^H – норма амортизации компьютера (25%);

Амортизация здания ($A_{зд}$, тыс. руб.) рассчитывается по формуле:

$$A_{зд} = S \cdot Ц_{м^2} \cdot N_a^{зд}, \quad (4.3)$$

где S – площадь помещения, $м^2$;

$N_a^{зд}$ – норма амортизации здания (1,7%);

$Ц_{м^2}$ – цена 1 $м^2$ площади помещения, руб.

$A_M = 42350 \cdot 12,5\% = 5293,75$ тыс. руб.

$A_{зд} = 100 \cdot 27000 \cdot 1,7\%$ тыс. руб.

$A = 5293,75 + 45900 = 51193,75$ тыс. руб.

Расчёт затрат на электроэнергию (\mathcal{E} , тыс. руб.) проводится по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{ос}, \quad (4.4)$$

где \mathcal{E}_c – затраты на силовую электроэнергию, тыс. руб.;

$\mathcal{E}_{ос}$ – затраты на освещение, тыс. руб.

Расчёт затрат на силовую электроэнергию (\mathcal{E}_c , тыс. руб.) производится по формуле:

$$\mathcal{E}_c = Ц_{\mathcal{E}} \cdot P_y \cdot K_{исп} \cdot T_n, \quad (4.5)$$

где P_y – мощность установки, кВт;

$K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования по мощности и времени (0,8);

T_n – полезный фонд времени работы оборудования, час.

$\text{Ц}_э$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт.

Расчёт затрат на освещение ($\text{Э}_{ос}$, тыс. руб.) производится по формуле:

$$\text{Э}_{ос} = \text{Ц}_э \cdot R_{ос} \cdot S \cdot K_0 \cdot T_{ос}, \quad (4.6)$$

где $R_{ос} = 0,02$ кВт;

K_0 – коэффициент одновременного горения светильников (0,8);

$T_{ос}$ – число часов освещения, час;

S – площадь помещения, м²;

$\text{Ц}_э$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт.

$$\text{Э}_с = 5,8 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 5232 = 242764,8 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{Э}_{ос} = 5,8 \cdot 0,02 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 8760 = 81262,8 \text{ тыс. руб.}$$

$$\text{Э} = 242764,8 + 81262,8 = 324027,6 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет фонда заработной платы персонала

Расчет фонда заработной платы представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.4

Штатное расписание

Должность	Количество человек	Месячный оклад, тыс. руб.
Оператор мехатронной системы	1	30000
Инженер по ремонту автоматизированных систем	1	45000
Техник ПО	1	25000

В состав фонда заработной платы (ЗП) входят:

– ЗП по тарифу; [16]

– премия.

Данные параметры составляют основную заработную плату ($\text{ЗП}_{осн}$).

Дополнительную $\text{ЗП}_{доп}$ составляют:

- оплата внеочередных отпусков;
- выполнение общественных и государственных обязанностей и т.д.

Расчёт основной ЗП_{осн} (тыс. руб.) производится по формуле:

$$ЗП_{осн} = \text{оклад} \cdot 11 \text{ мес.} + \text{премия}, \quad (4.7)$$

где премия – 20%.

Дополнительная ЗП_{доп} (тыс. руб.) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{доп} = 10,9\% \cdot ЗП_{осн}, \quad (4.8)$$

При этом районный коэффициент R_k равен 15% от (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}).

Отчисление на социальное страхование и пенсионное обеспечение равно 30,5% от (ЗП + R_k).

Все расчёты сведены в таблице 4.6.

Таблица 4.5

Расчет годового фонда заработной платы с отчислениями

Должность	Кол-во человек	Месячный оклад, тыс.руб.	З/п по тарифу, тыс.руб.	Премия, тыс.руб.	Основной фонд, тыс.руб.	Дополнительный фонд, тыс.руб.	Общий фонд, тыс.руб.	Районный коэффициент, тыс.руб.	Общий фонд с р/к, тыс.руб.	Отчисления, тыс.руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Оператор мехатронной системы	1	30	330	66	396	43,164	439,164	65,874	505,038	179,793
Инженер по ремонту	1	45	495	99	594	64,746	658,744	98,811	757,551	276,096

Продолжение таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Техник ПО	1	25	275	55	330	35,97	365,97	54,89	420,85	385,510

ИТОГО	3	100	1100	220	1320	143,88	1463,88	219,575	1683,439	841,399
-------	---	-----	------	-----	------	--------	---------	---------	----------	---------

Расчёт затрат на ремонт и обслуживание комплекса (РО, руб.) производится по формуле:

$$PO = C_M \cdot K_{T/3} \cdot K_{PO}, \quad (4.9)$$

где C_M – стоимость технических средств;

$K_{T/3}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов (1,1);

K_{PO} – коэффициент на ремонт и обслуживание от стоимости технических средств (0,04).

$$PO = 38500 \cdot 1,1 \cdot 0,04 = 1694 \text{ руб.}$$

Стоимость основных материалов

Расчет затрат на основные материалы приводится в таблице 4.7.

Таблица 4.6

Расчет затрат на основные материалы

Наименование	Единицы измерения	Количество на мехатронную систему	Общее количество	Цена единицы, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
Бухта кабеля малого сечения	Шт.	1	3	3000	9000
Бухта кабеля крупного сечения	Шт.	1	3	6000	18000
ИТОГО	-	2	6	9000	54000

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Транспортно-заготовительные расходы (10%)	-	-	-	900	5400
ВСЕГО	-	2	6	9900	59400

Составление сметы затрат на эксплуатацию мехатронной системы

Смета затрат на эксплуатацию мехатронной системы регуляции температуры помещений представлена в таблице 4.8.

Таблица 4.7

Смета затрат на эксплуатацию мехатронной системы

№ пп	Элементы затрат	Величина, тыс. руб.	Удельный вес, %
1.	Стоимость основных материалов	59,4	1,82
2.	Электроэнергия	324,027	9,95
3.	Общий фонд заработной платы с районным коэффициентом	1683,439	51,68
4.	Отчисления от заработной платы	841,399	25,83
5.	Амортизационные отчисления	51,2	1,57
6.	Затраты на ремонт и обслуживание	1,694	0,05
7.	Прочие затраты (10%)	296,115	10
8.	ИТОГО	3257,274	100

4.5 Техника безопасности дежурного техника автоматизированных систем управления

Допуск к управлению мехатронной системой разрешен оператору с инженерно-техническим образованием, с I группой по электробезопасности, а также прошедшему обучение и проверку знаний по технике безопасности, должностным инструкциям.

Техника безопасности приведена согласно «Инструкции по технике безопасности для дежурного техника АСУ» [17] :

1. Подчиняться правилам внутреннего трудового распорядка, иным документам, регламентирующим вопросы дисциплины труда.
2. Во время работы следует быть внимательным, не отвлекаться от выполнения своих обязанностей.
3. Выполнять только ту работу, которая ему была поручена, и по которой он был проинструктирован.
4. В течение всего рабочего дня содержать в порядке и чистоте рабочее место.
5. Удостовериться в защищенности сетками всех вентиляционных отверстий.
6. Выполнять санитарные нормы и соблюдать режимы работы и отдыха.
7. Соблюдать правила эксплуатации вычислительной техники в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Дежурному технику АСУ во время работы запрещается:

- касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры; прикасаться к задней панели системного блока (процессора) при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- загромождать верхние панели устройств бумагами и посторонними предметами;

допускать захламленность рабочего места бумагой в целях недопущения накопления органической пыли;

производить отключение питания во время выполнения активной задачи;

производить частые переключения питания;

допускать попадание влаги на поверхность системного блока (процессора), монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и др. устройств;

включать сильно охлажденное (принесенное с улицы в зимнее время) оборудование;

применять необходимые для безопасной работы исправное оборудование, инструмент, приспособления, использовать их только для тех работ, для которых они предназначены;

при пользовании электроинструментом, его кабель не следует натягивать, перекручивать и перегибать, а также ставить на него груз; кабель по возможности нужно подвешивать;

не следует оставлять без надзора электроинструмент, присоединенный к сети, а также передавать его лицам, не имеющим права с ним работать;

инструмент на рабочем месте должен быть расположен так, чтобы исключалась возможность его скатывания или падения;

запрещается класть инструмент на перила ограждений или край площадки лесов, подмостей, а также вблизи открытых люков, колодцев;

не принимать пищу, не курить на рабочем месте;

в случае плохого самочувствия прекратить работу, поставить в известность своего непосредственного руководителя и обратиться к врачу.

5. Описание алгоритма действий

В автоматизированной системе регуляции температуры воздуха осуществляется следующий технологический процесс:

Происходит постоянное измерение температуры воздуха резистивным датчиком (**TE-7**), одновременно с этим вентилятор забора (**PG-1**) направляет воздух через фильтр для очистки от частиц загрязнения в систему. Очищенный воздух в зависимости от показаний температурного датчика и алгоритма программируемого реле (**YI-8**) направляется на один из двух модулей отвечающих за режимы (охлаждения или нагрева). При включении модуля охлаждения открывается электромеханическая заслонка (**ZF-3**) и происходит подача воздуха напрямую. При включении модуля нагрева открывается другая электромеханическая заслонка (**ZF-4**) и происходит включение канального нагревательного элемента (**TJ-5**), для работы обоих режимов предусмотрены вентиляторы ((**PG-2**) и (**PG-6**)) подачи обработанного воздуха. Далее, по заданному алгоритму проводится постоянное измерение температуры среды до достижения ,требуемого в программе, результата.

Алгоритм работы основан на принципе постоянного сравнения показаний поступающих с датчиков и двух констант, представляющих собой допустимый порог значений, как в большую, так и в меньшую сторону. Программа разрабатывалась для работы одинаковых систем в двух помещениях, управление данными системами должно быть привязано к одному программируемому реле и его блоку расширения выходов, но также имеется возможность упрощения и усложнения для работы в одном либо трех помещениях соответственно. Общий алгоритм работы системы в помещении изображен на рисунке 2.1.

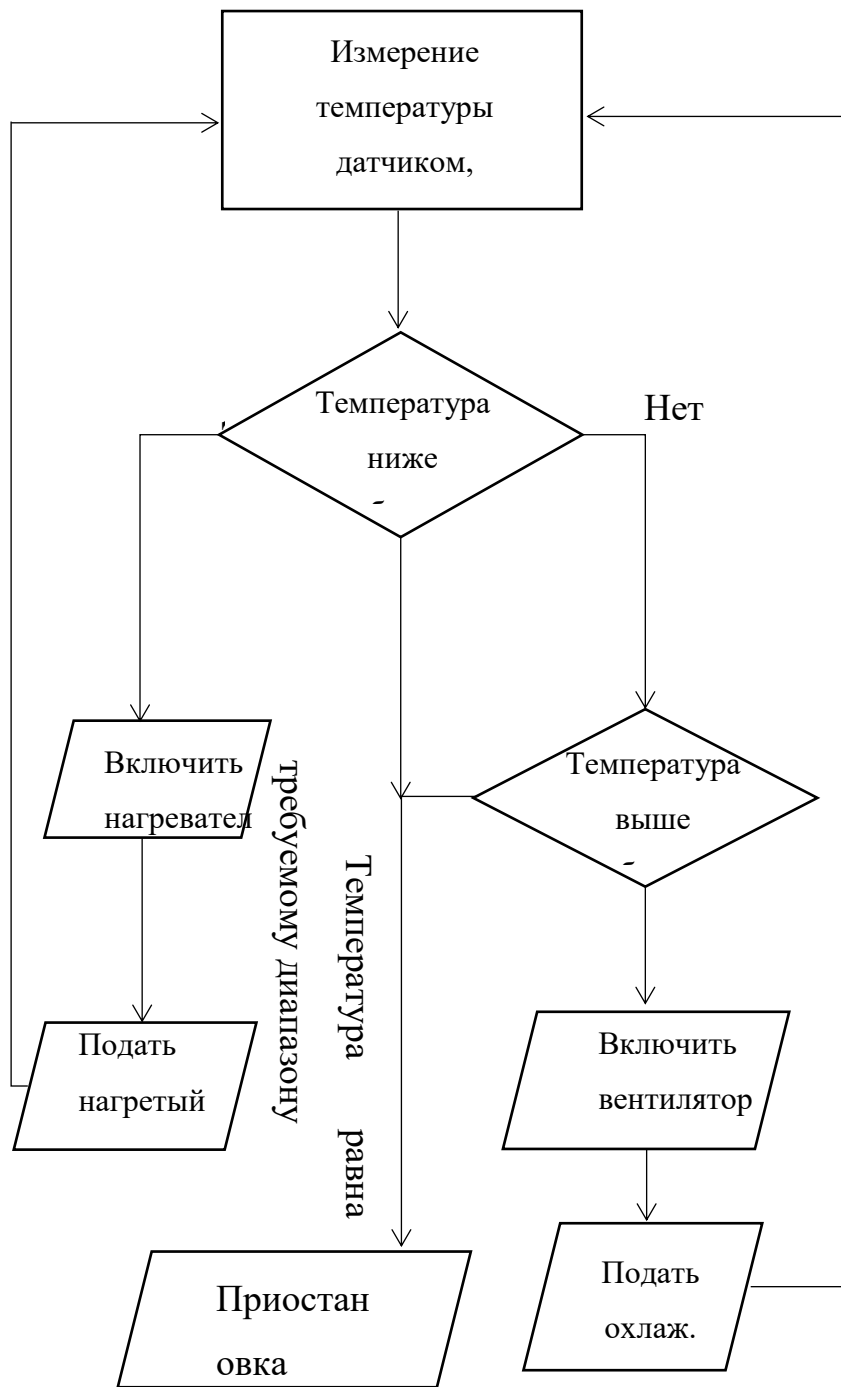


Рисунок 5.1 – Общий алгоритм работы мехатронной системы регуляции температуры в помещении

Рекомендации по использованию в профессиональной сфере

Сведения полученные в процессе выполнения проекта могут быть применены для анализа условий предприятия с целью их улучшения.

Составленная возможная элементная база мехатронной системы с опорой на её предполагаемый функционал, может быть с легкостью задействована для воплощения проекта в жизнь.

Для управления системой рекомендуется использовать среду программирования Owen Logic, но благодаря своей простоте и модульности может быть задействован практически любой логический контроллер.

Также примененные наработки по части модульности конструкции могут быть дополнены для расширения функциональных возможностей системы.

Описание предполагаемых методик эксплуатации, обслуживания и ремонта, поможет упростить рабочие процессы системы.

Список литературы

1. Феофанов А.Н., Разработка, моделирование и оптимизация работы мехатронных систем: ЭУМК / Т. Г. Гришина, А.Н. Феофанов. – 1-е изд. – М: Академия, 2019 – 8 с.
2. Термометрия//:URL:<https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/139273/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F> (21.07.2023 г.)
3. Нагрев//: URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1835925> (22.04.2022)
4. Охлаждение//: URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1845411> (23.07.2023)
5. Бычков, А. В. Основы автоматического управления / А. В. Бычков, А. С. Савватеев , О. М. Бычкова – 1-е изд. – М: Академия, 2018 – 29 с.
6. Ермолаев, В.В. Монтаж, программирование и пусконаладка мехатронных систем / В.В. Ермолаев – 1-е изд. – М: Академия, 2018 – 67 с.
7. Вентиляционные каналы//: URL: <https://hypervent.ru/vozdukhovod-ryatougolnogo-secheniya/> (11.07.2023 г.)
8. Уголки и переходники вентиляционных каналов//: URL: https://ronstar.ru/catalog/otvod_90_1/otvod_90_200250 (11.07.2023 г.)
9. Вентиляторы//: URL: <https://ventnaz.ru/ventilyatory-osevye-na-plastine/ventilyatory-serii-storm-rossiya/> (19.07.2023 г.)
10. Вентиляционная заслонка с электроприводом//: URL: <https://gidroguru.com/ventilyaciya/825-ventilyacionnaya-zaslonka> (01.05.2022 г.)
11. Программируемое логическое реле «ОВЕН» ПР200//: URL: <https://owen.ru/product/pr200/modifications> (15.07.2023 г.)
12. Блок расширения выходов «ОВЕН» ПРМ-24.1//: URL: <https://owen.ru/product/prm> (05.08.2023 г.)
13. FBD//: URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/106876> (07.07.2023 г.)

14. ГОСТ 18322–78 Система технического обслуживания и ремонта техники.

15. Техника безопасности дежурного техника АСУ//: URL: https://studbooks.net/1170081/informatika/osnovnye_trebovaniya_bezopasnosti_rabotnikov_sluzhby (18.07.2023 г.)

Приложение А

Листинг кода программы для программируемого реле ОВЕН

PR200

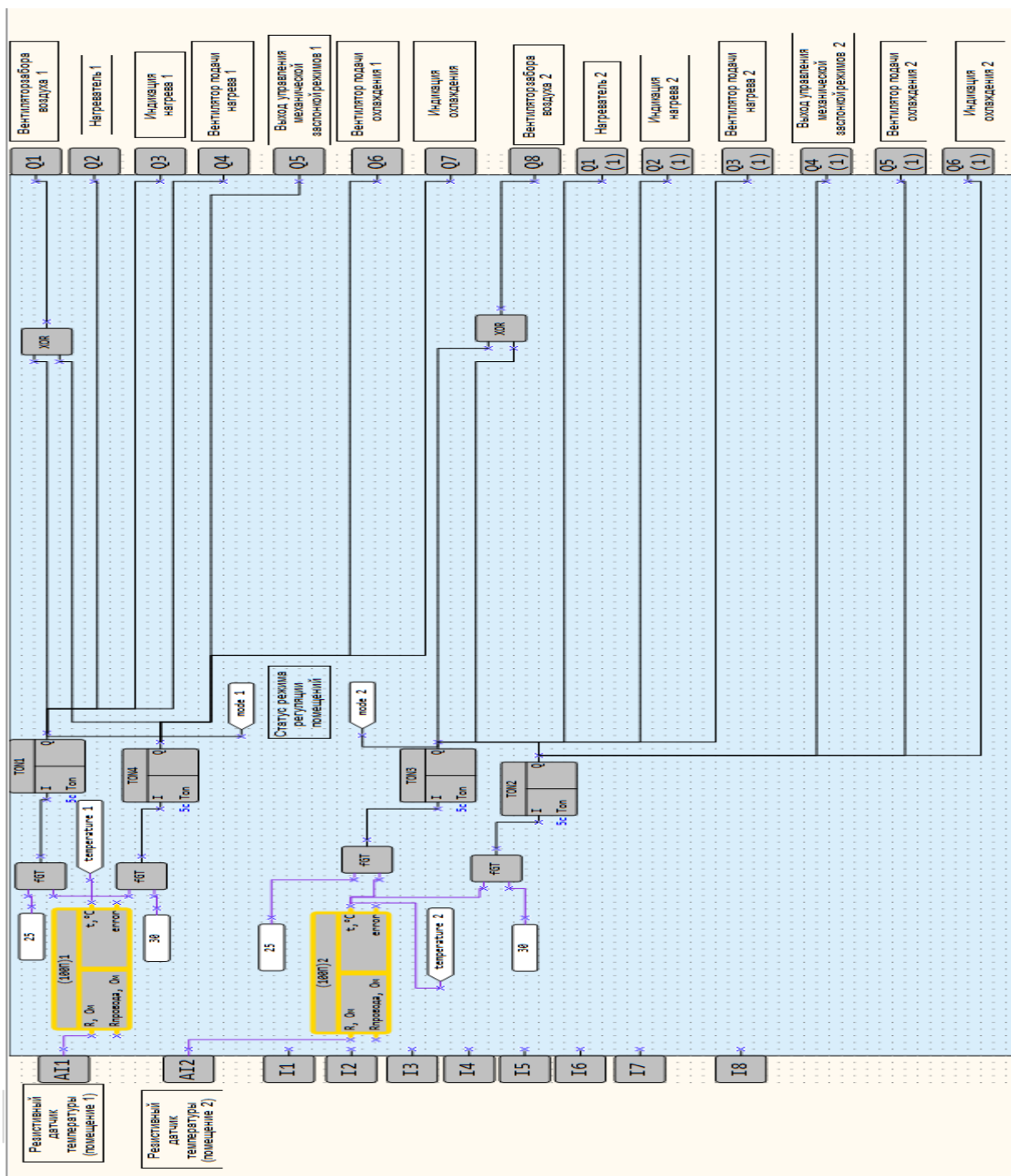


Рисунок А.1 – Листинг кода программы для программируемого реле ОВЕН PR200

Приложение Б

Макрос перевода сопротивления в температуру

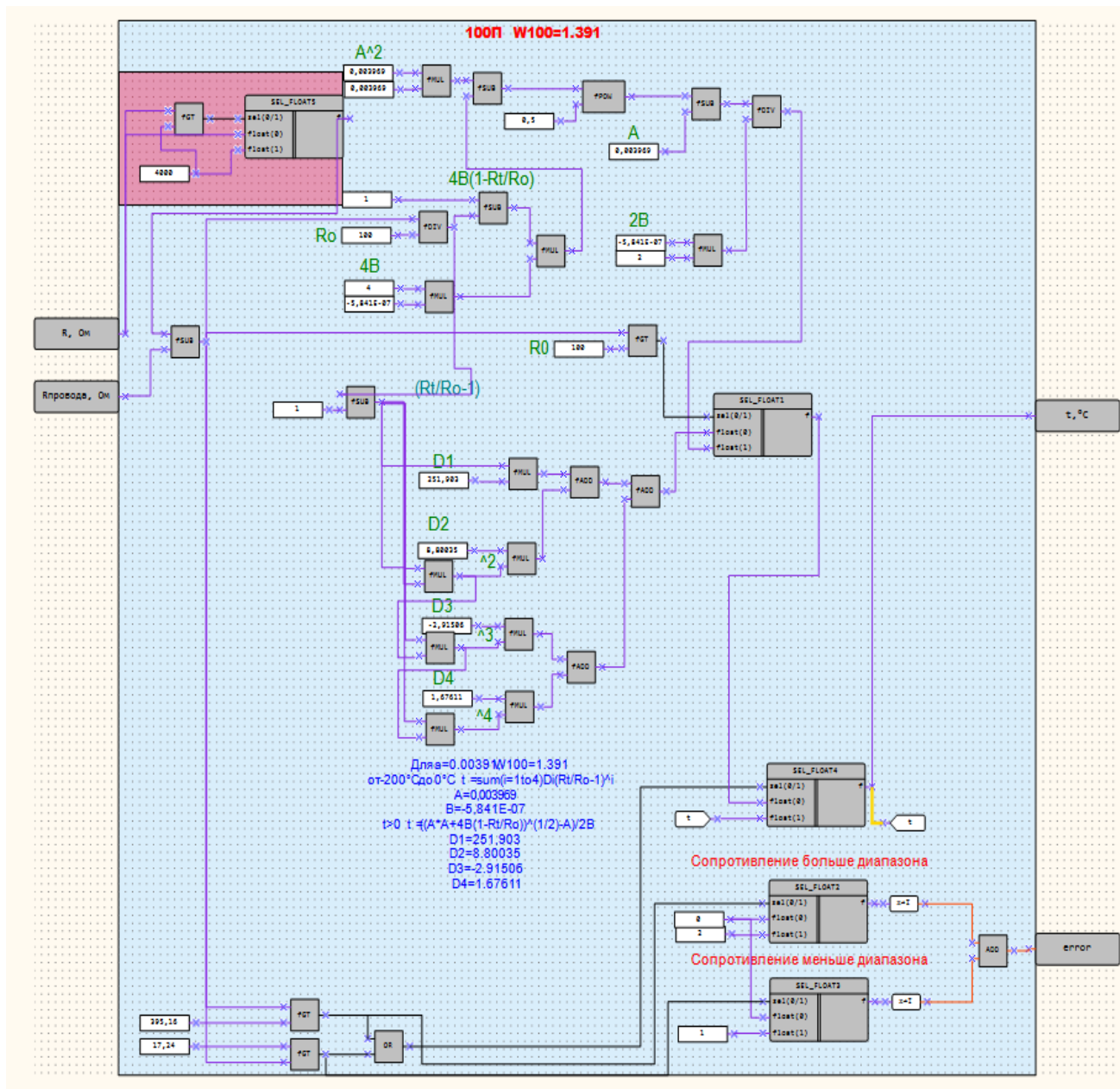


Рисунок Б.1 – Макрос перевода сопротивления в температуру