

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о.зав. кафедрой

 О.В. Скрипко

« 23 » 06 2021 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Проектирование автоматизированной системы управления приточно-
вытяжной вентиляции магистральной насосной станции

Исполнитель
студент группы 74106


11.06.2021
(подпись, дата)

Л.Е. Осипенко

Руководитель
доцент, канд.техн.наук


11.06.2021
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд.физ.-мат.наук


11.06.2021
(подпись, дата)

В.Н. Аверьянов

Нормоконтроль
профессор, д-р техн.наук


16.06.2021
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2021


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический

Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой


_____ подпись _____ О.В. Скрипко
И.О.Фамилия
« 23 » _____ 06 _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 741 группы Осипенко Любови Евгеньевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Проектирование автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции магистральной насосной станции

(утверждена приказом от 23.04.2021 № 812-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 22 июня 2021 года

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: 1) Комплекс типовых проектных решений автоматизации НПС и резервуарных парков на базе современных технических решений и комплектующих, общие технические требования, алгоритмы автоматизации ПАО «Транснефть»; 2) Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов, автоматизация и телемеханизация технологического оборудования площадочных и линейных объектов, типовые проектные и технические решения, описание интерфейса АРМ оператора ПАО «Транснефть».

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Функциональная схема автоматизации;

2) Выбор средств автоматизации;

- 3) Эскиз лицевой панели щита управления;
- 4) Принципиальная электрическая схема;
- 5) Создание имитационной модели автоматизированной системы приточно-вытяжной вентиляции МНС;
- 5) Программа управления;
- 6) SCADA-система;
- 7) Безопасность и экологичность.

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: Функциональная схема автоматизации;

Лист 2: Лицевая панель щита управления;

Лист 3: Принципиальная электрическая схема управления;

Лист 4: Имитационная модель системы;

Лист 5: Алгоритм управления приточной вентиляцией и подачей теплоносителя;


Лист 6: Алгоритм управления вытяжной вентиляцией;

Лист 7: Мнемосхемы SCADA-системы;

Приложение А: Листинг программы.

6. Дата выдачи задания: 2 ноября 2020 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей Николаевич, доцент, канд. тех. наук

Задание принял к исполнению (дата): 02.11.2020г 

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 115с., 81рисунк, 10 формул, 23таблицы, 24 источника.

ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ, РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙСХЕМЫ, ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, MATLAB, SIMULINK, SCADA-СИСТЕМА.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции магистральной насосной станции. Цель работы – расчет производительности и выбор исполнительных механизмов и управляющего оборудования, разработка принципиальной электрической схемы, функциональной схемы автоматизации и лицевой панели щита управления, а также разработка программного обеспечения (ПО) для автоматизации работы системы приточно-вытяжной вентиляции для функционирования в автоматическом и ручном режимах. В программное обеспечение АСУТП войдут:

- 1) Имитационная модель, описывающая автоматизированную систему, выполненную в MatlabSimulink и предназначенная для проведения экспериментов, отработку алгоритмов управления и тестирования ПО.
- 2) Программа управления ПЛК, разработанная в CoDeSysV2.3.
- 3) SCADA-система, предназначенная для визуализации технологического процесса и оперативного управления, разработанная в TRACEMODEIDE 6.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Функциональная схема автоматизации	8
2 Выбор средств автоматизации	10
2.1 Расчет требуемого воздухообмена	10
2.2 Выбор исполнительных механизмов	14
2.2.1 Выбор клапана воздушного утепленного	14
2.2.2 Выбор вентиляторов	15
2.2.3 Выбор электродвигателей для управления вентиляторами	17
2.2.4 Выбор запорно-регулирующего клапана	19
2.2.5 Выбор огнезадерживающего клапана	20
2.2.6 Выбор воздушного фильтра	21
2.2.7 Выбор калорифера	22
2.3 Выбор измерительных преобразователей и датчиков	23
2.3.1 Выбор защиты от замерзания	23
2.3.2 Выбор датчика температуры	26
2.3.3 Выбор датчика давления воздуха	30
2.3.4 Выбор манометра	32
2.3.5 Выбор датчика загазованности	33
2.3.6 Выбор сигнализации загазованности насосного отделения	35
2.4 Выбор контроллерного оборудования	37
2.5 Выбор коммутационной аппаратуры и устройств защиты	46
2.5.1 Выбор выключателя автоматического	46
2.5.2 Выбор реле	51
2.5.3 Выбор магнитного пускателя	53
2.5.4 Выбор теплового реле	55
2.6 Выбор органов управления и сигнализации	57
3 Эскиз лицевой панели щита управления	62
4 Принципиальная электрическая схема	63

5	Создание имитационной модели автоматизированной системы приточно-вытяжной вентиляции МНС	65
5.1	Общая структура модели и описание блоков	65
5.2	Межпрограммный обмен	70
6	Программа управления	74
6.1	Разработка алгоритма управления	74
6.2	Программа автоматического управления	78
7	SCADA-система	87
7.1	Общие сведения о SCADA-системе	87
7.2	Визуализация системы в SCADA-системе	89
8	Безопасность и экологичность	97
8.1	Безопасность системы	97
8.2	Электробезопасность	100
8.3	Экологичность	101
	Заключение	104
	Библиографический список	105
	Приложение А	108

ВВЕДЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проектируется автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляцией магистральной насосной станции (МНС).

Задача автоматизирования воздухообменных процессов особенно актуальна для вентиляционной сети промышленного значения, например, для нефтеперекачивающей станции, так как ее решение существенно удешевляет ее эксплуатацию, минимизирует количество персонала, заметно снижает расход энергоресурсов и повышает уровень безопасности системы в целом. Нефтеперекачивающие станции являются объектами магистрального нефтепровода и представляют комплекс сооружений, установок и оборудования, предназначенных для обеспечения транспорта нефти по магистральному нефтепроводу. Вентиляция – это обмен воздуха в помещениях или перемещение воздуха вне помещений и его замещение свежим воздухом за счет перепада давления или температуры, или с помощью искусственных средств (например, приточных или вытяжных вентиляторов) для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения чистоты воздуха. Системы вентиляции (приточные, вытяжные и др.) МНС относятся к вспомогательному оборудованию, предназначенному для обеспечения работоспособности основного оборудования и обеспечения промышленной безопасности нефтеперекачивающей станции. Основная задача вентиляционной системы насосной станции – это поддержание температурных характеристик воздуха, его чистоту, уровня загазованности в пределах нормы или полное его отсутствие с длительным пребыванием обслуживающего персонала в помещениях, где функционирует перекачивающее и вспомогательное оборудование имеющее свое тепловыделение.

Осуществление автоматизации системы вентиляции позволит расширить над ней контроль и управление, повысить надежность, сократить количество аварийных ситуаций и отказов оборудования.

1 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема автоматизации показана на рисунке 1. Схемы автоматизации определяют структуру и функциональные связи между технологическим процессом, приборами, средствами контроля и управления и отражает характер автоматизации технологических процессов. Показывает связь между полевым оборудованием нижнего уровня с средствами управления более высокого уровня системы. Разрабатывается на основании исходных материалов, материалов технологического регламента и особенностей объекта.

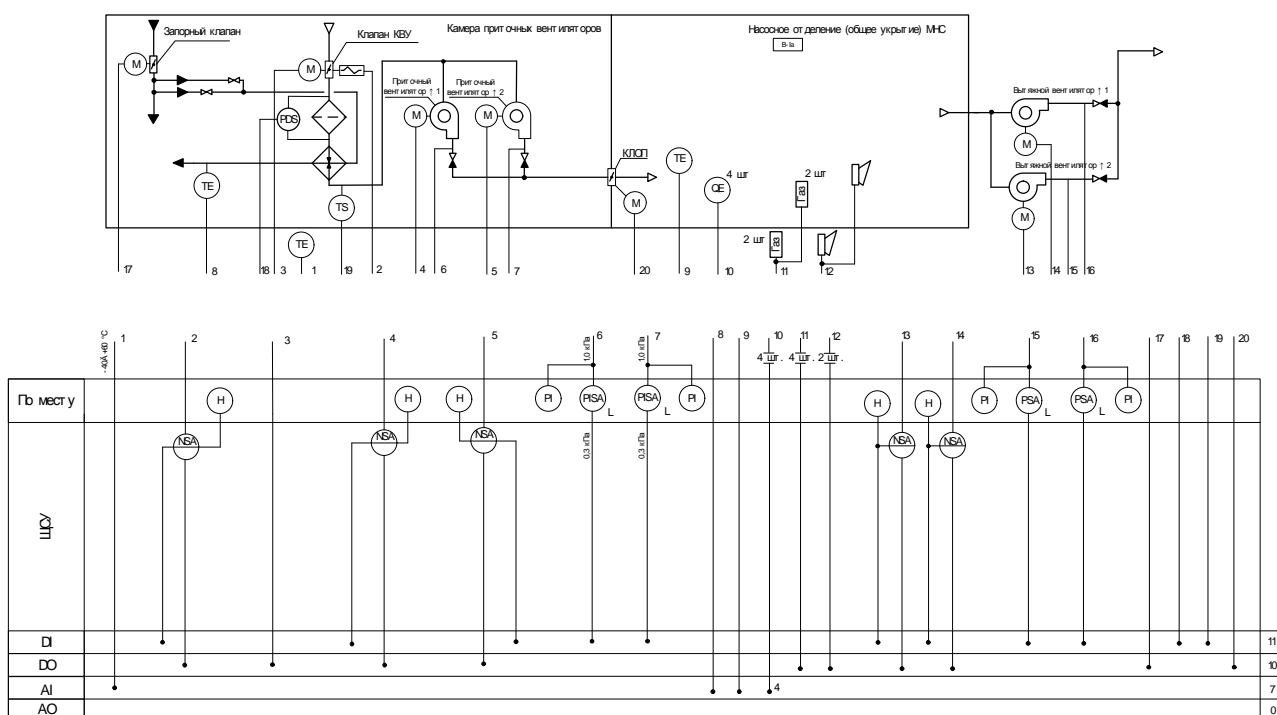


Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема включает:

1. Датчик температуры на улице;
2. Подогреватель клапана воздушного утепленного (КВУ);
3. Привод КВУ;
4. Электродвигатель приточного вентилятора №1;
5. Электродвигатель приточного вентилятора №2;
6. Реле давления на воздуховоде приточного вентилятора №1;
7. Реле давления на воздуховоде приточного вентилятора №2;

8. Датчик погружной;
9. Датчик температуры в насосном зале;
10. Датчики загазованности;
11. Табло «Газ»;
12. Оповещатель звуковой;
13. Электродвигатель вытяжного вентилятора №1;
14. Электродвигатель вытяжного вентилятора №2;
15. Реле давления на воздуховоде вытяжного вентилятора №1;
16. Реле давления на воздуховоде вытяжного вентилятора №2;
17. Привод клапана запорного (КЗ);
18. Реле перепада давления на фильтре;
19. Термостат защиты от замораживания калорифера;
20. Привод клапана огнезадерживающего противопожарного.

В функциональной схеме указано какое количество входов и выходов контроллера задействовано: 11 дискретных входов, 10 дискретных выходов и 7 аналоговых входов.

Предварительно выделим важные шаги: при понижении температуры наружного воздуха ниже 5°C необходимо включить электрообогреватель клапана КВУ. После выдержки открыть клапан КВУ и включить основной приточный вентилятор и отключить электрообогреватель клапана КВУ. Если температура наружного воздуха выше 5°C подается команда на открытие клапана КВУ, затем выполняется пуск приточного вентилятора, команда на автоматическое закрытие клапана КВУ формируется после отключения приточных вентиляторов. При возникновении предельной загазованности или предельной температуры в зале производится включение основного вытяжного вентилятора, если показатели сохраняются формируется команда на включение резервного вытяжного вентилятора.

При повышенном уровне загазованности включается табло, при аварийном уровне помимо табло добавляется звуковая сигнализация.

2 ВЫБОР СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

2.1 Расчет требуемого воздухообмена

Для выбора оборудования нам потребуется рассчитать воздухообмен и требуемый расход воздуха. Необходимый воздухообмен в производственных зданиях и помещениях нефтебаз должен рассчитываться по количеству выделяющихся вредных веществ, тепла и влаги согласно требованиям СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» [4]. Для определения требуемого расхода воздуха нам нужно рассчитать воздухообмен:

$$L = \frac{n \cdot Z \cdot 10^6}{g - g \cdot k}, \quad (1)$$

где n – коэффициент, учитывающий долю производственных вредностей, которые поступают в рабочую зону, и определяются опытным путём, $n = 1$;

Z – количество газа, выделяющееся через не плотности оборудования и трубопроводов;

g – предельно допустимая концентрация, $g = 300$ мг/м³;

k – степень не герметичности технологического оборудования, работающего под давлением, $k = 0,002$.

Параметры помещения насосного зала: длина и ширина помещения составляют соответственно 60 и 9 м., расчетная высота помещения 7,5 м.

Объём помещения:

$$V = S \cdot H, \quad (2)$$

где S – площадь помещения;

H – высота помещения.

Подставляя данные в формулу (2), находим объем:

$$V = 540 \cdot 7,5 = 4050 \text{ м}^3.$$

Суммарный объем аппаратуры $V_a = 35 \text{ м}^3$. Таким образом, объем воздухообмена:

$$V_{\text{в}} = V - V_a, \quad (3)$$

Подставляя данные в формулу (3), находим объем воздухообмена:

$$V_{\text{в}} = 4050 - 35 = 4015 \text{ м}^3.$$

Количество газа, выделяющееся через не плотности оборудования и трубопроводов, определяется по формуле:

$$Z = K \cdot I \cdot V_a \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}, \quad (4)$$

где K – коэффициент, учитывающий износ оборудования, $K=1,2$;

I – коэффициент, зависящий от рабочего давления и степени негерметичности, $I=0,25$;

M – молекулярная масса газа.

Подставляя данные в формулу (4), находим количество газа, выделяющееся через не плотности оборудования и трубопроводов:

$$Z = 1,2 \cdot 0,25 \cdot 35 \cdot \sqrt{\frac{16}{283}} = 2,49 \text{ кг/час.}$$

Найдем требуемый воздухообмен по формуле(1):

$$L = \frac{1 \cdot 2,49 \cdot 10^6}{300 - 300 \cdot 0,002} = 8469,4 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Определяем кратность воздухообмена, то есть сменяемость воздуха (число полных смен) в объеме помещения за час:

$$K = \frac{L}{V}, \quad (5)$$

Найдем кратность воздухообмена по формуле(5):

$$K = \frac{8469,4}{4015} = 2,12.$$

Нормативная кратность воздухообмена определена для каждого типа помещений строительными нормами и правилами. Для вытяжной вентиляции подсчет воздухообмена будем рассчитывать с помощью кратности воздухообмена. При отсутствии данных о количестве вредных веществ допускается кратность воздухообмена в зданиях и помещениях складов нефти и нефтепродуктов принимать по ВНТП 5-95 [5]. Для нефти при отсутствии сернистых соединений кратность принимают равной 6,5. Найдем воздухообмен выразив из формулы (5):

$$L = 6,5 \cdot 4015 = 26097,5 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Требования, предъявляемые к подбору вентилятора:

– производственная вентиляция не должна быть источником дополнительной опасности и вредности;

- производственная вентиляция должна быть взрывопожаробезопасной;
- производственная вентиляция должна быть экономичной.

Для расчета размеров (площади сечения) воздуховодов потребуется объем воздуха, проходящий через воздуховод в единицу времени, а также максимально допустимую скорость воздуха в канале. При увеличении скорости воздуха размеры воздуховодов уменьшаются, но уровень шума и сопротивление сети возрастают.

Итак, расчетная площадь сечения воздуховода приточной вентиляции определяется по формуле:

$$S_c = L \cdot 2,778 / s, \quad (6)$$

где S_c – расчетная площадь сечения воздуховода, см^2 ;

L – расход воздуха через воздуховод, $\text{м}^3/\text{ч}$;

s – скорость воздуха в воздуховоде, $\text{м}/\text{с}$;

2,778 – коэффициент для согласования различных размерностей (часы и секунды, метры и сантиметры).

Рекомендуемая скорость движения воздуха в воздуховоде для промышленных зданий – от 6 до 12 $\text{м}/\text{с}$.

Подставим данные в формулу (6), получим:

$$S_c = 8469,4 \cdot 2,778 / 12 = 1966,9 \text{ см}^2.$$

Минимальное сечение воздуховода 0.1966 м^2 при 12 $\text{м}/\text{с}$, а сторона воздуховода (при $A=B$) 442.78 мм.

Расчетная площадь минимального сечения воздуховода вытяжной вентиляции определяется по формуле(6):

$$S_c = 26097,5 \cdot 2,778 / 12 = 6041,57 \text{ см}^2.$$

Минимальное сечение воздуховода 0.6041 м^2 , а сторона воздуховода (при $A=B$) $777,24 \text{ мм}$.

2.2 Выбор исполнительных механизмов

2.2.1 Выбор клапана воздушного утепленного

Клапаны воздушные утепленные – это клапан, который устанавливается на заборе воздуха перед вентилятором. Комплектуется с электрообогревателем для прогрева поворотных лопаток в холодное время года и с приводом для приведения в движение лопаток. От запуска электрического привода на направление «открыто» осуществляется синхронное движение лопаток до полного открытия, при команде на закрытие лопатки передвигаются до положения «закрыто». Клапаны могут использоваться для режимов «открыто - закрыто» или плавного регулирования количества воздуха. В системе используется первый вариант режима.

Клапаны предназначены для использования в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, с разностью давлений до 1500 Па . Могут применяться для регулирования количества воздуха и газовых смесей, агрессивность которых по отношению к углеродистым и оцинкованным сталям не превышает установленных производителями нормами, такие как температура, содержание пыли, липкой субстанции и т.п.

Клапан комплектуется электроприводом BelimoLF 230. Подходит для управления воздушными заслонками площадью до 2 м^2 . Крутящий момент 10 Нм . Номинальное напряжение 220 В . При перемещении привода в нормальное рабочее положение взводится возвратная пружина. При прекращении подачи питания энергия, запасенная в пружине, возвращает заслонку в охранное положение. Предназначен для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования технологическими процессами в соответствии с командными сигналами, поступающими от регулирующих и управляющих устройств [14].

Для вентиляции насосного отделения возьмем размеры клапана А=800 мм, В=600 мм.

Характеристики:

- Площадь живого сечения составляет $0,49\text{м}^2$.
- Число лопаток: 3.
- Количество ТЭНов 4.
- Мощность ТЭНа: 0,4 кВт.

Внешний вид клапана воздушного утепленного показан на рисунке 2. Внешний вид электропривода Velimo LF 230 к клапану КВУ показан на рисунке 3.



Рисунок 2 – Клапан воздушный утепленный



Рисунок 3 – Электропривод VelimoLF 230

2.2.2 Выбор вентиляторов

Обеспечение нормальной работы насосной нефтеперекачивающей станции не может осуществляться без хорошей вентиляции как приточной, так и вытяжной. Приточная вентиляция работает при функционирующей станции постоянно. Вытяжная вентиляция работает по предельным значениям, что дает возможности использовать ее экономично. В МНС могут образоваться достаточно опасные для оборудования и работников пары нефти. Чтобы отвести их от системы, необходимо организовать подходящую вентиляционную систему.

Для приточной вентиляции выбираем вентиляторы из углеродистой стали ВЦ4-70-6,3В. Вентилятор показан на рисунке 4. Технические характеристики приточного вентилятора перечислены в таблице 1.



Рисунок 4 – Вентиляторцентробежный

Таблица 1 – Технические характеристики ВЦ 4-70-6,3

Наименование	Значение
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Частота вращения, об/мин	1000
Производительность, м ³ /час	5600 – 11800
Полное давление, Па	720 – 340
Виброизоляторы, марка x кол-во	До 41x5
Масса, кг	163

Для вытяжной вентиляции выберем взрывозащищенные коррозионностойкие из нержавеющей стали вентиляторы радиальные ВЦ 4-70-8ВК1. Внешний вид однотипен с приточными вентиляторами и показан на рисунке 4. Одностороннего всасывания с корпусом спиральным поворотным. Технические характеристики вытяжного вентилятора перечислены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики ВЦ 4-70-8ВК1

Наименование	Значение
Мощность электродвигателя, кВт	18,5
Частота вращения, об/мин	1500
Производительность, м ³ /час	17100 – 23400
Полное давление, Па	1390 – 1780
Виброизоляторы, марка x кол-во	До 42x5
Масса, кг	312

2.2.3 Выбор электродвигателей для управления вентиляторами

Для приточного вентилятора выбираем асинхронный взрывозащищенный электродвигатель ВА100L6. Предназначен для функционирования в среде с газоздушными смесями, содержащими взрывоопасную пыль, то есть в химической промышленности, газовой и нефтеперерабатывающей отрасли. Технические характеристики в таблице 3.

Таблица 3 – Основные технические характеристики ВА100L6

Наименование	Значение
Мощность	2,2 кВт
Частота вращения	1000 об/мин (фактическая – 960 об/мин)
Напряжение	220/380В
Режим работы	S1 - продолжительный (без частых остановок).
Степень защиты	IP54
Корпус	из алюминиевого сплава
Категория взрывозащиты	1ExdПВТ4

Внешний вид электродвигателя ВА100L6 показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Электродвигатель ВА100L6

Для вытяжного вентилятора выбираем асинхронный взрывозащищенный электродвигатель ВА160М4. Также предназначен для функционирования в нефтеперерабатывающей отрасли. Технические характеристики представлены в таблице 4. Внешний вид электродвигателя ВА160М4 показан на рисунке 6.

Таблица 4 – Основные технические характеристики ВА160М4

Наименование	Значение
Мощность	18,5 кВт
Частота вращения	1500 об/мин (фактическая – 960 об/мин)
Напряжение	220/380В
Режим работы	S1 - продолжительный (без частых остановок)
Степень защиты	IP54, 55
Корпус	из алюминиевого сплава
Категория взрывозащиты	1ExdIIВТ4



Рисунок 6 – Электродвигатель ВА160М4

2.2.4 Выбор запорно-регулирующего клапана

Клапан запорный (КЗ) – это тип трубопроводной арматуры, позволяющий быстро и эффективно менять положение и поступление потока рабочей среды.

Применяется в линии подачи теплоносителя на МНС. При различных температурах воздуха в помещении управление клапаном на линии подачи теплоносителя происходит автоматическое открытие или закрытие клапана КЗ. При температуре меньше 5 °С необходимо открыть клапан, если температура поднялась до 10 °С подается команда на закрытие клапана. В случае замерзания калорифера, так как температура обратной воды будет ниже или равна 5 °С, необходимо открыть клапан, в случае если он был закрыт. Выбираем клапан 25с945п Ду15-50 Ру25 стальной с ЭИМ Velimo LV230А-TRC. Характеристики представлены в таблице 5. Внешний вид показан на рисунке 7.

Таблица 5 – Основные технические характеристики запорного клапана

Наименование	Значение
Рабочая среда	Вода, пар, жидкие и газообразные среды, нейтральные к материалам клапана, другие среды по спецзаказу
Рабочее давление	до 25 бар
Температура рабочей среды	от - 20 °С до + 150 °С
Температура окружающей среды	от - 5 °С до + 50 °С
Относительная влажность воздуха	30-80%
Класс герметичности	А ГОСТ Р 54808
Рабочий ход затвора, (max)	20 мм
Условная пропускная способность	Kv, куб.м/ч: 0,25; 0,4; 0,63; 1,0; 1,6; 2,5; 3,2; 4,0
Вес	6,0 кг



Рисунок 7 – Клапан запорный 25с945п

2.2.5 Выбор огнезадерживающего клапана

Клапаны огнезадерживающие противопожарные для вентиляционных систем взрывоопасных производств предназначены для автоматического и дистанционного блокирования распространения пожара по воздуховодам, шахтам и каналам систем вентиляции и кондиционирования.

Огнезадерживающие клапаны предназначены для установки в системах, в которых перемещаются невзрывоопасные среды и взрывоопасные смеси всех категорий и групп по классификации ГОСТ 12.1.011 и устанавливаются во взрывоопасной зоне В-1а.В случае пожара, превышения температуры, отключения электропитания, превышения уровня загазованности они перемещают заслонку в безопасное положение (закрытый) привода противопожарного клапана.

Клапаны могут применяться в вентиляционных системах с давлением 1500 Па и скорости перемещения воздушной среды 6–20 м/с.

Для проекта выбран клапан КЛОП-1 нормально открытый с приводом BelimoBF на 230В. Размеры клапана выбираются по размеру местному воздуховоду. Внешний вид клапана КЛОП-1 показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Клапан огнезадерживающий противопожарный с приводом

2.2.6 Выбор воздушного фильтра

Для притока чистого воздуха, защиты дорогостоящего оборудования и механических частей самой системы устанавливают в воздуховод воздушный фильтр. Защищает всю систему от попадания в неё различных частиц пыли, насекомых и других примесей.

Кассетные фильтры имеют большую фильтрующую поверхность. Материалами служат полипропилен, полиэстер и целлюлоза. Когда запыленный воздух попадает в очиститель, часть пыли оседает внутри блока фильтрации, а остальная пыль задерживается на картриджах; затем чистый воздух выводится наружу, а картриджи очищаются при помощи продувки.

Фильтр ФВКАС-3 – фильтр класса G4. Фильтровальный материал полиэстер представляет собой сформованную гофру, с вертикальным расположением направления. Крепление гофры к корпусу осуществляется при помощи 2-компонентного клея. Такой способ крепления надёжно фиксирует гофропакет и полностью исключает возможность подсоса воздуха. Фильтр ФВКАС-3 может использоваться в тяжёлых аэродинамических условиях и очень хорошо себя показал в условиях повышенной запылённости. Изготавливается под заказ по размерам воздуховода. Внешний вид фильтра показан на рисунке 9.



Рисунок 9 – Фильтр кассетный

2.2.7 Выбор калорифера

Калорифер – это специальное устройство, предназначенное для обеспечения теплообмена за счет нагревания воздушного потока с помощью соприкосновения его с нагревающими элементами, смонтированных в корпус.

В зависимости от того, какой источник тепла используется, калориферы подразделяются на водяные, электрические и паровые. Для больших помещений, свыше 150 м², используют водный калорифер (подключается к системе центрального или автономного водяного отопления). В проекте выбрана модель водного калорифера КСК 3-10.

В данной модели калорифера максимально допустимая температура воды, используемая в качестве теплоносителя, не должна превышать 190°С, а максимально допустимое давление 1,5 МПа. На станции максимальная температура воды может достигать 120 °С. Внешний вид показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – Калорифер КСК 3-10-02

Таблица 6 – Основные технические характеристики калорифера

Наименование	Значение
Площадь поверхности теплообмена, м ²	28,66
Площадь фронтального сечения для прохода воздуха, м ²	0,581
Расход воздуха, м ³ /час	6300
Теплопроизводительность, кВт	135,6
Масса, кг, не более	60
Температура воды на входе	+ 150°С
Температура воды на выходе	+ 70°С
Температура воздуха на входе	-20°С
Температура воздуха на выходе	+37°С
Массовая скорость воздуха в набегающем потоке	3,6 кг/м ² хс
скорость воды в трубах	0,7 ± 0,035 м/с

2.3 Выбор измерительных преобразователей и датчиков

2.3.1 Выбор защиты от замерзания

Термостат защиты от замораживания является основной защитой калорифера от заморозки. Контролирует температуру воздуха после калорифера и в случае понижения температуры ниже уставки (примерно 5 °С) выдает сигнал в щит управления вентиляционной установкой. Технические характеристики представлены в таблице 7.

Термостат защиты от замораживания модели QAF81.3 от производителя Siemens применяется для контроля температуры воздуха или воды в теплообменниках, системах горячего водоснабжения, водяных воздухонагревателях и других агрегатах систем отопления, вентиляции и

кондиционирования воздуха. В холодный период важно обеспечить защиту от замораживания вентиляционной системы и водяных калориферов и применение термостата позволяет избежать повреждения оборудования из-за замерзания жидкости, которая находится в калорифере. Модель QAF81.3 отличается высокой стабильностью в работе, специальные требования к ней не предъявляются. Капиллярный датчик должен быть смонтирован после калорифера и должен перекрывать все сечение воздуховода. Если датчик срабатывает должен быть открыт клапан на подачу теплоносителя до тех пор, пока трубки калорифера не прогреются, и температура не поднимется до нужной. Внешний вид модели термостата QAF81.3 показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Термостат защиты от замораживания

Таблица 7 – Основные технические характеристики термостата

Наименование	Значение
1	2
Возможный диапазон	-5 °С ...+ 15 °С , по умолчанию = 5 °С Дифференциал: 2К
Длина капиллярной трубки	3000 мм
Дискретный выход, напряжение переключения	АС 250 V
Дискретный выход, ток коммутируемой	10 (2) А

цепи	
------	--

1	2
Сброс	Автоматический
Дискретные выходы	1 группа контактов, Сухой контакт, Перекидной контакт
Рабочая среда	Воздух
Допустимая температура, работа	+ 70 °С до + 2 °С
Стандарт защиты	IP 65

Продолжение таблицы 7

2.3.2 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры наружного воздуха вне помещения используются уличные датчики. Датчик температуры QAC3171 производителя Siemens комнатного монтажа используется в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях в составе систем автоматизированного управления климатом. Внешний вид показан на рисунке 12. Технические характеристики в таблице 8.



Рисунок 12– Датчик температуры QAC3171

Таблица 8 – Основные технические характеристики QAC3171

Наименование	Значение
1	2
Аналоговый выход, сигнальный DC	4...20 мА

Класс защиты	IP65
--------------	------

1	2
Рабочее напряжение	DC 13.5...35 V
Чувствительный элемент, температура	Pt1000
Диапазон измерения температуры	-50...50 °C
Электрические подключения	Винтовые зажимы
Постоянная времени	20 мин
Точность измерений	At -50...50 °C: ±0.9 K

Для контроля температуры на выходе теплообменника применим датчик погружной QAE2174.010 от производителя Siemens. Он обеспечивает дополнительную защиту водяного калорифера от замерзания помимо термостата, который контролирует воздух на выходе калорифера. Монтируется чувствительным элементом в трубу и закрепляется. Внешний вид показан на рисунке 13. Технические характеристики в таблице 9.



Рисунок 13 – Датчик погружной QAE2174.010

Таблица 9 – Основные технические характеристики QAE2174.010

Наименование	Значение
1	2
Глубина погружения	100 мм

1	2
Аналоговый выход, сигнальный	DC 4...20 мА
Класс защиты	IP54
Рабочее напряжение	DC 13.5...35 V
Диапазон измерения температуры	-10...120 °С
Способ монтажа	Защитная гильза G $\frac{1}{2}$ "
Материал погружной гильзы	Нержавеющая сталь
Допустимая влажность окружающей среды	5...95 %

Для измерения температуры в насосном отделении с классом зоны В-1 выбран термопреобразователь сопротивления Метран-2000. Предназначен для измерения температуры различных сред во многих отраслях промышленности. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. Внешний вид показан на рисунке 14. Технические характеристики в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики ТСП Метран-2000

Наименование	Значение
1	2
Тип НСХ	Pt100
Диапазон измерений, °С	- 50 ... + 120
Класс допуска	В
Схема соединения	четырёхпроводное
Количество чувствительных элементов	1

1	2
Исполнение	подшипниковый ТС в гильзе d = 8 мм
Тип присоединения к процессу	резьба наружная М12х1,5
Маркировка взрывозащиты	1ExdIICT6 X
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 60
Степень пылевлагозащиты	IP65



Рисунок 14 – ТСП Метран-2000

2.3.3 Выбор датчика давления воздуха

Датчик-реле давления (сигнализатор, прессостат) – это устройство, предназначенное для контроля и регулирования избыточного давления или разряжения (путем переключения контактов электрической цепи) жидких или газообразных сред. Для проекта выбран мембранный датчик-сигнализатор реле давления РД-3W/P. Датчик-реле давления РД-3-W/P применяется как сигнализатор-регулятор для регулирования технологических процессов в различных отраслях промышленности: в системах отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), в нефтехимической промышленности, в химической и нефтехимической индустрии, на нефтеперерабатывающих заводах. В системе сигнализирует об разряжении, это означает что вентиляторы

по какой-то причине вышли из строя. Внешний вид модели РД-3 W/P показан на рисунке 15.



Рисунок 15– Датчик давления РД-3 W/P

Отличительные особенности и преимущества датчика-реле РД-3-W/P:

- степень пылеводозащиты IP66,
- высокая точность и надежность,
- стабильность (повторяемость);
- возможность установки точки срабатывания;
- части, контактирующие с рабочей средой, выполнены из нержавеющей стали;
- грозозащита;
- взрывозащищенное исполнение;
- исполнение для измерения давления кислорода O₂ (очистка под кислород).

Для контроля засорения приточного фильтра выберем реле перепада давления воздуха SPD 910-300Pa. Диапазон измерений от 20 до 300 Па. Уставка задается при помощи поворотной рукоятки, находящейся под крышкой. Переключатель имеет две отдельные камеры, каждая с отдельным подключением. Переключатель срабатывает в соответствии с заданной пользователем уставкой и требуемым типом контроля давления. Подключать

следует контакт P1 до фильтра, а P2 после него. Внешний вид реле перепада давления SPD910 показан на рисунке 16.



Рисунок 16 – Реле перепада давления SPD910

2.3.4 Выбор манометра

Манометр с трубкой Бурдона из нержавеющей стали WIKA 232.50 применим для агрессивных газообразных и жидких сред, не обладающих высокой вязкостью и не склонных к кристаллизации, а также в условиях агрессивной окружающей среды. Внешний вид на рисунке 17. Технические характеристики представлены в таблице 11.



Рисунок 17 – Манометр WIKA 232.50

Таблица 11 – Технические характеристики манометров WIKA 232.50

Наименование	Значение
1	2
Измерительная система	трубка Бурдона

1	2
Номинальный размер	160 мм
Диапазон измерений	от 0 ... 26 бар
Предельное давление – постоянное – переменное – кратковременное	диапазон измерений 0,9 - диапазона измерений 1,3 - диапазона измерений
Допустимая температура – окружающая – измеряемой среды	– 20 ... + 60 °С не более + 100 °С
Класс точности	1,0
Степень пылевлагозащиты	IP65

2.3.1 Выбор датчика загазованности

Во всех помещениях класса В-Ia (горючие газы или пары ЛВЖ могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при аварии) в соответствии с требованиями к установке стационарных газоанализаторов и сигнализаторов в производственных помещениях предприятий нефтяной промышленности предусмотрена установка сигнализаторов до взрывоопасных концентраций, контролирующих наличие в этих помещениях взрывоопасных газов, сблокированных с аварийной вентиляцией, дающих звуковой и световой сигнал по месту и в операторной при достижении 20% от НКПР. Предусмотрена аварийная сигнализация и автоматическое отключение компрессоров при достижении концентрации углеводородов в контролируемом помещении 50% от НКПР. Для контроля воздушной среды в производственных помещениях и на наружной площадке станции проводятся анализы на содержание углеводородов в воздухе рабочей зоны переносными газоанализаторами

согласно графику аналитического контроля. Внешний вид показан на рисунке 18.

Включение систем аварийной вентиляции следует предусматривать от газоанализаторов, срабатывающих при содержании взрывоопасных паров в воздухе помещений, достигающем 20 % нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ). Сигнализаторы должны быть снабжены световой и звуковой сигнализацией.

В проекте предусмотрено 4 датчика загазованности в насосном отделении. Был выбран универсальный датчик ДЗУ-ГЕРДА. Он предназначен для измерения уровня загазованности парами углеводородов или углекислым газом. Принцип действия датчика опто-абсорбционный, по схеме двухканального инфракрасного фотометра. Корпус датчика во взрывозащищённом исполнении изготавливается из коррозионностойкого алюминиевого сплава. Откалиброван по пропану (нефтяной газ), НКПР пропана равняется 1,7. Диапазон измерения концентрации от 0 до 50 % НКПР, выходной сигнал 4-20 мА, напряжение питания 24 В постоянного тока.

Датчик используется в местах возможных появлений углеводородных газов или углекислого газа вблизи технологического оборудования, резервуаров, наливных эстакад, насосных станций магистральных нефтепроводов и на других объектах нефтегазового хозяйства [15].



Рисунок 18 – Датчик загазованности ДЗУ-Герда

Характеристика датчика:

- инфракрасный датчик загазованности легко интегрируется в систему за счет унифицированного выходного сигнала;
- различные типы выходных сигналов (аналоговый 4-20мА, интерфейсный RS-485, релейные выходы);
- автоматический режим самодиагностики;
- надежная защита от ложных срабатываний;
- датчик может быть откалиброван по метану, пропану, гексану, по другим углеводородным газам при наличии ПГС, а также по углекислому газу;
- индикаторы уровня загазованности и порогов сигнализации на корпусе датчика;
- широкий температурный диапазон применения от -55° до $+75^{\circ}\text{C}$.

Включение периодической вентиляции в зданиях, должно производиться автоматически от газоанализаторов при достижении 20 % от нижнего предела взрывоопасности, во всех других случаях включение периодической вентиляции должно производиться нажатием кнопки, расположенной у входной двери снаружи, за 10 мин до входа персонала в помещение.

2.3.2 Выбор сигнализации загазованности насосного отделения

Во взрывоопасных помещениях обязательно предусматривается устройство световой и звуковой сигнализации о загазованности воздушной среды. По уровню загазованности насосного зала включается табло с надписью «ГАЗ». ВЭЛ-Т – взрывозащищённое светодиодное табло, предназначено для использования в взрывоопасных зонах в качестве информационного указателя, а также средства визуального и звукового оповещения. Состоит из алюминиевого корпуса с порошковым покрытием. Внешний вид показан на рисунке 19. Технические характеристики перечислены в таблице 12.



Рисунок 19 – Светодиодное табло ВЭЛ-Т

Таблица 12 – Технические характеристики табло

Наименование	Значение
Маркировка взрывозащиты	1ExdIICT6 или РВ ExdI
Уровень пыле- влагозащиты	IP65
Напряжение питания, В	24 DC
Потребляемая мощность, Вт: – со статической надписью – с бегущей строкой	<10 <7
Время работ от аккумулятора	до 90 мин
Класс защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0	I
Температура эксплуатации табло: – со статичной надписью – с бегущей строкой (в зависимости от климатического исполнения)	от -60°C до +55°C от -40°C до +55°C или от -60°C до +55°C

Для звукового оповещения выбран ВС-07е-Ех-3. Оповещатель взрывозащищенный пожарный звуковой предназначен для подачи звукового сигнала в системах пожарной и охранной сигнализации, при совместной работе с любыми приемно-контрольными устройствами. Применяется на предприятиях нефтегазодобывающих и перерабатывающих отраслях. Внешний вид показан на рисунке 20. Технические характеристики представлены в таблице 13.

Особенности:

- возможно изменение характера звучания – 2 режима;
- предусмотрена возможность контроля цепи питания напряжением обратным питающему;

- подключение в адресные системы пожарной сигнализации при помощи адресных меток или расширителей;
- высокая коррозионная стойкость и пылевлагонепроницаемость;
- виброустойчивость (заливка компаундом).



Рисунок 20 – Оповещатель звуковой BC-07e-Ex-3

Таблица 13 – Характеристика оповещателя звукового BC-07e-Ex-3

Наименование	Защита
Маркировка взрывозащиты	1Ex d IIC T6 Gb X / Extb IIC T80°C Db
Напряжение питания, В	24 (12-28) VDC
Потребляемый ток при напряжении 24 VDC не более, мА	70
Звуковое давление на расстоянии (1,00±0,05) м, не менее, дБ	100
Тип звукового сигнала	сирена
Диапазон частот генерируемого звукового сигнала, кГц	1,0 – 4,5
Степень защиты оболочки, IP	66
Температура эксплуатации, °С	- 60... +70
Допускаемая продолжительность непрерывной работы, час	3

2.4 Выбор контроллерного оборудования

SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Имеет широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Контроллер имеет модульную конструкцию с естественным охлаждением. Эффективен тем, что имеет возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, множества различных модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров [23]. Внешний вид контроллера показан на рисунке 21. Технические характеристики SIMATIC S7-300 показаны в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики контроллера SIMATIC S7-300

Наименование	Описание
1	2
Архитектура	Модульная
Языки программирования	– LAD; – FBD; – STL; – SCL; – CFC; – GRAPH;
Резервирование	возможность горячего резервирования
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до плюс 60
Количество входных/выходных каналов	не более 65 536 дискретных и не более 4 096 аналоговых

1	2
Опции связи	<ul style="list-style-type: none"> – MPI; – PROFIBUS; – Industrial Ethernet; – PROFINet; – AS-I; – BAC-net; – Modbus TCP; – Modbus RTU.
Память данных и логики	8 Мб
Память ввода вывода	384 Кб (+ 128 Кб flash)
Степень защиты	IP 20 в соответствии с IEC 529
Диапазон рабочих температур: при горизонтальной установке при вертикальной установке	0...60°C 0...40°C

Контроллеры SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав центральный процессор, модуль блока питания, сигнальные модели, функциональные и т.п.

Модуль центрального процессора (CPU) в зависимости от степени сложности решаемой задачи может отличаться производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д. Выберем компактное ЦПУ CPU 313C с интерфейсом MPI, 24 дискретных входа по 24В, 16 дискретных выходов по 24В/0,5А, 4 аналоговых входа для измерения сигналов силы тока или напряжения, 1 аналоговый вход для измерения температуры, 2 аналоговых выхода.

Центральный процессор CPU 313C предназначен для построения относительно простых систем управления с высокими требованиями к скорости

обработки информации и малым временам реакции. Наличие встроенных входов и выходов для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов позволяет использовать CPU 313C в качестве автономного блока управления, но есть возможность добавить блоки по мере необходимости.

В операционную систему CPU 313C интегрированы технологические функции:

- скоростного счета;
- измерения частоты;
- измерения периода следования сигналов;
- ПИД-регулирования.



Рисунок 21 – Компактное ЦПУ CPU 313C

Принципиальная схема встроенных дискретных входов и выходов ЦПУ CPU 313C представлена на рисунке 22. Принципиальная схема встроенных аналоговых входов и выходов ЦПУ CPU 313C показана на рисунке 23.

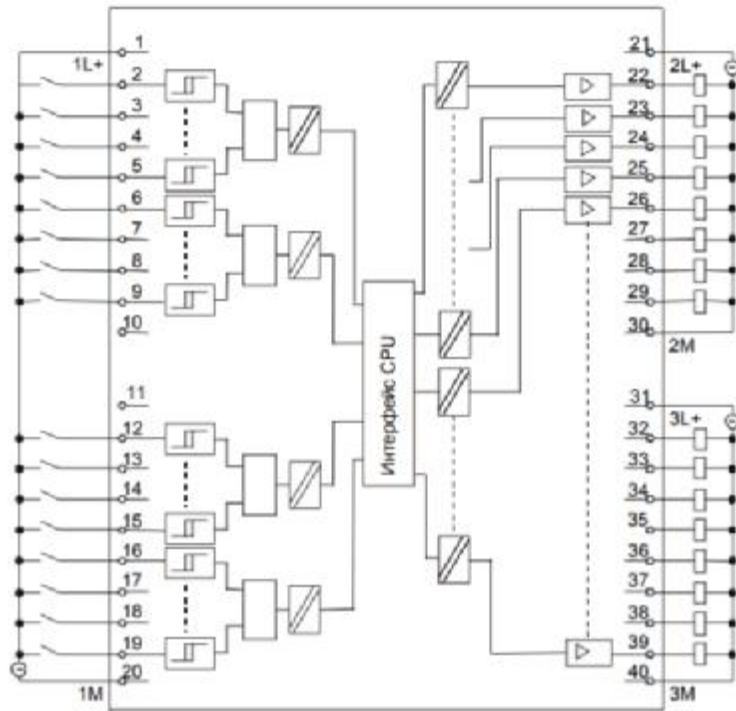


Рисунок 22 – Принципиальная схема встроенных дискретных входов и выходов ЦПУ CPU 313С

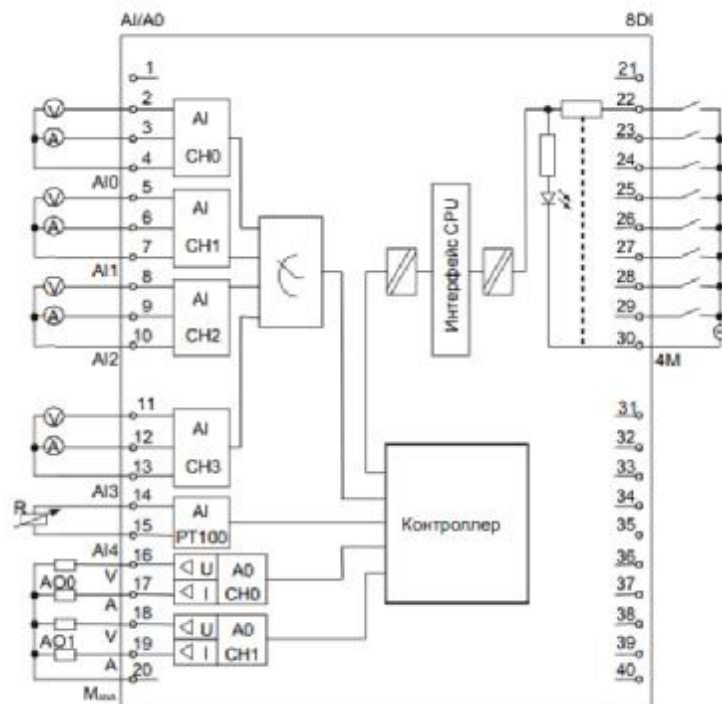


Рисунок 23 – Принципиальная схема встроенных аналоговых входов и выходов ЦПУ CPU 313С

Модули блоков питания (PS), обеспечивающие возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110В. Технические характеристики представлены в таблице 15.

Блок питания служит для питания входных цепей контроллера и для питания электро-устройств 24 В:

- Ток потребляемый на 6L+ (не более 100мА);
- 13 дискретных входов (не более 9 мА в активном состоянии каждый);
- 7 аналоговых входа (не более 20 мА каждый);
- 7 твердотельных реле (пределы входного тока не более 11 мА).

Номинальный ток сети 24 В при максимальной нагрузке:

$$I = 0,6 + 0,117 + 0,14 + 0,77 = 1,62 \text{ А.}$$

Исходя из расчетов, был выбран блок питания PS 307/2А показанный на рисунке 24.



Рисунок 24 – Блок питания PS 307/2А

Таблица 15 – Технические характеристики PS 307/2А

Наименование	Значение
--------------	----------

1	2
---	---

Продолжение таблицы 15

1	2
Входное напряжение	120/230 В
Выходное напряжение	24 В
Пусковой ток, А	20 до 3мс
Значения тока, А	0,9А при 120 В 0,6 Апри 230 В
Номинальный выходной ток, А	2 А
Встроенный предохранитель (не съёмный)	Т 1.6А/ 250В
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

Сигнальные модули (SM) предназначены для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Так как в проекте используется 7 аналоговых входа, это больше чем в компактном центральном процессоре - 5 входов, поэтому нужно подобрать сигнальный модуль ввода аналоговых сигналов. Выберем модуль 6ES7331-7NF01-0AB0. Количество входов 8. Сигнальный модуль аналоговых сигналов предназначен для аналого-цифрового преобразования. Входной аналоговый сигнал преобразуется через цепь соединений в цифровую величину, тем самым ее может использовать центральный процессор в процессе выполнения программы. К входам модулей могут подключаться датчики с унифицированными выходными электрическими сигналами напряжения или силы тока, термопары, термометры сопротивления. К модулю подключаются датчики загазованности ДЗУ-ГЕРДА. Схема соединений аналоговых входов модуля показана на рисунке 25. Модуль аналоговых входов 7NF01 показан на рисунке 26.

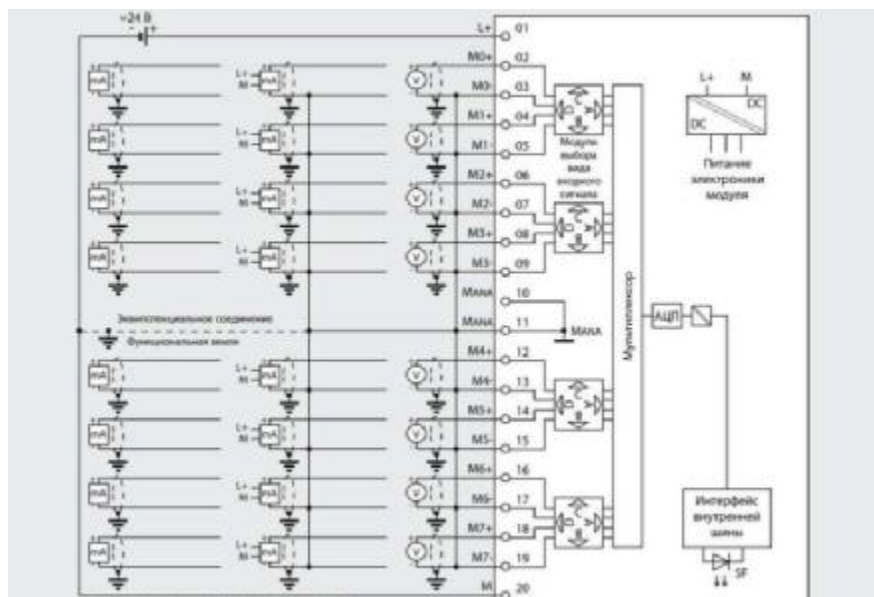


Рисунок 25 –Схема соединений аналоговых входов модуля



Рисунок 26 –Модуль аналоговых входов 7HF01

Модули ввода дискретных сигналов предназначены для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы. Входы модуля 6ES7 321-1FF01-0AA0 рассчитаны на переменное входное напряжение 230 В. К ним подключаются реле напряжения для контроля нормальной работы вентиляторов и термостат защиты от замораживания. Модуль дискретных входов 1FF01 показан на рисунке 27. Схема соединений дискретных входов модуля показана на рисунке 28.



Рисунок 27 – Модуль дискретных входов 1FF01

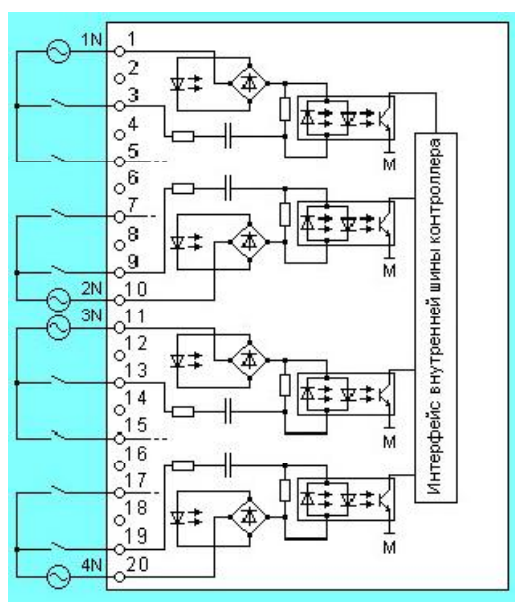


Рисунок 28 – Схема соединений дискретных входов модуля

Также могут быть использованы в комплекте к контроллеру коммуникационные процессоры (CP) для подключения к сетям PROFIBUS, IndustrialEthernet, AS-Interface или организации связи через PtP (pointtopoint) интерфейс, функциональные модули (FM), которые снабжены встроенным микропроцессором и способны выполнять функции процессора, интерфейсные модули (IM), обеспечивающие возможность подключения к базовому блоку (стойка с CPU) стоек расширения ввода-вывода [23].

Контроллеры SIMATIC S7-300 позволяют использовать в своем составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределенных по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением.

Конструкция контроллера отличается высокой гибкостью и удобством обслуживания:

- модули устанавливаются на профильную рейку и фиксируются винтом.
- Во все модули (кроме модулей блоков питания) встроены участки внутренней шины контроллера.
- Произвольный порядок размещения модулей. Фиксированные места должны занимать только блоки питания, центральные процессоры и интерфейсные модули.

2.5 Выбор коммутационной аппаратуры и устройств защиты

2.5.1 Выбор выключателя автоматического

Автоматический выключатель (АВ) – это электромеханический коммутационный аппарат, который позволяет включать и отключать питание потребителя при нормальном режиме работы, а также обеспечивает защиту электрооборудования от токов короткого замыкания и перегрузки (перегревания). Является аппаратом многократного действия, но частое отключения в ручном режиме нежелательно, так как АВ имеют заявленное число коммутаций.

Для трехфазной сети, выбор автоматического выключателя по мощности осуществляется по формуле:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} , \quad (7)$$

где P_H – общая потребляемая мощность, Вт;

U_n – напряжение сети, В;

η – КПД двигателя (без процентов);

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности двигателя, указывается на табличке двигателя.

Для электродвигателей приточных вентиляторов подставив значения в формулу 7, получим:

$$I_H = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,79 \cdot 0,6} = 7 \text{ А.}$$

Автоматический выключатель выбирают по номинальному току выключателя и номинальному току расцепителя.

$$I_{расц} = \frac{I_{дл}}{K_m}, \quad (8)$$

где $I_{дл}$ – длительный ток в линии;

K_t – тепловой коэффициент, учитывающий условия установки АВ, $K_t = 1$ – для установки в открытом исполнении, $K_t = 0,85$ – для установки в закрытых шкафах;

Так как автомат устанавливается в шкаф, то $K_t = 0,85$, значит:

$$I_{расц} = \frac{7}{0,85} = 8,2 \text{ А.}$$

Наиболее близким является автоматический выключатель на 10 А, категории С (ток мгновенного срабатывания в десять раз превышает номинальное значение).

Для проверки правильности выбранного автоматического выключателя проверяем условие:

$$I_{\text{мгн.ср}} \geq K_n \cdot I_n, \quad (9)$$

где $I_{\text{мгн.ср}}$ – ток мгновенного срабатывания;

I_n – пусковой ток;

K_n – поправочный коэффициент надежности, $K_n = 1,25$ – для АВ с $I_n > 100\text{А}$, $K_n = 1,4$ – для АВ с $I_n \leq 100\text{А}$.

Пусковой ток найдем по формуле:

$$I_n = K \cdot I_n, \quad (10)$$

где K – коэффициент отношения пускового тока к номинальному.

$$I_n = 6,5 \cdot 7 = 45,5 \text{ А.}$$

Для проверки неравенства умножаем I_n на K_n :

$$I_{\text{мгн.ср}} \geq 1,4 \cdot 45,5.$$

Мгновенное срабатывание защитного автомата наступает при:

$$I_{\text{мгн.ср}} = 10 \cdot 10 = 100 \text{ А.}$$

Проверяем условие $100 \geq 63,7$, это значит, что автомат выбран верно.

Выбираем трехполюсный автоматический выключатель для защиты электродвигателей Schneider Electrici C60N Acti9 A9F79310. Внешний вид

показан на рисунке 29. Технические характеристики представлены в таблице 16.



Рисунок 29 – Выключатель автоматический трехполюсный А9F79310

Таблица 16–Технические характеристики автоматического выключателя SchE А9F79310

Наименование	Значение
Номинальное напряжение, В	400
Номинальный ток, А	10
Количество полюсов	3
Номинальная частота, Гц	50/60
Чувствительность к обрыву фазы	Да
Кривая отключения	C
Отключающая способность, кА	6
Степень защиты	IP20
Диапазон рабочей температуры, °С	от –25 до +55

Для электродвигателей вытяжных вентиляторов подставив значения в формулу 7, получим:

$$I_n = \frac{18500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,86} = 36,3 \text{ А.}$$

По формуле 8 найдем ток расцепителя:

$$I_{расц} = \frac{36,3}{0,85} = 42,7 \text{ А.}$$

Наиболее близким является автоматический выключатель на 50 А, категории С (ток мгновенного срабатывания в десять раз превышает номинальное значение).

Для проверки правильности выбранного автоматического выключателя воспользуемся формулой 9. Пусковой ток найдем по формуле 10.

$$I_n = 7,5 \cdot 36,3 = 272,25 \text{ А.}$$

Для проверки неравенства умножаем I_n на K_n :

$$I_{мгн.ср} \geq 1,4 \cdot 272,25.$$

Мгновенное срабатывание защитного автомата наступает при:

$$I_{мгн.ср} = 50 \cdot 10 = 500 \text{ А.}$$

Проверяем условие $500 \geq 381$, это значит, что автомат выбран верно.

Выбираем трехполюсный автоматический выключатель для защиты электродвигателей $iC60N Acti9 SchE A9F79350$ на 50 А.

Для защиты блока питания, а также для защиты датчиков, системы управления будут использоваться автоматические выключатели S201 на 6 А. Характеристика электромагнитного расцепления – С. Внешний вид автоматического выключателя показан на рисунке 30.



Рисунок 30– Выключатель автоматический однополюсный

Для защиты от короткого замыкания, превышения допустимого значения потребления и от токов утечки применим дифференциальный автомат A9D63616. Номинальный ток 16 А. Чувствительность по току утечки 30 мА. Подключается к одной фазе и нулю. Дифференциальный автоматический выключатель показан на рисунке 31.



Рисунок 31 – Дифференциальный автоматический выключатель

2.5.2 Выбор реле

Твердотельное реле (ТТР) – это электронное устройство, являющееся типом реле без механических движущихся частей, служащее для включения и выключения высокоомощностной цепи с помощью низких напряжений, подаваемых на клеммы управления. ТТР содержит датчик, который реагирует на управляющий сигнал и твердотельную электронику, включающую высокоомощностную цепь. Этот тип реле может использоваться в сетях постоянного и переменного тока. От обычного реле отличается тем, что оно не содержит движущихся частей [19]. Для проекта была выбрана модель ТТР

SSM1A16BDR производителя SchneiderElectric. Для высокоиндуктивной нагрузки, которой является электродвигатель привода, твердотельное реле (ТТР) необходимо выбирать исходя из 5–10-ти кратного запаса по току, с целью обеспечить запас при пусковых токах электродвигателя и защититься от коммутационных скачков напряжения и тока. Внешний вид показан на рисунке 32. Технические характеристики представлены в таблице 17.



Рисунок 32 – Твердотельное реле SSM1A16BDR

Таблица 17–Технические характеристики твердотельного реле SSP1A125BDT

Наименование	Значение
Число фаз сети	1 фаза
Номинальный ток	6 А
Выходное напряжение	24...280 В AC
Напряжение цепи управления	3...32 В DC
Ток нагрузки	0,00015...6 А
Тип контактов	1 Н.О.
Индикация	Светодиод зеленый для состояния входа
Пределы входного тока	8...11 мА

Реле напряжения – это устройство осуществляющее непрерывный контроль величины напряжения электросети с целью обеспечения отключения нагрузки либо включения сигнализации в случае выхода значения напряжения

за установленные пределы. При обнаружении скачка или падения напряжения устройство размыкает цепь и автоматически ее замыкает после стабилизации параметров сети. Для контроля напряжения на электродвигателях вентилятора применим реле напряжения RM17UBE15. Внешний вид реле показан на рисунке 33. Технические характеристики представлены в таблице 18.



Рисунок 33 – Реле напряжения

Таблица 18–Технические характеристики реле напряжения

Наименование	Значение
Число фаз сети	1 фаза
Коммутационная способность	1250 ВА
Выходное напряжение	24...280 В АС
Максимальный коммутируемый ток	5А DC/АС
Потребляемая мощность	0...3 ВА АС
Диапазон измерения	65...260 V DC/АС

2.5.3 Выбор магнитного пускателя

Магнитный пускатель выполняет функции дистанционного или автоматического включения и отключения электроприемников различного типа, а также выполняет функции защиты от перегрузки и понижения напряжения, от самопуска, обеспечивает различного вида блокировки, в том числе при реверсировании.

Для запуска электродвигателя ВА100Л6 мощность которого составляет 2,2 кВт будет использоваться 3-полюсный контактор SchneiderElectricLC1E0910Q5 производителя SchneiderElectric. Контактор LC1E0910Q5 предназначен для коммутации 3-фазных электродвигателей мощностью до 4 кВт(при 380 В) по категории АС-3. Внешний вид показан на рисунке 34. Технические характеристики представлены в таблице 19.



Рисунок 34 – Магнитный пускатель LC1E0910Q5

Таблица 19 – Технические характеристики магнитного пускателя LC1E0910Q5

Наименование	Значение
Применение контактора	Управление электродвигателем Активная нагрузка
Категория применения	АС-1 АС-3
Описание полюсов	ЗРН.О.
Номинальное рабочее напряжение	Силовая цепь: не более 690 V Переменный ток 50/60 Гц
Тип цепи управления	Переменный ток в 50 Гц
Номинальный рабочий ток	9А
Напряжение цепи управления	380 V
Мощность двигателя, кВт	4 кВт в 380...400 V Переменный ток 50/60 Гц (АС-3)

Для запуска электродвигателя ВА160М4 мощность которого составляет 18,5 кВт будет использоваться 3-полюсный контактор LC1E40U5 производителя SchneiderElectric. Внешний вид пускателя показан на рисунке 35. Технические характеристики представлены в таблице 20.



Рисунок 35 – Магнитный пускатель LC1E40U5

Таблица 20 – Технические характеристики магнитного пускателя LC1E40U5

Наименование	Значение
Применение контактора	Управление электродвигателем Активная нагрузка
Категория применения	АС-1 АС-3
Описание полюсов	ЗРН.О.
Номинальное рабочее напряжение	Силовая цепь: не более 690 V Переменный ток 50/60 Гц
Тип цепи управления	Переменный ток в 50 Гц
Номинальный рабочий ток	40 А
Напряжение цепи управления	380 V
Мощность двигателя, кВт	18 кВт в 380...400 V Переменный ток 50/60 Гц (АС-3)

2.5.4 Выбор теплового реле

Для дополнительной защиты от перегрузки выполнен подбор тепловых реле. Для электродвигателей типа ВА100Л6 выберем тепловое реле LR3D313 производителя SchneiderElectric. Внешний вид теплового реле показан на рисунке 36. Технические характеристики представлены в таблице 21.



Рисунок 36– Тепловое реле LR3D313

Таблица 21 – Технические характеристики теплового реле LR3D313

Наименование	Значение
Тип продукта	Недифференциальное реле тепловой защиты
Применение	Защита двигателя
Тип сети	Постоянный ток Переменный ток
Класс тепловой перегрузки	10 А
Диапазон уставок тепловой защиты	От 9 до 13 А
Вспомогательный контакты	1 Н.О.+1 Н.З.

Для электродвигателей типа ВА160М4 выберем тепловое реле LRD350L производителя SchneiderElectric. Внешний вид теплового реле показан на рисунке 37. Технические характеристики представлены в таблице 22.



Рисунок 37 – Тепловое реле LRD350L

Таблица 22 – Технические характеристики теплового реле LRD350L

Наименование	Значение
Тип продукта	Дифференциальное реле тепловой защиты
Применение	Защита двигателя
Тип сети	Постоянный ток Переменный ток
Класс тепловой перегрузки	20
Вспомогательный контакты	1 Н.О.+1 Н.З.

2.6 Выбор органов управления и сигнализации

Для запуска и остановки вентиляторов выбраны кнопка возвратная с подсветкой зеленая для пуска вентилятора XB4BW33M5SchneiderElectric и кнопка нажимная красная без фиксации для остановки вентилятора XB5AA42SchneiderElectric. Эти кнопки обеспечивают простое и надежное управление оборудованием и процессами. Они легко устанавливаются в стандартные отверстия диаметром 22 мм и подключается к цепям управления через винтовые зажимы. Визуально заметны благодаря яркому цвету и маркировке, тем самым минимизируя ошибки при монтаже и последующем техническом обслуживании. Кнопки механически устойчивы к

ударам, пыленепроницаемы, водонепроницаемы, устойчивы к вибрациям. Кнопка с подсветкой зеленая ХВ4ВW33М5 показана на рисунке 38. Кнопка красная ХВ5АА42 на рисунке 39.



Рисунок 38 – Кнопка с подсветкой зеленая ХВ4ВW33М5



Рисунок 39 – Кнопка красная ХВ5АА42

Для включения приводов выбрана кнопка с фиксацией зеленая ХВ7NH31. Внешний вид показан на рисунке 40.



Рисунок 40 – Кнопка с фиксацией зеленая

Для переключения режима работы «Ручной» и «Автоматический» используется двухпозиционный переключатель ХВ4ВJ21, 1НО, АС110В-230В

положения с фиксацией, степень защиты IP69. Для подачи сигнала в ПЛК используется один из двух дополнительных блоков контактов 1НО для переключателя.

В крайнем правом положении активен режим «Ручной», в крайнем левом активен режим «Автоматический».

В «Ручном» режиме управление производством производится оператором посредством включения в определённом порядке агрегатов. Безопасность работы обеспечивается блокировками и устройствами защиты. Двухпозиционный переключатель показан на рисунке 41.



Рисунок 41 – Двухпозиционный переключатель

Для индикации работы вентиляции выберем лампу сигнальную на 24 В постоянного тока XB7EV03BP производителя SchneiderElectric. Степень защиты IP65. Внешний вид показан на рисунке 42.



Рисунок 42 – Лампа сигнальная XB7EV03BP

Для индикации на щите показателей загазованности и температуры применим цифровой измеритель токовой петли XBN1AA0G4. Внешний вид показан на рисунке 43. Измерители технологических параметров

предназначены для контроля и отображения на цифровом и диаграммном индикаторах унифицированных сигналов тока и напряжения, поддерживают работу со стандартными датчиками температуры без применения нормирующих преобразователей.



Рисунок 43 – Цифровой измеритель ХВН1АА0G4

Для индикации загазованности на предельном уровне 20% НКПР выберем желтую лампу сигнальную на 24 В постоянного тока ХВ7ЕV05ВР производителя Schneider Electric. Степень защиты IP65. Внешний вид показан на рисунке 44.



Рисунок 44 – Лампа сигнальная ХВ7ЕV05ВР

Для индикации загазованности на аварийном уровне 30% НКПР выберем красную лампу сигнальную на 24 В постоянного тока ХВ7ЕV04МР производителя Schneider Electric. Степень защиты IP65. Внешний вид показан на рисунке 45.



Рисунок 45 – Лампа сигнальная ХВ7ЕV04МР

3 ЭСКИЗ ЛИЦЕВОЙ ПАНЕЛИ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ

Щит управления требуется для автоматизации контроля технологических процессов. В назначение щита управления входят контроль работы механизмов, которые входят в состав инженерных систем, предохранение устройств от короткого замыкания, перегрева и других технических отказов в процессе эксплуатации, дистанционная настройка мощности и производительности оборудования, программирование логики работы отдельных подсистем и всей системы, осуществление диагностики состояния оборудования. Для управления и контроля системы проектируется лицевая панель щита управления. Внешний вид показан на рисунке 45.

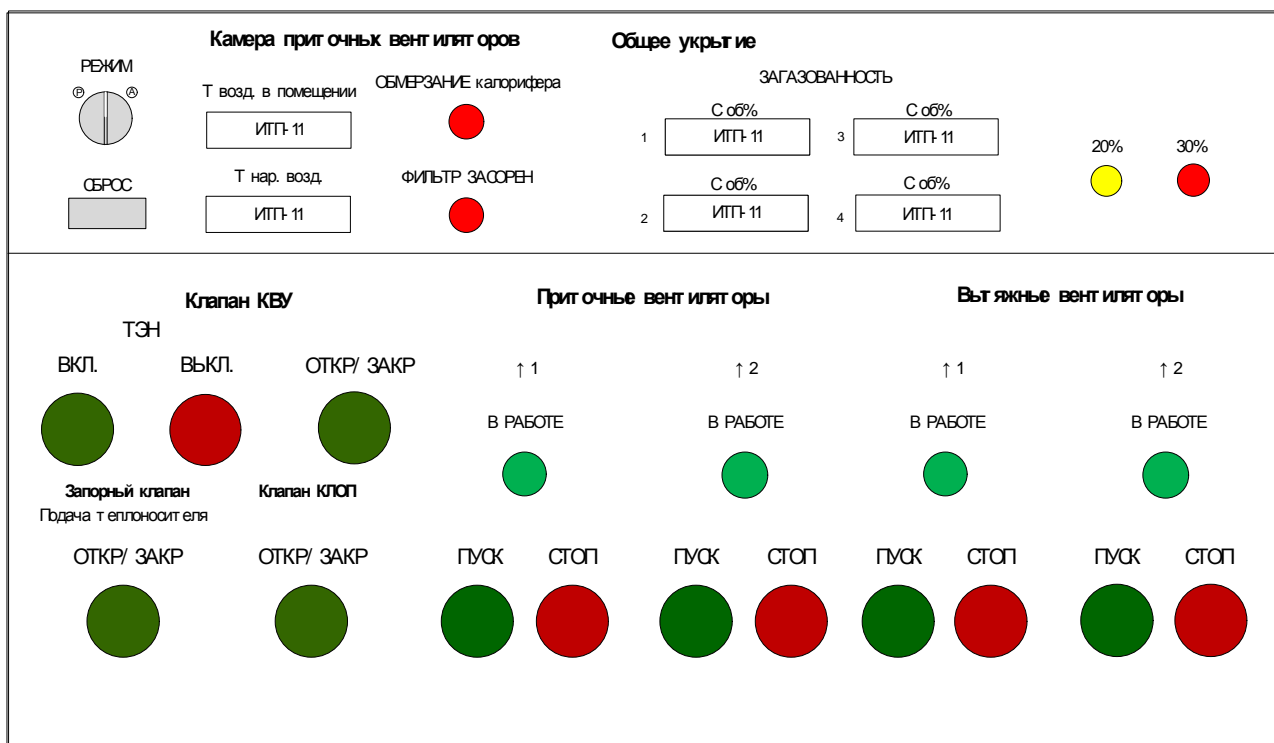


Рисунок 45 – Эскиз лицевой панели щита управления

4 ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

Принципиальная схема приведена на листе 3. Принципиальные электрические схемы (ПЭС) определяют действия аппаратов, устройств и приборов по обеспечению решения задач контроля, измерения, защиты, блокировок, сигнализации, управления и регулирования автоматизированной системы управления и регулирования автоматизированной системы управления технологическим процессом [10]. Применение ПЭС позволяет показать связи и действия всей системы и отдельных приборов, средств автоматизации и вспомогательной аппаратуры, а также последовательности их работы. Спецификация представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Спецификация

Позиция	Наименование	Кол.	Прим.
1	2	3	4
QF1 – QF2	Выключатель автоматический А9F79310	2	
QF3 – QF4	Выключатель автоматический А9F79350	2	
QF5	Дифференциальный автомат А9D63616	1	
QF6	Выключатель автоматический S201	1	
SSR1-SSR8	Твердотельное реле SSM1A16BDR	8	
KV1 – KV5	Реле контроля напряжения RM17UBE15	5	
SA1	Двухпозиционный переключатель XB4BJ21	1	
KM1, KM2, KM5	Магнитный пускатель LC1E0910Q5	3	
KM3, KM4	Магнитный пускатель LC1E40U5	2	
KK1, KK2	Реле тепловое LR3D313	2	
KK3, KK4	Реле тепловое LRD350L	2	
SB5, SB6, SB7, SB8, SB12	Кнопка с подсветкой зеленая XB4BW33M5	5	

Позиция	Наименование	Кол.	Прим.
1	2	3	4
SB1, SB2, SB3, SB4, SB11	Кнопка с подсветкой красная XB5AA42	5	
SB9 – SB11	Кнопка зеленая с фиксацией XB7NH31	3	
BT1	Датчик температуры QAC3171	1	
BT2	Датчик температуры погружной QAE2174.010	1	
BT3	Датчик температурный ТСП Метран-2000	1	
BP1-BP4	Прессостат PD3 W/P	4	
BP5	Реле давления SPD910-300Pa	1	
BQ1-BQ4	Датчик загазованности ДЗУ-Герда	4	
HG1-HG6	Цифровой измеритель XBH1AA0G4	6	
A1	ПЛК Siemens Simatic S7-300 с ЦПУ 313C	1	
A2	Привод VelimoLV230A-TPC для КЗР	1	
A3	Привод VelimoLF 230 для КВУ	1	
A4	Привод VelimoBF 230 для КЛОП	1	
A5	Термостат защиты от замораживания QAF81.3	1	
HL5-HL8	Лампа сигнальная зеленая XB7EV03BP	4	
HL9, HL10	Табло ВЭЛ-Т	4	
HL17	Лампа сигнальная желтая XB7EV05BP	1	
HL18	Лампа сигнальная красная XB7EV04MP	1	
HA1, HA2	Оповещатель звуковой BC-07e-Eh-3	2	
EK	Нагревательный элемент КВУ	1	
M1, M2	Электродвигатель BA100L6	2	
M3, M4	Электродвигатель BA160M4	2	

5 СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ МНС

5.1 Общая структура модели и описание блоков

Модель построена в системе SimulinkMatlab (рисунок 46). В системе имитационного моделирования SimulinkMatlab можно моделировать любые динамические процессы: как непрерывные, так и дискретные. Если какой-либо алгоритм преобразования входов в выходы трудно составить на графическом языке (в виде соединения библиотечных блоков), всегда можно воспользоваться инструментами из раздела User-DefinedFunction, например, InterpretedMATLABFunction, и написать программу на «нормальном» процедурном языке [11]. Анализ физической модели показывает, что имитационная модель системы приточно-вытяжной вентиляции достаточно сложна, ее составление подразумевает изучение тепловых и газовых процессов в контурах вентиляции.

Общая структура представляет собой блок, включающий совокупность подсистем внутри которых раскрывается задача модели. Она состоит в выдаче сигналов таких как: состояние приточных и вытяжных вентиляторов по датчикам давления в воздуховодах, температура внешняя, температура насосного зала МНС, температура воды на выходе калорифера, определение предельных уровней НКПР, показания самих датчиков, расположенных по периметру насосного зала.

Входами модели приточно-вытяжной вентиляции являются:

- 1) пуск и остановка приточного вентилятора №1;
- 2) пуск и остановка приточного вентилятора №2;
- 3) пуск и остановка вытяжного вентилятора №1;
- 4) пуск и остановка вытяжного вентилятора №2;
- 5) температура наружного воздуха;

- б) тепловыделение от насосов;
- 7) команда пуска в прямом и обратном направлении привода запорного клапана;
- 8) концентрация загазованности.

Для создания аварийных условий:

- 1) отказ приточных вентиляторов;
- 2) отказ вытяжных вентиляторов;
- 3) срабатывание температурного реле после калорифера;

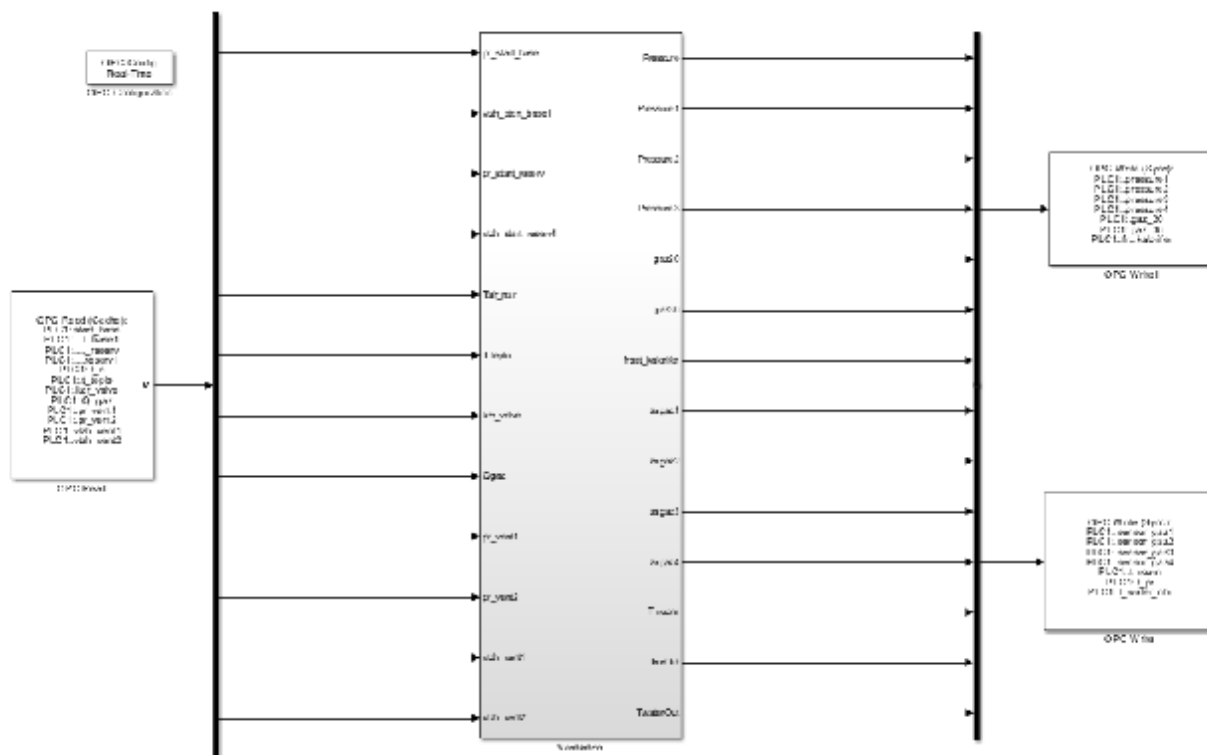


Рисунок 46 – Simulink- модель приточно-вытяжной вентиляции

Блок Ventilation (рисунок 47), представляет собой модель объекта управления. Модель содержит блок Subsystem управления состояниями вентиляторов, блок Kalorifer, который представлен в виде функции, блок Pumpingroom с выходом температуры помещения и блок Gaz для расчета загазованности. По мере увеличения размера и сложности модели ее можно упростить, сгруппировав блоки в подсистемы (createsubsystem). Подсистема – это набор блоков, которые группируются в один блок

подсистемы. Использование подсистем устанавливает иерархическую структурную схему, где блок подсистемы находится на одном уровне, а блоки, составляющие подсистему на другом, а также интерфейс с входами и выходами. Помогает уменьшить количество блоков, отображаемых в окне модели. Также системе Ventilation используется блок Switch в котором сигнал проходит через первый вход или третий вход в зависимости от значения второго входа. Первый и третий входы – это входные данные. Второй вход – это управляющий. Если значение во втором входе больше нуля, то блок пропускает первый вход, то есть константу нуль (сигнала нет).

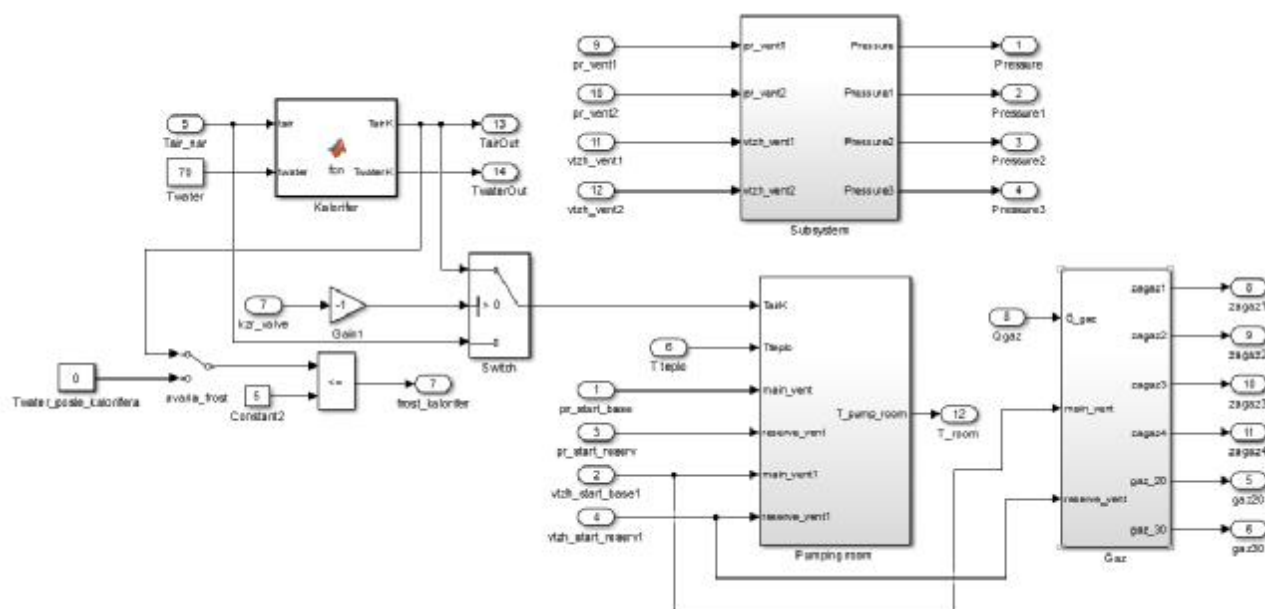


Рисунок 47 – Блок Ventilation

Подсистема Subsystem(рисунок 48), представляет собой модель получения давления на выходе двух приточных и двух вытяжных вентиляторов. На входе каждого блока находится сигнал пуска или остановки вентилятора. На выходе получение сигнала от датчика давления в воздуховоде. Тем самым мы удостоверимся, что действительно вентиляторы находятся в работе.

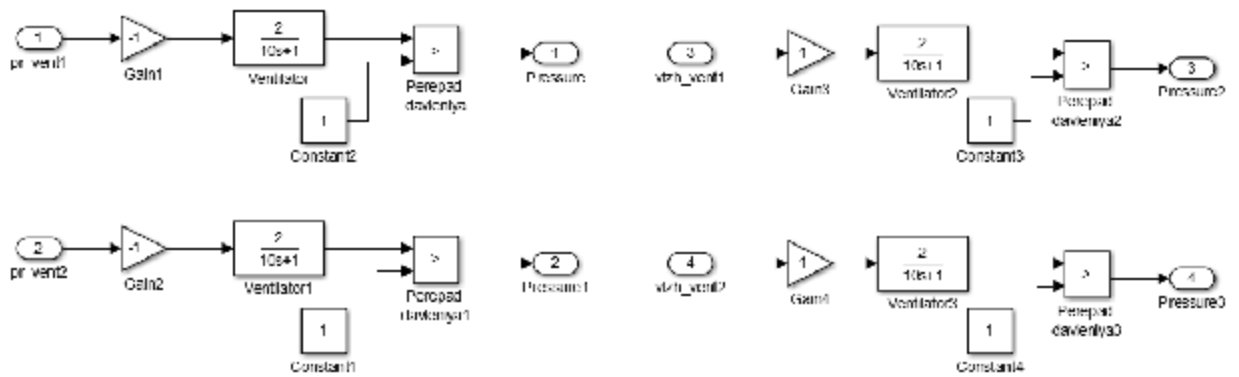


Рисунок 48 – Подсистема Subsystem

В подсистеме Subsystem составлены четыре модели, одна из моделей представлена на рисунке 49. Передаточная функция дает нам время накопления значения, так как давление в воздуховоде появляется не сразу. Значение после передаточной функции сравнивается с 1.

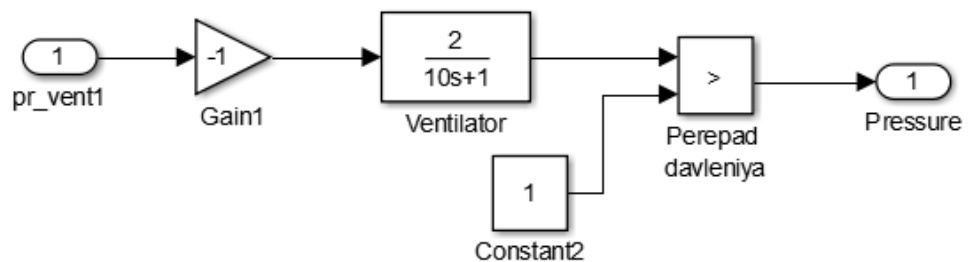


Рисунок 49– Модель получения давления

Блок Kalorifer (рисунок 50) представлен в виде функции. На входе блока температура наружная и температура теплоносителя, которая выбирается пользователем и равна 70 °С. Функция рассчитана по техническим характеристикам калорифера КСК 3-10-02 с применением расчета расхода тепла. На выходе получаем температуры воздуха и воды из калорифера.

```

function [TairK, TwaterK]=fcn (tair, twater)
deltaT = twater-tair;
Q=0.72*deltaT;
TairK=tair+(Q/1.11);
TwaterK=twater- (Q/3.35);
    if tair>=TairK;
        TairK=tair;
    end
end

```

Рисунок 50 – Блок Kalorifer

Блок Pumpingroom (рисунок 51) представляет собой модель для вычисления температуры насосного зала. Включает транспортное запаздывание, передаточную функцию и входные воздействия, такие как температура воздуха после калорифера, температура тепловыделения от работающего оборудования в насосном зале. Для понижения температуры в насосном зале работает приточная вентиляция. Начальное значение температуры задано 15 °С.

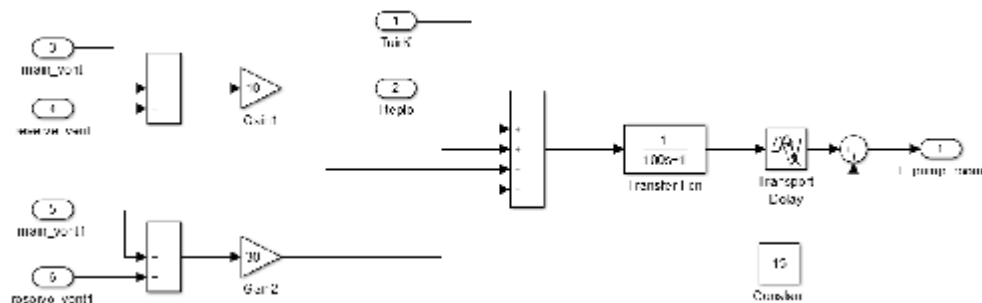


Рисунок 51 – Блок Pumpingroom

Блок Gaz (рисунок 52) представляет собой модель для вычисления загазованности в помещении, предельного уровня в 20 и 30 %. Включает транспортное запаздывание, передаточную функцию и входное воздействие, такое как моделирование загазованности с окна визуализации CoDeSys. Для снижения загазованности будет включаться вытяжная вентиляция. Saturation создает объект оценки нелинейности насыщения по умолчанию для оценки

моделей Гаммерштейна-Винера. Используется для ограничения входящего сигнала до нужных значений в модели.

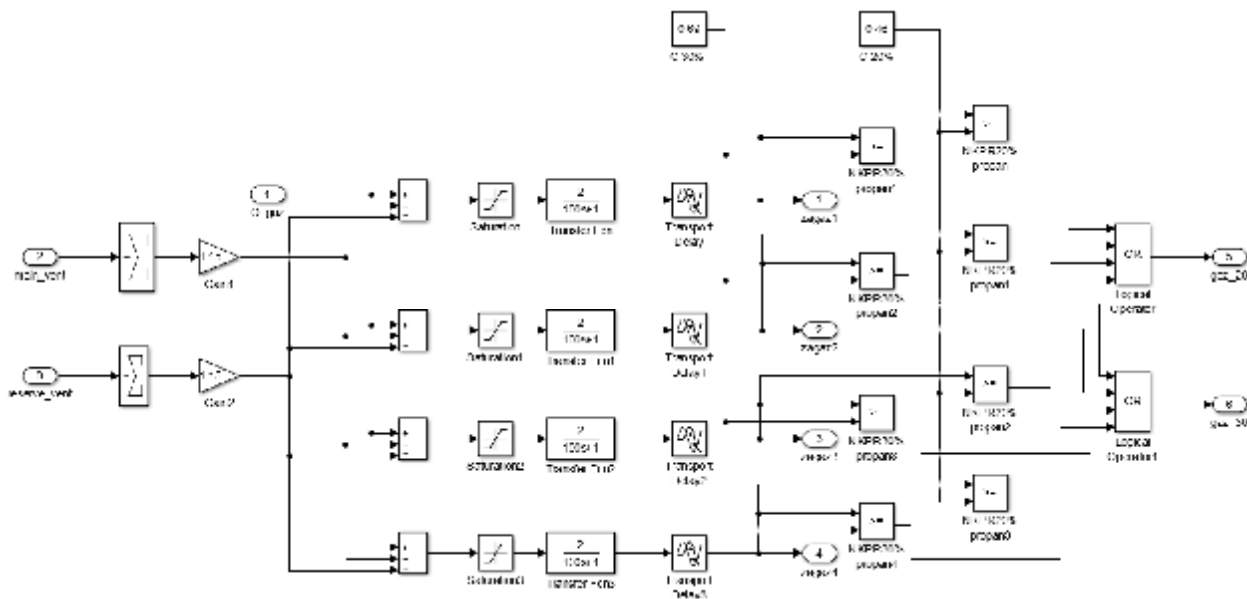


Рисунок 52 – Блок Gaz

Сразу же можно отметить, что имитационная модель – это пока что только имитация системы регулирования. Она не затрагивает всех вопросов управления оборудованием, являясь лишь базовым решением на данном этапе проектирования программного обеспечения системы.

5.2 Межпрограммный обмен

В настоящее время основным стандартом обмена данными в сфере промышленной автоматизации, безусловно, является OPC (Open Platform Communications, взаимодействие открытых платформ) ранее означала OLE for Process Control, OLE для управления процессами. OLE расшифровывается как Object Linking and Embedding – связывание и внедрение объектов одного приложения в другое. OPC – набор повсеместно принятых спецификаций, предоставляющих универсальный механизм обмена данными в системах контроля и управления.

В общем случае OPC-сервер может быть запущен как компонент любой из трех программ (имитационного моделирования, контроллера или SCADA-системы) или быть внешним по отношению к ним. В системе может быть

задействовано и более одного сервера. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и недостатки.

OPC-серверы конкретных аппаратных устройств поставляются многими производителями аппаратуры. Связь сервера с аппаратурой может осуществляться через какой-либо физический интерфейс компьютера: последовательный порт, USB, Ethernet, плату расширения с выходом на промышленную сеть и т.д.[11]. Все сводится к выбору нужного сервера, соединения с ним и выбор переменных для чтения и записи из предоставляемого сервером списка переменных. Таким образом, OPC-сервер дает OPC-клиенту записывать и считывать данные с устройства.

Для обмена данными используется OPC-сервер CoDeSys, связанный с виртуальным контроллером CODESYSSPPLCWinNTV2.4 через «общий» шлюз типа TCP/IP. Состав и схема взаимодействия программ-элементов имитационной системы показана на рисунке 53. Для передачи данных CoDeSys OPC-сервер использует так называемые символьные файлы. Символьные файлы содержат описания элементов данных (переменных прикладной программы) и создаются системой программирования CoDeSys. Затем они передаются программному шлюзу и контроллеру одновременно с загрузкой программы.

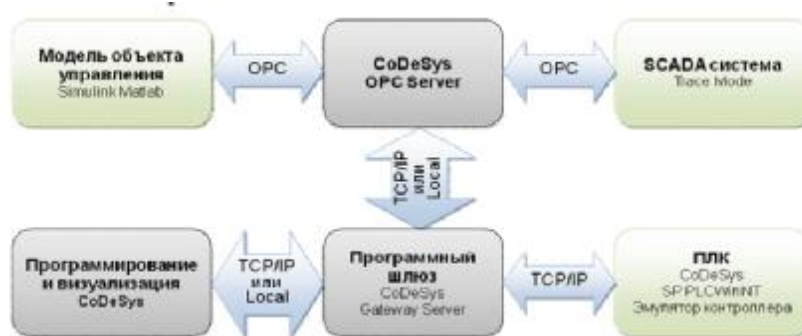


Рисунок 53 – Взаимодействие программ

Настройка OPC-клиента в Matlab осуществляется через OPCConfiguration, показанный на рисунке 54.

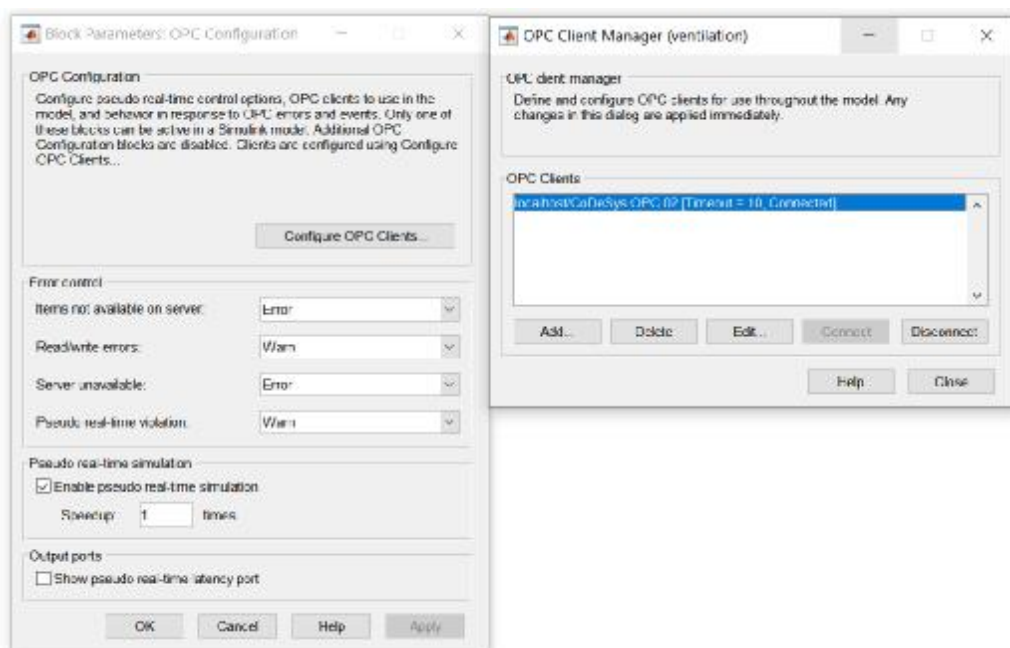


Рисунок 54– Окно настройки OPCConfiguration

Ввод-вывод сигналов из модели Simulink осуществляется через блоки OPC Read и OPCWrite.

Настройка OPC-сервера через CoDeSys происходит через программу CoDeSysOPCConfiguration. В окне конфигуратора требуется добавить PLC и настроить соединение как показано на рисунке 55.

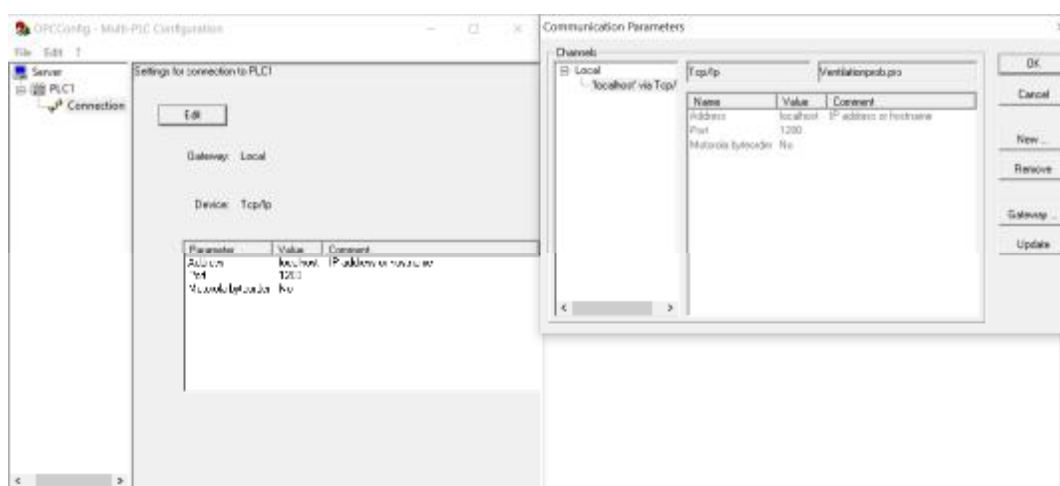


Рисунок 55 – Настройка OPCсервера

Далее проект для обмена переменными требуется подключить к PLCWinNT – виртуальному контроллеру, согласившись на перезагрузку

проекта.С помощью любой программы OPC-клиента, проверить доступность OPC-сервера CoDeSys и переменных для обмена. Внешний вид окна программы показан на рисунке 56.

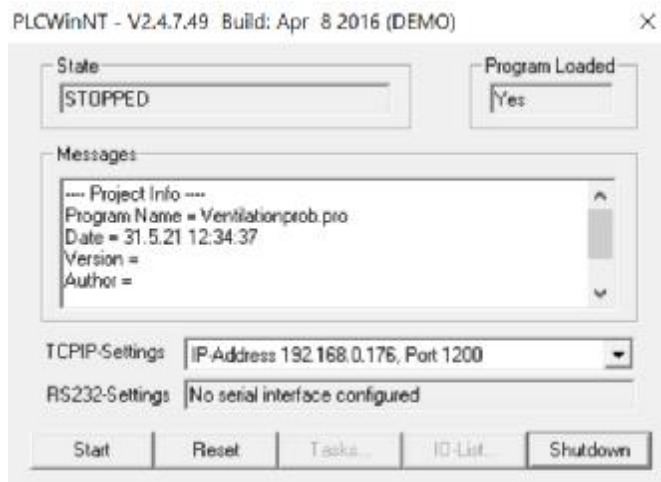


Рисунок 56 – Окно программы PLCWinNT

OPC Toolbox(рисунок 57) обеспечивает доступ к данным OPC непосредственно из MATLAB и Simulink. Можно считывать, записывать и регистрировать данные OPC с распределенных систем управления, с систем диспетчерского управления и сбора данных, с ПЛК.

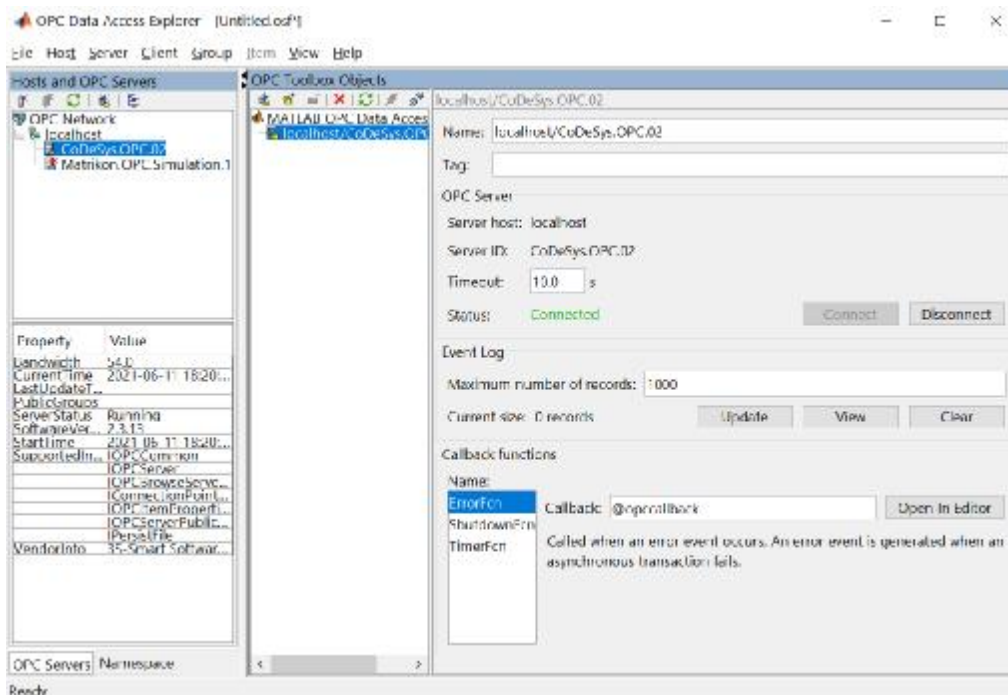


Рисунок 57 – OPC Toolbox

6 ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ

6.1 Разработка алгоритма управления

Управление системой приточно-вытяжной вентиляции МНС можно разбить на управление приточной вентиляцией, вытяжной вентиляцией и управление подачей теплоносителя для калорифера, т.е. запорным клапаном. Управление системой приточной вентиляции при различных температурах наружного воздуха происходит следующим образом:

– при понижении температуры наружного воздуха ниже технологического минимума ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$): подается команда на включение электрообогревателя клапана КВУ, затем подача команды на включение приточной вентиляции. После выдержки времени (20 мин., в программе 20 сек.) выдается команда на открытие клапана воздушного утепленного, далее выполняется пуск приточного вентилятора. При этом происходит отключение электрообогревателя клапана КВУ. Алгоритм пуска обогревателя клапана КВУ и вентилятора показан на рисунке 58;

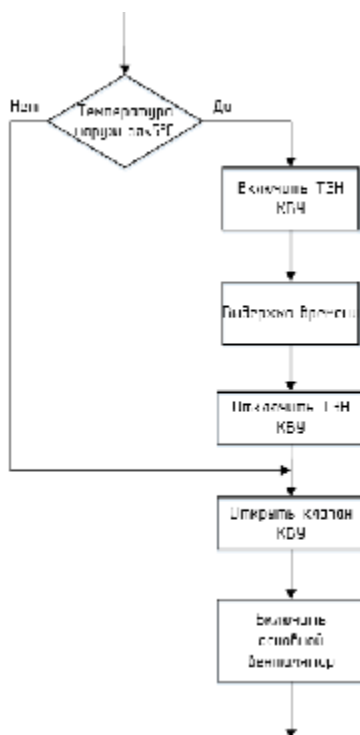


Рисунок 58 – Алгоритм пуска обогревателя клапана КВУ и вентилятора

- при повышении температуры наружного воздуха выше технологического минимума(5 °С): при подаче команды на включение приточной вентиляции подается и команда на открытие клапана КВУ. После открытия клапана КВУ, выполняется пуск основного приточного вентилятора;
- в случае отказа основного вентилятора, необходимо включить резервный вентилятор без выдержки времени;
- после отключения приточных вентиляторов (в ручном режиме) подается команда на закрытие клапана КВУ через выдержку времени (30 сек.).

Алгоритм включения резервного вентилятора и отключения приточной вентиляции показан на рисунке 59.

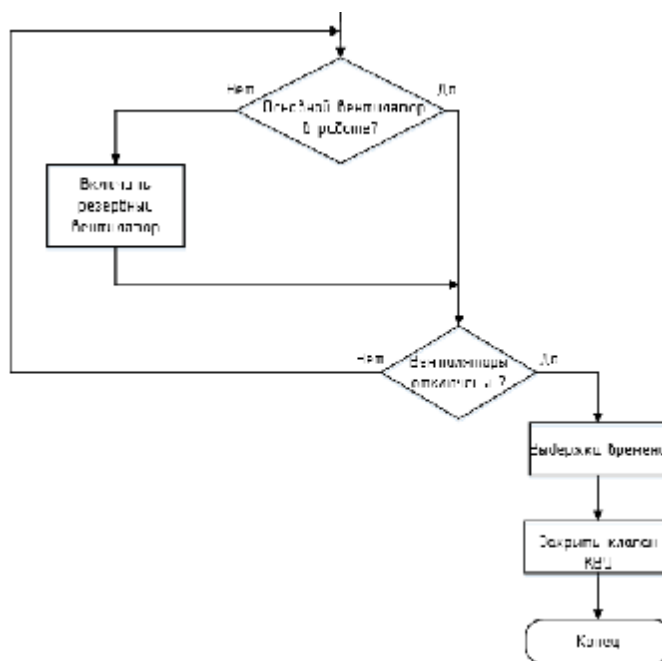


Рисунок 59 – Алгоритм включения резервного вентилятора и отключения приточной вентиляции

Управление вытяжной вентиляцией происходит следующим образом:

- вытяжной вентилятор, находящийся в режиме «основной», включается по максимальной предельной температуре воздуха (25 °С) в общем укрытии и отключается по технологическому максимуму температуры воздуха (18 °С) в насосном зале. Алгоритм показан на рисунке 60;

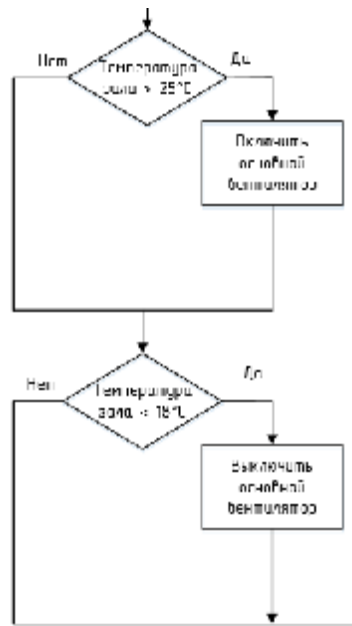


Рисунок 60 – Алгоритм включения вытяжной вентиляции по температуре

– при возникновении предельной загазованности (20% НКПР) в насосном зале производится включение вытяжного вентилятора, находящегося в режиме «основной» если он не был включен по температуре;

– при длительном (более 10 минут, в программе 1 минута) сохранении предельного уровня загазованности (20% НКПР) формируется команда на включение резервного вытяжного вентилятора без временной задержки; Алгоритм включения вытяжной вентиляции по загазованности показан на рисунке 61.

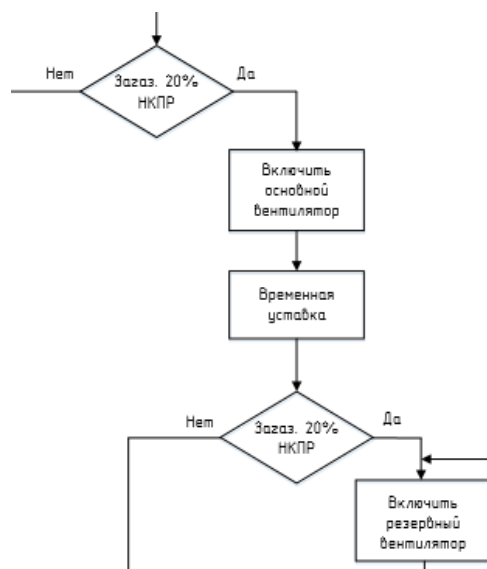


Рисунок 61 – Алгоритм включения вытяжной вентиляции по загазованности

– при возникновении аварийной загазованности (30% НКПР) в общем укрытии формируется команда на включение резервного вытяжного вентилятора без временной задержки;

– при снижении уровня загазованности ниже максимально предельного уровня (20% НКПР) и наличии обоих вытяжных вентиляторов во включенном состоянии, алгоритм включает таймер с временной уставкой на отключение вытяжной вентиляции при снижении загазованности. По истечении которой, вытяжные вентиляторы переводятся в состояние, контролирующее температуру в общем укрытии. Алгоритм включения резервного вентилятора показан на рисунке 62.

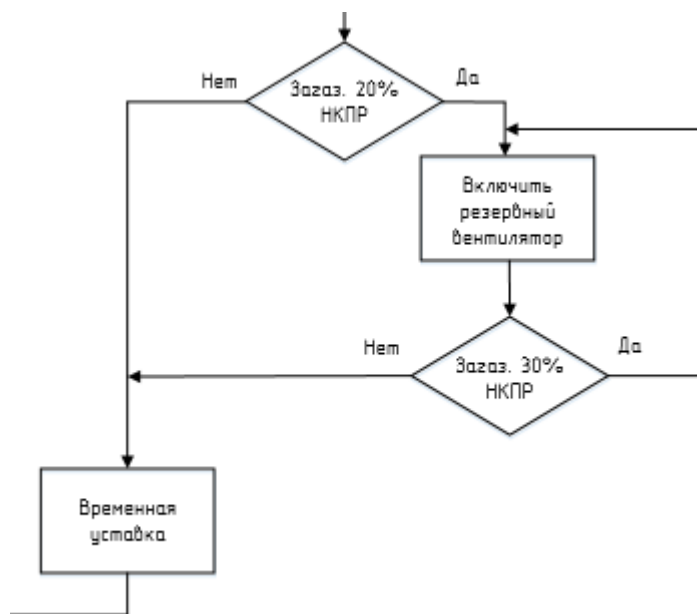


Рисунок 62 – Алгоритм включения резервного вентилятора

При различных температурах воздуха управление клапаном на линии подачи теплоносителя происходит следующим образом:

– по предельной минимальной температуре 5 °С происходит автоматическое открытие клапана запорного. Алгоритм открытия запорного клапана показан на рисунке 63;

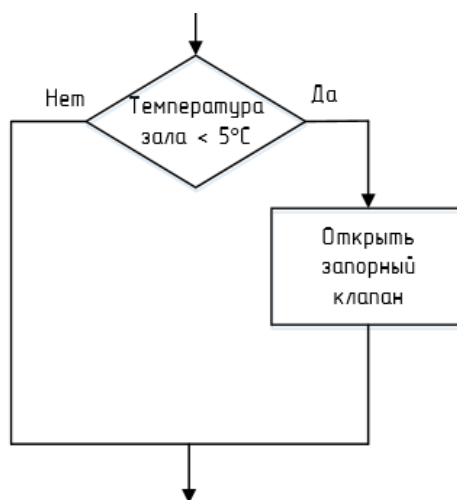


Рисунок 63 – Алгоритм открытия запорного клапана

– по технологическому максимуму 10 °С температуры происходит автоматическое закрытие клапана запорного. Алгоритм закрытия запорного клапана показан на рисунке 64.

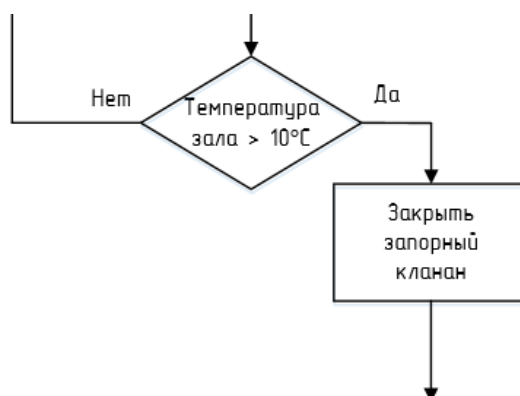


Рисунок 64 – Алгоритм закрытия запорного клапана

6.2 Программа автоматического управления

Программа для виртуального контроллера написана на языке ST (структурированный текст) и на LD (язык релейно-контактных схем) по стандарту МЭК 61131-3 [2]. Язык ST разработан специально для программирования ПЛК. В него входят конструкции для присвоения значений переменным для условных переходов, для вызова функций и функциональных блоков и тому подобное. Этот язык применим если нужно решить задачу с сложными математическими вычислениями, описаниями сложных функций,

функциональных блоков и программ. Программа анализирует входные данные и принимает решение о необходимом режиме работы.

Программа включает в себя:

- главную программу PLC_PRG, запускает подпрограммы rele, WorkPritoch, WorkVyatzh и KlapanTeplo;

- подпрограмму rele (рисунок 65), так как задача описывается как последовательность срабатываний некоторых ключей и реле, то для нее нагляднее всего будет использовать язык LD. Минусы этого языка в том, что проблематично использовать сложные алгоритмы, вычисления, а многократное использование программных компонентов увеличивает программу и делает ее сложной в обслуживании.

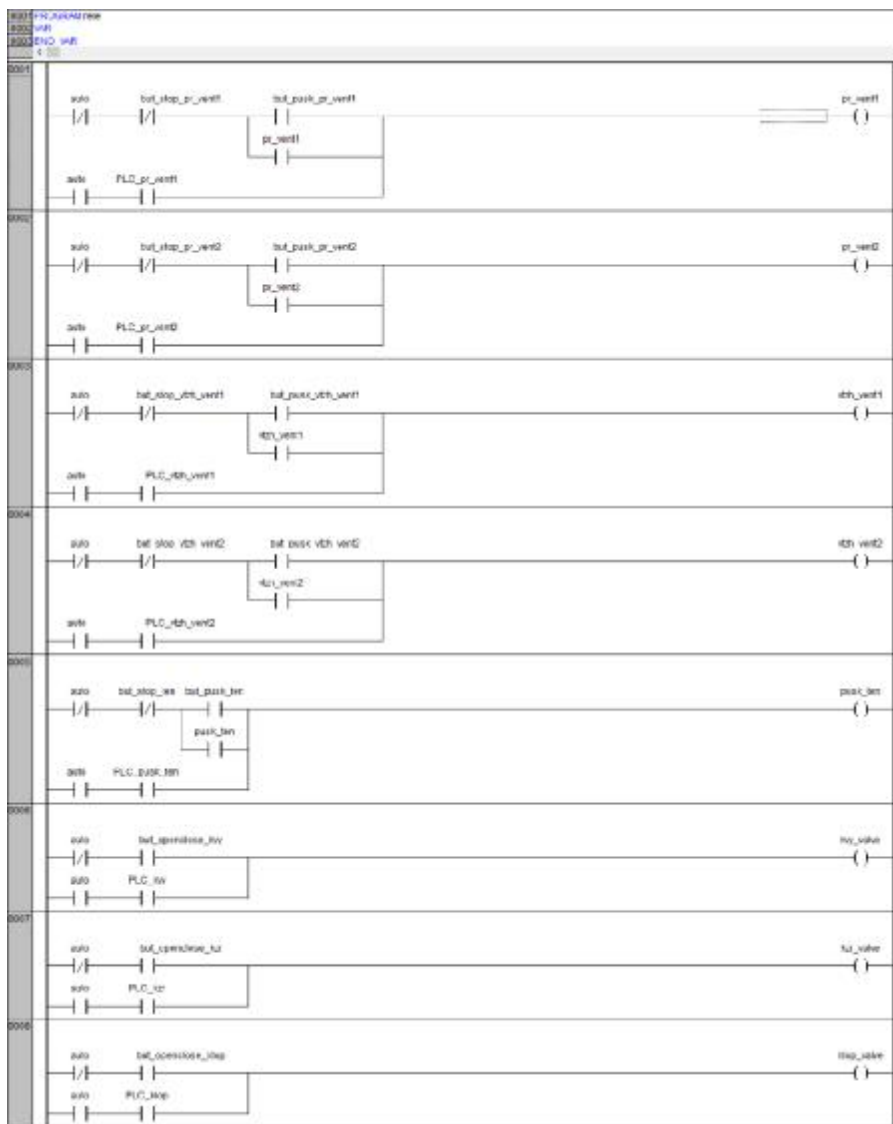


Рисунок 65 – Подпрограмма rele

– подпрограмму WorkPritoch, управление приточными вентиляторами в системе с водяным калорифером. Программа использует switch-case технологию: в зависимости от состояния (state) управление передается в один из фрагментов кода (case) «по метке». В подпрограмме осуществляется 5 состояний. В состоянии 0 – ожидание отключены выходы контроллера, обрабатываются отказы, формирующиеся в окне визуализации нажатием соответствующей кнопки и по условиям происходит переход между другими состояниями. При переходе на автоматический режим, если температура наружного воздуха ниже 5°C, подпрограмма WorkPritoch переходит в состояние 1 – прогрев клапана. В этом состоянии запускается таймер с момента запуска обогревателя и запускается сам обогреватель. После завершения отсчета таймера обогреватель выключается. Подпрограмма переходит в состояние 2. Если температура выше 5°C, тогда подпрограмма осуществляет переход сразу в состояние 2 – запуск и контроль основного вентилятора минуя состояние 1. В нем обеспечивается поддержание на заданном уровне температуры в помещении. В состоянии 2 включается таймер для контроля включения основного вентилятора, открывается воздушный утепленный клапан, включается основной приточный вентилятор, при этом резервный отключен. Также осуществляется переход между возможными состояниями 0, 3 и 4. В случае если таймер закончил отсчет, значит отсутствует напряжение на двигателе. Переход в состояние 3 – контроль резервного вентилятора, в нем включается резервный приточный вентилятор. В состоянии 3 включается таймер для контроля вытяжного вентилятора, в случае отказа он отсчитывает время и, если на этом этапе основной вентилятор готов к работе подпрограмма переходит обратно в состояние 2, иначе два вентилятора отключены – переход в режим 4. Состояние 4 – режим аварии. Запускается таймер для закрытия клапана КВУ, выключаются вентиляторы. В случае пожара отключаются выходы контроллера. При нажатии с окна визуализации (рисунок 67) кнопки сброса подпрограмма перейдет в состояние 0 – ожидание.

– подпрограмму WorkVyatzh, управление вытяжными вентиляторами, регулирование температуры и загазованности. В подпрограмме осуществляется 5 состояний: ожидание, работа по температуре основного вентилятора, работа по температуре резервного вентилятора, работа по газу основного вентилятора, работа по газу резервного вентилятора и авария. Если состояние подпрограммы 0, обнуляем все таймеры, проверяем нажата ли кнопка автомат в окне визуализации. Если кнопка нажата, то переходим в состояние 1, иначе отключаем все выходы контроллера. Также в этом состоянии обрабатываются возможные ошибки (отказы). В состоянии 1 – работа по температуре основного вентилятора осуществляется проверка температуры помещения насосного зала, при повышении температуры выше предельной (25 °С) включается основной вытяжной вентилятор, если температура меньше максимальной (18 °С) отключается. Также предусмотрены переходы в другие состояния 0, 2, 3 и 5. В случае отказа основного вентилятора подпрограмма переходит в состояние 2 – работа по температуре резервного вентилятора. Температурные условия такие же, как и в состоянии 1. В состоянии 2 включается таймер для контроля вытяжного вентилятора, в случае отказа он отсчитывает время и, если на этом этапе основной вентилятор готов к работе подпрограмма переходит обратно в состояние 1, иначе два вентилятора отключены – переход в режим 5. В случае если загазованность превышает 20% НКПР тогда подпрограмма переходит в состояние 3 – работа по газу основного вентилятора. В состоянии 3 работает основной вытяжной вентилятор, если он не был включен по температуре. В состоянии 3 включается таймер для контроля основного вытяжного вентилятора, в случае отказа он отсчитывает время и, если таймер закончил отсчет подпрограмма переходит в состояние 4. Далее включаются два таймера по переменной отвечающей за 20% НКПР. Один таймер отвечает за выдержку времени для перехода в состояние контроля температуры, если загазованность снизится. Другой для выдержки времени перед включением резервного вытяжного вентилятора в случае если загазованность не снизится за отведенное время. Если подпрограмма переходит в состояние 4 – работа по газу резервного

вентилятора, то включается резервный вентилятор. Переход в режим 1 осуществляется при понижении загазованности ниже 20% НКПР. При отказе резервного вытяжного вентилятора, в случае если основной готов к работе подпрограмма переход в состояние 3, иначе в состояние 5. В состоянии 5 необходимо отключить вентиляторы, в случае пожара отключить выходы ПЛК, при нажатии кнопки сброс переход в состояние 0. Также в каждом состоянии реализованы переходы по принципу switch-case. TON – таймер с задержкой включения TON(IN, PT, Q, ET). Входы IN и PT типов BOOL и TIME соответственно. Выходы Q и ET аналогично типов BOOL и TIME. Пока IN равен FALSE, выход Q = FALSE, выход ET = 0. Как только IN становится TRUE, начинается отсчет времени на выходе ET до значения, равного PT.

Полный текст программы представлен в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Для имитации лицевой панели управления системой приточно-вытяжной вентиляции МНС создадим экран визуализации в программе CoDeSys (рисунок 66). Он будет включать окно для управления и наблюдения и окно для имитации входных воздействий. На щите установлены индикаторы уровня загазованности, кнопки, сигнальные лампы, переключатель режимов управления.

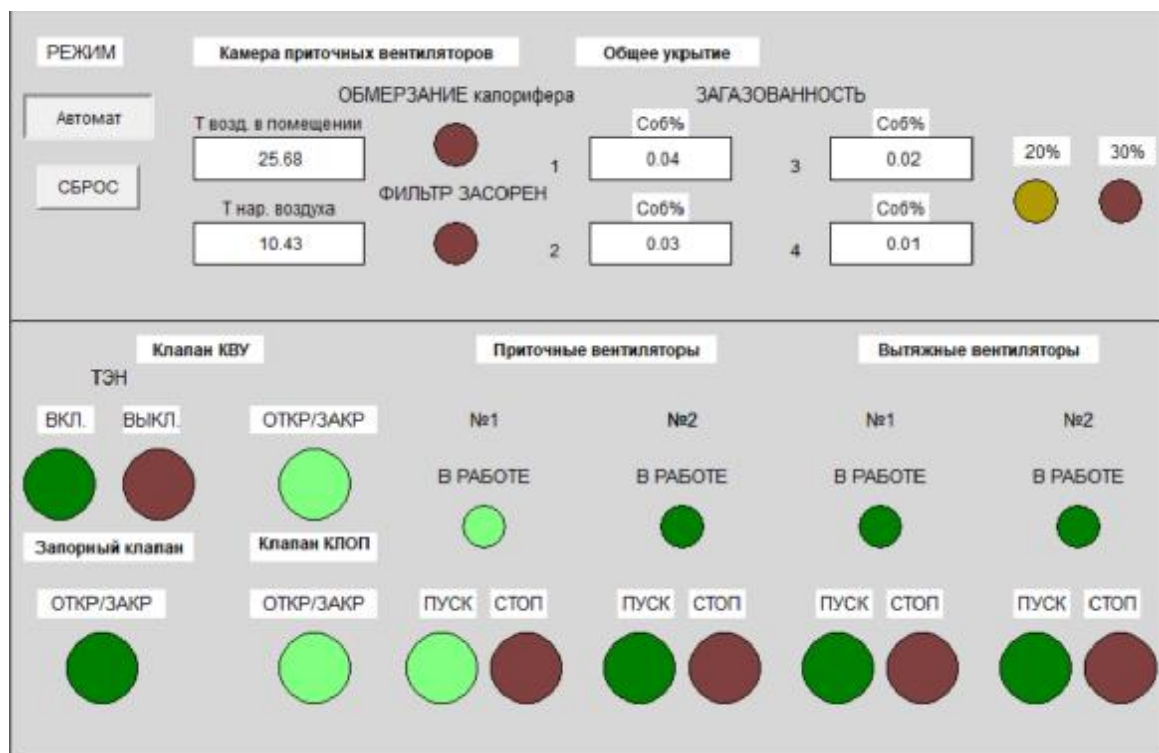


Рисунок 66 – Экран визуализации в работе

В контуре «Камера приточных вентиляторов» расположены:

- прибор индикации температуры воздуха в помещении (t_room);
- прибор индикации температуры наружного воздуха (t_n);
- лампа сигнализации об обмерзании (frost_kalorifer);
- лампа сигнализации о перепаде давления на фильтре (air_filter).

В контуре «Общее укрытие» расположены:

- четыре прибора индикации загазованности по периметру помещения (sensor_gaz1, sensor_gaz2, sensor_gaz3, sensor_gaz4);
- лампа сигнализации о предельной загазованности (gaz_20);
- лампа сигнализации об аварийной загазованности (gaz_30).

В контуре «Клапан КВУ»:

- кнопка включения ТЭН клапана (but_pusk_ten);
- кнопка выключения ТЭН клапана (but_stop_ten);
- кнопка с фиксацией открытия и закрытия клапана (but_openclose_kvuy).

В контуре «Запорный клапан»:

- кнопка с фиксацией открытия и закрытия клапана (but_openclose_kzr).

В контуре «Клапан КЛОП»:

- кнопка с фиксацией открытия и закрытия клапана (but_openclose_klop).

В контуре «Приточные вентиляторы»:

- лампа сигнализации о давлении в воздуховоде на выходе вентилятора №1 (pressure1);
- лампа сигнализации о давлении в воздуховоде на выходе вентилятора №2 (pressure2);
- кнопка пуска приточного вентилятора №1 (but_pusk_pr_vent1);
- кнопка стопа приточного вентилятора №1 (but_stop_pr_vent1);

- кнопка пуска приточного вентилятора №2(`but_pusk_pr_vent2`);
- кнопка стопа приточного вентилятора №2(`but_stop_pr_vent2`);

В контуре «Вытяжные вентиляторы»:

- лампа сигнализации о давлении в воздуховоде на выходе вентилятора №1 (`pressure3`);
- лампа сигнализации о давлении в воздуховоде на выходе вентилятора №2 (`pressure4`);
- кнопка пуска приточного вентилятора №1(`but_pusk_vtzh_vent1`);
- кнопка стопа приточного вентилятора №1(`but_stop_vtzh_vent1`);
- кнопка пуска приточного вентилятора №2 (`but_pusk_vtzh_vent2`);
- кнопка стопа приточного вентилятора №2(`but_stop_vtzh_vent2`);

В отдельном виртуальном экране(рисунок 67) для введения внешних воздействий и для формирования отказов существует 2 контура: показания и отказы. На экране располагаются кнопки с фиксацией, привязанные к соответствующим глобальным переменным.

В контуре «Показания»:

- ползунок для моделирования температуры наружного воздуха(`t_n`);
- ползунок для моделирования температуры тепловыделения от оборудования (`t_teplo`);
- ползунок для моделирования концентрации нефтяного газа (`Q_gaz`).

В контуре «Отказы»:

- кнопка отказа основного приточного вентилятора (`inflow_vent1`);
- кнопка отказа резервного приточного вентилятора (`inflow_vent2`);
- кнопка отказа основного вытяжного вентилятора (`outflow_vent1`);
- кнопка отказа резервного вытяжного вентилятора (`outflow_vent2`);
- кнопка моделирования перепада давления на фильтре (`air_filter`);
- кнопка моделирования пожара в насосном зале (`fair`);
- кнопка сброса отказов (`reset`).



Рисунок 67 – Окно моделирования отказов и показаний

Вне контуров расположена кнопка переключатель режима управления (auto).

Визуализация лицевой панели щита предназначена в основном для визуализации переключений, причем в обоих режимах управления и в ручном и в автоматическом. Окно для имитации позволяет задавать температуру наружную, концентрацию нефтяного газа и температуру тепловыделения от оборудования, генерировать различные отказы в системе. «Главное» окно позволяет переключать режимы, управлять клапанами, вентиляторами, а также производить «сброс» системы при возникновении аварии. Все элементы визуализации привязаны к «реальным» переменным контроллера.

Привязка переменных к элементам экрана осуществляется за счет всплывающего окна конфигурирование элемента, где в переменных (для изменения цвета) или в ввод, как показано на рисунке 68, присваивается нужная переменная.

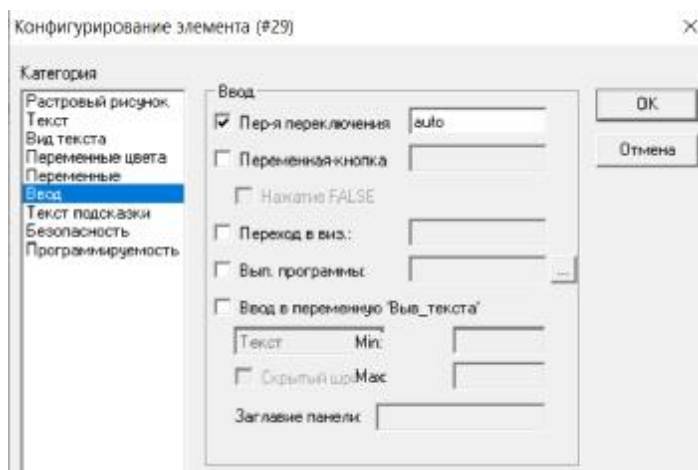


Рисунок 68 – Окно конфигурирования элемента кнопки

Переменная переключения имитирует кнопку с фиксацией, переменная кнопка соответственно кнопку без фиксации. На рисунке 69 показано окно для настройки ползунка.

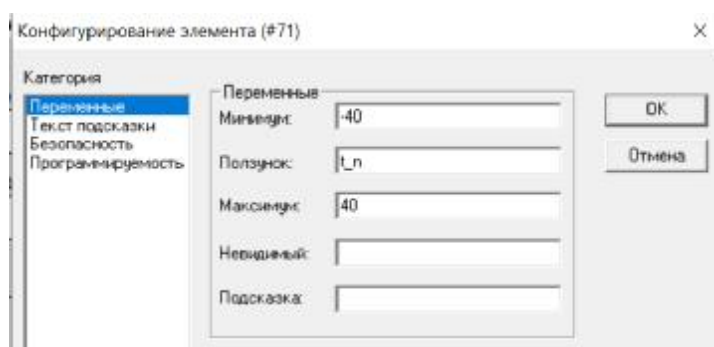


Рисунок 69 – Окно конфигурирование элемента ползунков

В нем во вкладке переменные указывается минимум и максимум значения, а также присвоенная переменная. Все ползунки настраиваются соответственно.

7 SCADA-СИСТЕМА

7.1 Общие сведения о SCADA- системе

АСУТП как система не сможет существовать без участия человека, ведь он принимает участие в ее создании, в выработке решений по управлению, организует работу и модернизирует в дальнейшем. Для оперативного персонала, который ведет и контролирует технологический процесс важно предоставить технические средства общения с системой управления. Оператору объекта управления от программно-технических средств АСУТП требуется:

- визуализация процесса в виде мнемосхемы;
- предоставление в реальном времени данных;
- составление отчетных таблиц;
- составление графиков процессов;
- формирование журнала аварий;
- возможность формирования управляющих воздействий.

АСУ ТП делится на нижний уровень и верхний. В верхний входят уровень человеко-машинного интерфейса (DCS, SCADA, BatchControl) и сетевой уровень (промышленный сети). В нижний уровень входят уровень контроля и управления ТП (PLC, технологические защиты) и полевой уровень (датчики, исполнительное оборудование). Часто нижний и верхний уровни АСУ ТП объединяются «полевой шиной», которая представляет собой сеть с гарантированным временем доставки пакетов.

В качестве базового ПО широко используется SCADA-система. SCADA (SupervisoryControl And DataAcquisition) – диспетчерское управление и сбор данных, является основным и в настоящее время наиболее перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими процессами уровня человеко-машинного интерфейса.

Уровень контроля и управления АСУ ТП обеспечивает контроль параметров технологических процессов и непосредственное управление оборудованием. Кроме этого, именно на этом уровне реализуются такие

возможности современных АСУ ТП, как автоматический пуск и остановка оборудования с целью предотвращения аварийных ситуаций. Контроллеры обеспечивают первичную обработку информации, которая поступает с оборудования, и отслеживают нарушение параметров технологических процессов или их соответствие заданным величинам.

Непосредственный контроль производственных процессов и их параметров (температуры, загазованности, давление) осуществляется системой датчиков. Сигналы от датчиков поступают в контроллер, в котором происходит сравнение параметров сигнала датчика с запрограммированными параметрами. В зависимости от показателя датчика, и его соответствия заданным параметрам, контроллер передает сигнал на другие компоненты системы для выполнения необходимых действий.

Последовательность прохождения сигнала основана на программном обеспечении АСУ ТП. Одновременно информация поступает на верхний уровень АСУ ТП для дальнейшего анализа, визуализации и, при необходимости, вмешательства диспетчера или оператора в технологический процесс. Верхний уровень – это ПК и серверами. На них поступает информация о параметрах, поступающих с датчиков, моментах срабатывания автоматики, информация о внешнем вмешательстве персонала в работу системы. Этот уровень представляет собой специальное программное обеспечение, в котором выполняется связь между диспетчером (оператором) и элементами нижних уровней АСУ ТП. Человек-оператор входит в систему как одно из функциональных звеньев верхнего уровня управления. В автоматизированной системе управления вентиляцией будет использоваться SCADA-система, которая следит за работой отдельных частей установки, контролирует и диспетчеризирует распределенную систему машин или механизмов. SCADA-система получает данные с ПЛК, архивирует их и направляет данные на экраны оператору. Оператор по полученным данным может подавать команды с помощью HMI (Human-Machine Interface). В SCADA-системе он может выбирать режим работы вентилятора.

7.2 Визуализация системы в SCADA-системе

Главными функциями визуализации системы считаются:

- представление технологических данных на экране дисплея в виде мнемосхем с конкретным уточнением, на которых отражается информация о текущем состоянии технологического процесса и значениях технологических параметров;
- получение команд диспетчера по управлению и изменению режима работы технологического оборудования;
- автоматическое оповещение и запись достижения параметром аварийных и предельных границ;
- формирование архива сообщений, где фиксируются все сообщения о неисправностях, срабатывании предупредительной и аварийной сигнализации, сообщения о действиях диспетчера по управлению процессом;

Перейдем к разработке «высших» уровней управления.

Информация на экране представляется в виде:

- мнемосхемы технологического процесса;
- числовых значений параметров технологического процесса;
- выключателей, представляющие собой два переключаемых изображения *on* и *off*;
- графика изменения параметров температур во времени;
- текстовых сообщений о событиях в системе или состоянии технологического оборудования;
- архивной таблицы, с накоплением значений во времени.

В системе принята следующая цветовая гамма:

- затемнённый цвет или серый цвет используется для статических изображений если параметр не активен или оборудование не работает;
- зеленый цвет – нормальная работа;

– красный цвет используется для аварийной сигнализации значений параметров, а также для сообщения о переводе режима управления на автоматический;

Расположение основных экранных форм на поле экрана представлено на рисунке 70. В верхней части экрана реализована возможность переключаться между экранами. Поле мнемосхем занимает среднюю часть экрана. Здесь выводятся мнемосхемы технологического процесса, графики и т.п. Область сообщений занимает нижнюю область часть экрана, в ней можно посмотреть список текущих сообщений.

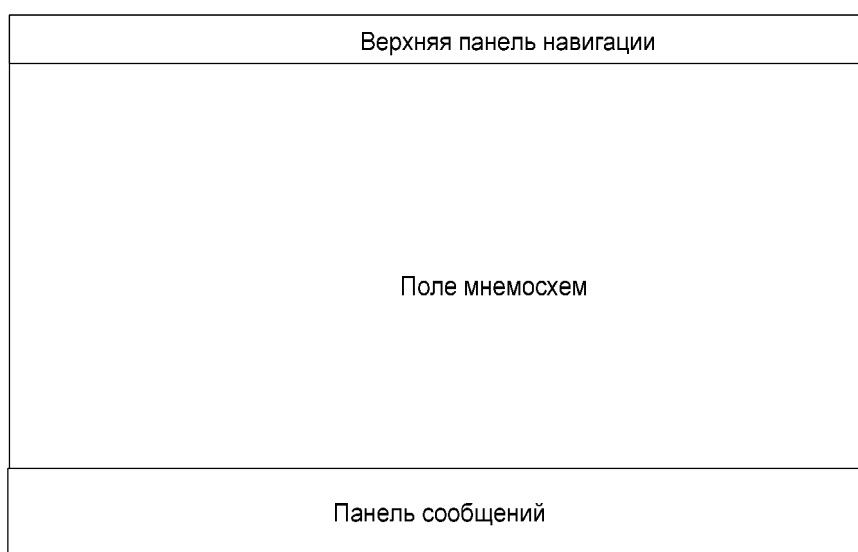


Рисунок 70 – Расположение основных экранных форм на поле экрана

При выборе (активизации) клавиши на экране появляется графическое окно поверх основного экрана или переход на другое окно. Оно может содержать пояснительный текст, графики, значения параметров, кнопки управления, диаграммы, таблицы. На графическом окне предусмотрены кнопки, для перехода на другие экраны. При необходимости графическое окно можно перемещать в удобное место экрана. Экранные формы «Панель навигации», «Панель сообщений» постоянно отображаются на экране. Состав указанных экранных форм не изменяется при изменении режимов управления объектами, вызове дополнительных экранных форм, изменении уровня доступа к управлению. Поле мнемосхемы содержит изменяемый состав элементов

отображения. В этом поле отображаются мнемосхемы технологического процесса, окна управления оборудованием, табличные формы, графики и другая информация о состоянии технологических объектов и системы автоматизации. RTM_1 проекта представлен на рисунке 71. Участок главного экрана для навигации по окнам отображен на рисунке 73.

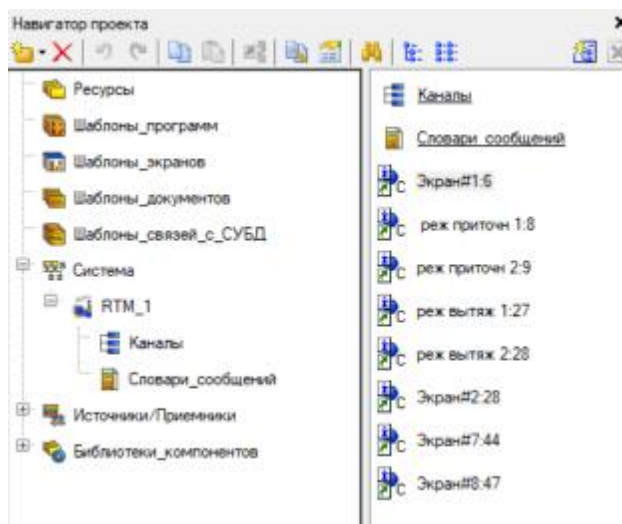


Рисунок 71 – Навигатор проекта

Для всех величин методом автопостроения, т.е. просто перетаскиванием источника или приемника в «Каналы», создадим каналы. На рисунке 72 показан полный список каналов будущей SCADA-системы.

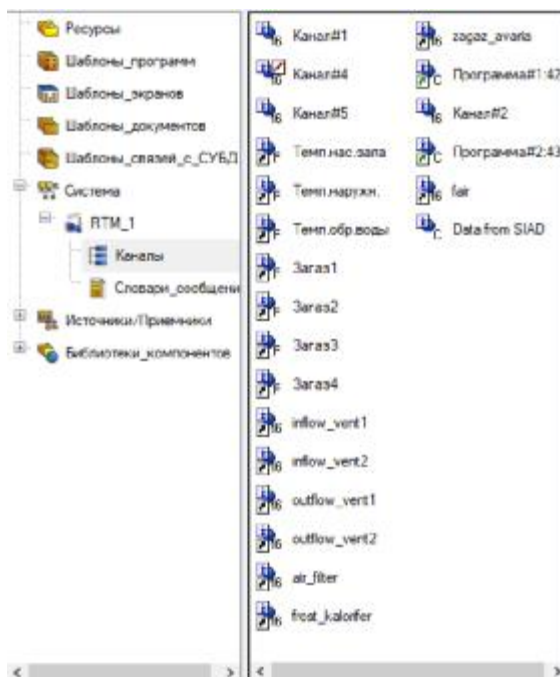


Рисунок 72– Каналы проекта



Рисунок 73 – Участок главного экрана для навигации по окнам

Кнопка «аварии» предназначена для вызова на экран мнемосхемы тревог. При срабатывании какого-либо показателя выключатель подсвечивается красным цветом. Так же показатель заносится в отчет тревог и демонстрируется в ОТ узла, который предназначен для отображения сообщений отчета тревог узла, удовлетворяющих заданным при конфигурировании условиям, и их квитирования. Формируются нужные сообщения в словаре сообщений для HEX16. Словарь сообщений показан на рисунке 74.

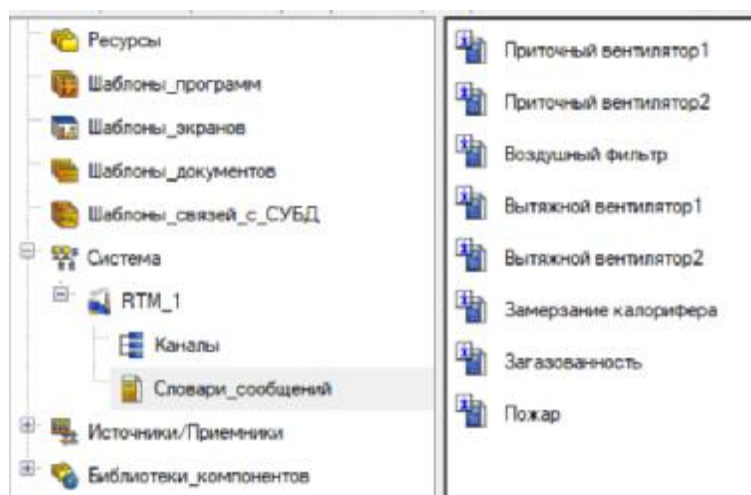


Рисунок 74 – Словари сообщений

В канале HEX16 задаются направление в формате AR+G, категория и текст для сообщения. Тревожные сообщения выделяются оранжевым цветом. Также для навигации в окне есть кнопки для перехода и текущее дата и время на верхней навигационной панели. Главный элемент дата и время предназначен для отображения значения аргумента с временным или 4-байтовым целочисленным типом данных, а также для изменения значения аргумента с временным типом данных. Окно «Аварии» показано на рисунке 75. В корневой папке RTM_1 формируется текстовый документ с сообщениями побитно. Текстовый файл показан на рисунке 76.

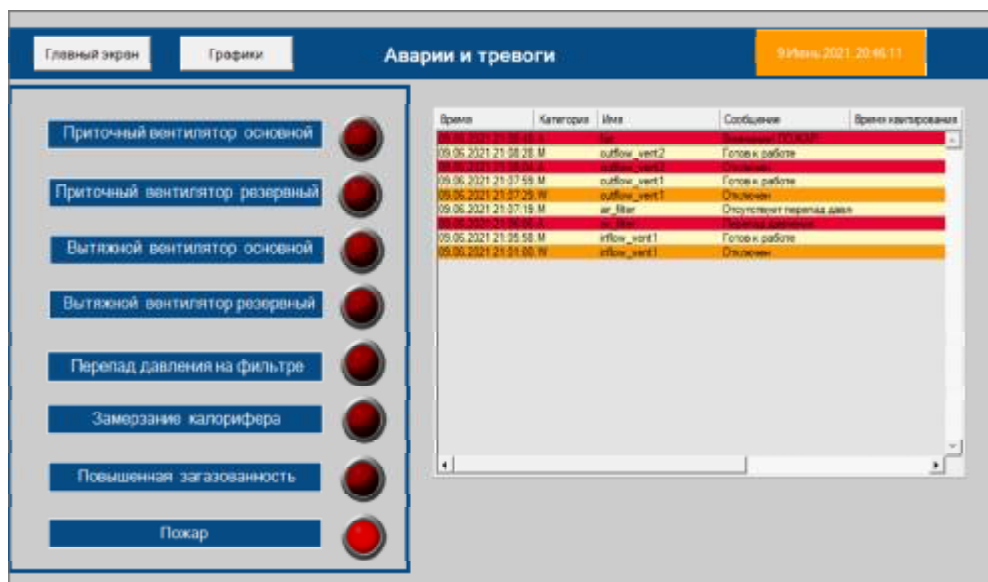


Рисунок 75 – Окно аварий

```

09.06.2021 14:15:39.6 M inflow_vent1 TC2 Отключен
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 1bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 2bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 3bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 4bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 5bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 6bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 7bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 8bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 9bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 10bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 11bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 12bit_On
09.06.2021 14:15:39.6 inflow_vent1 TC2 13bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 14bit_On
09.06.2021 14:45:35.5 inflow_vent1 TC2 15bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 A inflow_vent2 TC2 Отключен
09.06.2021 14:17:31.6 inflow_vent2 TC2 1bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 2bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 3bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 4bit_On
09.06.2021 14:17:31.6 inflow_vent2 TC2 5bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 6bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 7bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 8bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 9bit_On
09.06.2021 14:17:31.6 inflow_vent2 TC2 10bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 11bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 12bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 13bit_On
09.06.2021 14:47:34.5 inflow_vent2 TC2 14bit_On
09.06.2021 14:17:31.6 inflow_vent2 TC2 15bit_On
09.06.2021 14:49:22.5 M inflow_vent2 TC2 Готов к работе
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 1bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 2bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 3bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 4bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 5bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 6bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 7bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 8bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 9bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 10bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 11bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 12bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 13bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 14bit_Off
09.06.2021 14:49:22.5 inflow_vent2 TC2 15bit_Off

```

Рисунок 76– Текстовый файл аварий

Кнопка «графики» предназначена для вызова на экран графика температур наружной, насосного зала и обратной воды. Главный элемент тренд отображает изменение значения аргументов экрана во времени. Температура наружная красным, температура насосного зала зеленым и температура обратной воды синим цветом. На панели навигации есть кнопки перехода на

главный экран и на экран аварии, также есть дата и время. Внешний вид экрана «Графики» представлен на рисунке 77.

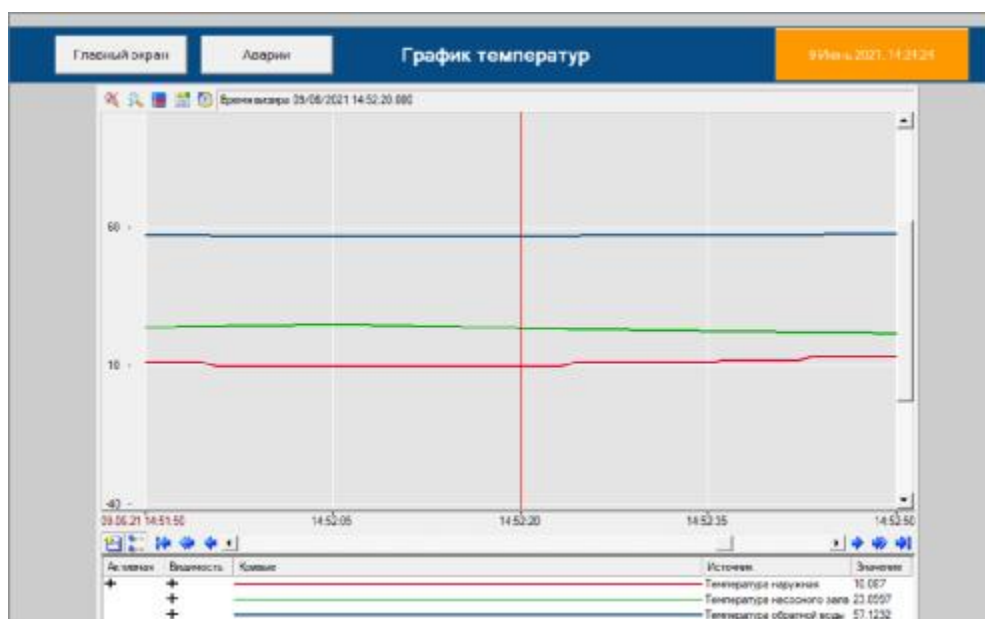


Рисунок 77– Окно график температур

Кнопка «архив» предназначен для вызова на экран архивную таблицу 2, которая предназначена для отображения данных из SIAD. В ней фиксируются и отображаются значения температур и показания загазованности с датчиков. На навигационной панели есть кнопка для перехода на главный экран. Внешний вид экрана «Архив» показан на рисунке 78.

Темп нас.зала		Темп наружн.	Темп обо.воды	Загаз1	Загаз2	Загаз3	Загаз4
14.56.53	31.0411	14.52.41 13.5652	14.52.42 57.8707	14.56.53 0.00046354	14.56.53 0.000477657	14.56.53 0.000502147	14.56.53 0.0005...
14.56.52	31.127	14.52.42 13.5652	14.52.43 57.8707	14.56.52 0.000466796	14.56.52 0.000481012	14.56.52 0.000505674	14.56.52 0.0005...
14.56.52	31.1886	14.52.42 12.8696	14.52.42 57.7212	14.56.52 0.000469136	14.56.52 0.000483423	14.56.52 0.000508209	14.56.52 0.0005...
14.56.51	31.2506	14.52.35 12.1739	14.52.36 57.5717	14.56.51 0.000471487	14.56.51 0.000485946	14.56.51 0.000510756	14.56.51 0.0005...
14.56.51	31.3129	14.52.23 11.4783	14.52.24 57.4222	14.56.51 0.000473851	14.56.51 0.000488282	14.56.51 0.000513316	14.56.51 0.0005...
14.56.50	31.4006	14.52.23 10.7826	14.52.23 57.2727	14.56.50 0.000477179	14.56.50 0.000491712	14.56.50 0.000516922	14.56.50 0.0005...
14.56.50	31.4636	14.51.55 10.087	14.51.56 57.1232	14.56.50 0.000479571	14.56.50 0.000494176	14.56.50 0.000519513	14.56.50 0.0005...
14.56.49	31.5269	14.51.55 10.7826	14.51.55 57.2727	14.56.49 0.000481975	14.56.49 0.000496653	14.56.49 0.000522117	14.56.49 0.0005...
14.56.48	31.6034	14.51.37 11.4783	14.51.38 57.4222	14.56.48 0.000484876	14.56.48 0.000499642	14.56.48 0.000525266	14.56.48 0.0005...
14.56.48	31.6674	14.51.37 10.087	14.51.37 57.1232	14.56.48 0.000487396	14.56.48 0.000502147	14.56.48 0.000527892	14.56.48 0.0005...
14.56.47	31.7576	14.51.36 9.3913	14.51.36 56.9737	14.56.47 0.000490729	14.56.47 0.000505674	14.56.47 0.000531601	14.56.47 0.0005...
14.56.47	31.8225	14.51.36 6.6087	14.51.35 58.0202	14.56.47 0.000493189	14.56.47 0.000508209	14.56.47 0.000534265	14.56.47 0.0005...
14.56.46	31.8876	14.51.34 14.2609	14.46.00 55.4038	14.56.46 0.000495661	14.56.46 0.000510756	14.56.46 0.000536843	14.56.46 0.0005...
14.56.46	31.9793	14.46.00 2.0896		14.56.46 0.000499143	14.56.46 0.000514344	14.56.46 0.000540715	14.56.46 0.0005...
14.56.45	32.0453			14.56.45 0.000501645	14.56.45 0.000516922	14.56.45 0.000543425	14.56.45 0.0005...
14.56.45	32.1115			14.56.45 0.000504159	14.56.45 0.000519513	14.56.45 0.000546149	14.56.45 0.0005...
14.56.44	32.1781			14.56.44 0.000506687	14.56.44 0.000522117	14.56.44 0.000548887	14.56.44 0.0005...
14.56.43	32.2585			14.56.43 0.000509236	14.56.43 0.000525266	14.56.43 0.00055219	14.56.43 0.0005...
14.56.43	32.3528			14.56.43 0.000513316	14.56.43 0.000528349	14.56.43 0.000555669	14.56.43 0.0005...
14.56.42	32.4206			14.56.42 0.000515899	14.56.42 0.000531601	14.56.42 0.000558956	14.56.42 0.0005...
14.56.42	32.4888			14.56.42 0.000518475	14.56.42 0.000534265	14.56.42 0.000561658	14.56.42 0.0005...
14.56.41	32.5848			14.56.41 0.000522117	14.56.41 0.000536918	14.56.41 0.000565603	14.56.41 0.0005...
14.56.41	32.6537			14.56.41 0.000524735	14.56.41 0.000540715	14.56.41 0.000568438	14.56.41 0.0005...
14.56.40	32.723			14.56.40 0.000527365	14.56.40 0.000543425	14.56.40 0.000571283	14.56.40 0.0005...
14.56.40	32.7927			14.56.40 0.000530308	14.56.40 0.000546149	14.56.40 0.000574151	14.56.40 0.0005...
14.56.39	32.8768			14.56.39 0.000533138	14.56.39 0.0005489436	14.56.39 0.000577606	14.56.39 0.0005...
14.56.38	32.9755			14.56.38 0.000536943	14.56.38 0.000552296	14.56.38 0.000581664	14.56.38 0.0005...

Рисунок 78 – Окно архивирования

Внешний вид мнемосхемы вентилятора показан на рисунке 79. К элементу привязана переменная pressure1, показывающая работу вентилятора. Окно установки режима служит для оператора как средство задания режима вентиляторов для обеспечения равномерного физического износа который нарастает с увеличением срока эксплуатации. Физический износ – это процесс ухудшения характеристик оборудования во время его эксплуатации под воздействием факторов, частота включения, продолжительность работы, качество обслуживания, коррозия металлических частей, вибрация, критические температуры и другие факторы. Вызов окна установки режима агрегата вспомогательной системы (рисунки 80) осуществляется путем щелчка ЛКМ в зоне окна текущего режима соответствующего агрегата. Программа для выбора режима написана в TraceModena языке ST и представлена в ПРИЛОЖЕНИИ А.

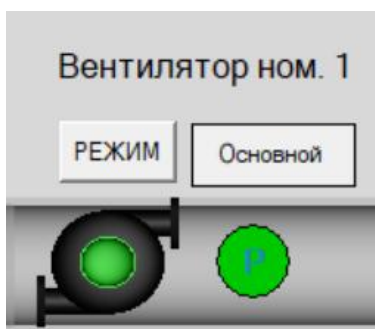


Рисунок 79 – Мнемосхема вентилятора

На мнемосхеме на вентиляторе загорается зеленая лампочка, сигнализирующая о том, что сработал магнитный пускатель. Знак Р указывает есть ли давление в воздухопроводе – зеленый цвет, давление отсутствует – красный цвет.

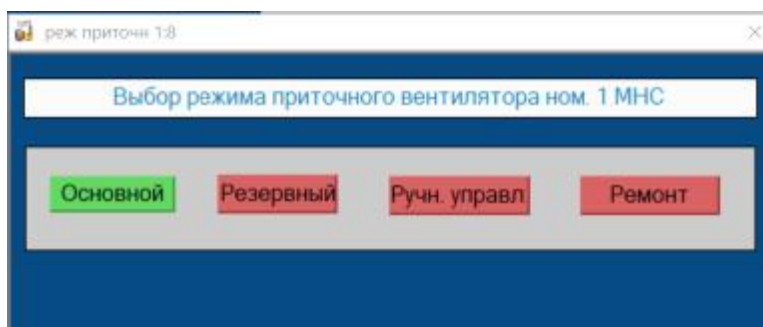


Рисунок 80 – Выбор режима вентилятора

Главный экран, на котором располагаются кнопки задания режима, мнемосхема технологического процесса и показания датчиков показан на рисунке 81.

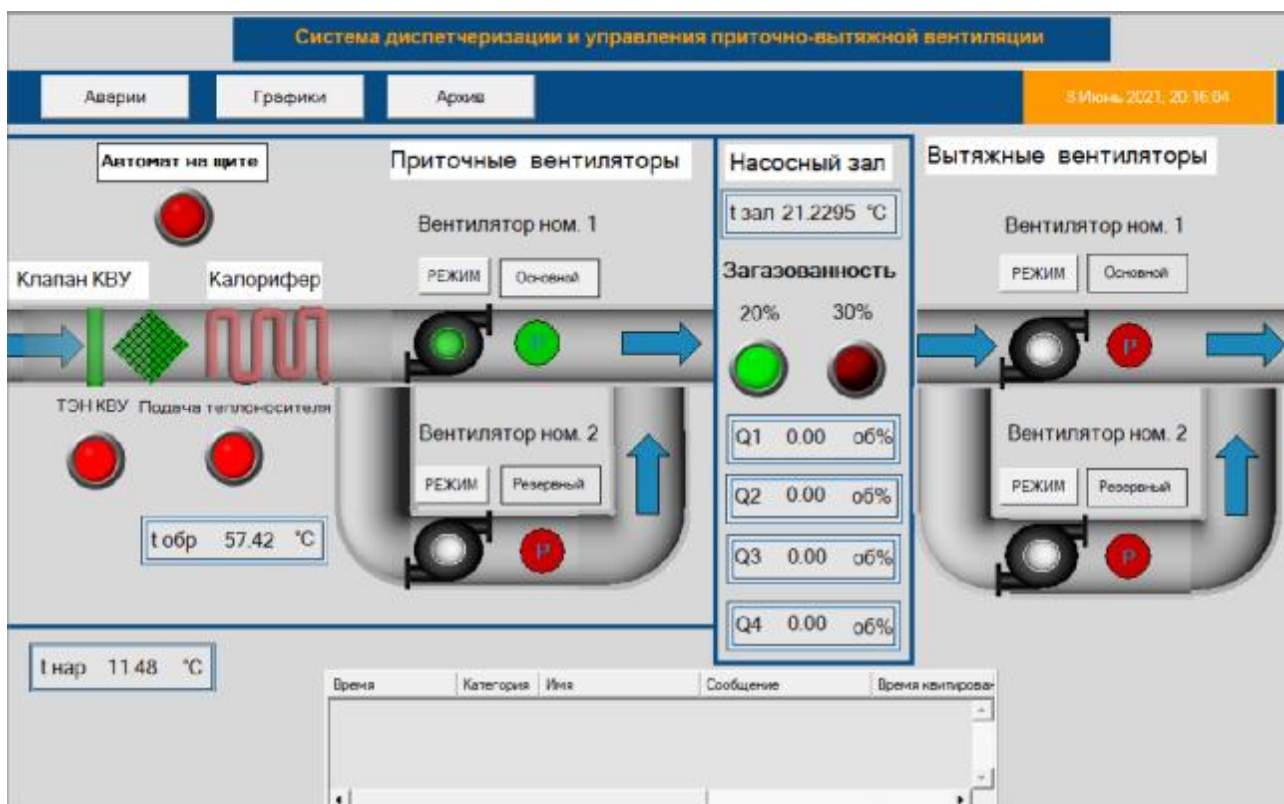


Рисунок 81 – Поле мнемосхемы экрана

На мнемосхемах обычно показывается внутренняя связь объекта для удобной работы оператора. На схеме показана взаимосвязь между параметрами, назначение приборов и органов управления для удобства. Мнемосхема является важнейшим для оператора источником информации о текущих режимах, состояниях системы, о том какие функции выполняет система. Оператору показываются все случаи отклонения от нормы и аварийные ситуации, с помощью которых оператор примет те или иные решения.

На поле мнемосхемы отражается основное оборудование системы вентиляции, сигналы, состояние регулирующих органов. Весь материал, который служит для диспетчеризации расположен в дополнительных окнах, с возможностями максимально быстрого вызова их на главный экран с мнемосхемой.

8 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

8.1 Безопасность системы

При нормировании параметров воздушной среды в помещениях следует исходить из диапазона допустимых параметров температур, относительной влажности, скорости движения воздуха по ГОСТ 12.1.005-88 [1]. Производственные помещения на нефтебазах должны быть оборудованы вентиляцией, обеспечивающей в зоне пребывания работников состояние воздушной среды, соответствующее требованиям СНиП 41-01-2003 [4]. Необходимый воздухообмен в производственных помещениях должен устанавливаться по количеству выделяющихся в помещении вредных веществ, тепла и влаги. Количество выбросов в продуктовых насосных допускается принимать в зависимости от типа применяемых средств перекачки и вида нефтепродукта по нормированным значениям. Температура воздуха в помещении насосной станции должна быть от 5 до 35 °С, относительная влажность воздуха - не более 80% при 25 °С.

Система вентиляции обеспечивает эффективную и безопасную работу насосного отделения МНС без постоянного присутствия обслуживающего персонала на технологических установках. Контроль и управление производится в реальном масштабе времени, круглосуточно. Высшие приоритеты имеют задачи, реализующие функции самодиагностики, автоматической защиты и блокировки, сигнализации аварийного состояния и дистанционного управления.

Системы аварийной вентиляции предусматриваются в производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление в воздух больших количеств вредных или взрывоопасных веществ, в соответствии с требованиями проекта и нормативных документов, утвержденных в установленном порядке. Включение систем аварийной вентиляции следует предусматривать от газоанализаторов, срабатывающих при содержании взрывоопасных паров в воздухе помещений, достигающем 20 % нижнего

концентрационного предела распространения пламени. Газоанализаторы калибруются по пропану (C₃H₈) – органическое вещество класса алканов. Содержится в природном газе, образуется при крекинге нефтепродуктов, при разделении попутного нефтяного газа, «жирного» природного газа, как побочная продукция при различных химических реакциях. Как представитель углеводородных газов пожаро- и взрывоопасен, малотоксичен, не имеет запаха, обладает слабыми наркотическими свойствами. Нижний концентрационный предел распространения пламени НКПР пропана (C₃H₈) - 2,3% об. Производительность аварийной вентиляции должна быть равной восьмикратному воздухообмену в 1 ч по внутреннему объему помещения.

Насосный зал МНС относится ко 2 классу взрывоопасных зон по ГОСТ 30852.9-2002[3]. Зона, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации, а если она возникает, то редко, и существует очень непродолжительное время. При обслуживании технологического оборудования в условиях аварии уровень взрывоопасности зоны может выходить за установленный класс. В таких случаях работы должны проводиться с соблюдением специальных мер безопасности и с применением соответствующего оборудования.

Для аварийной вытяжной вентиляции следует, как правило, использовать:

- основные системы вытяжной вентиляции, если расход воздуха обеспечивает аварийный воздухообмен, с резервными вентиляторами;
- систему аварийной вытяжной вентиляции в дополнение к основным системам, если расход воздуха основных систем не полностью обеспечивает аварийный воздухообмен, с резервными вентиляторами.

Спроектированная система вентиляции достаточна для быстрого рассеивания концентрации и считается вентиляцией высокого уровня. Она обеспечивает мгновенное снижение концентрации газа или пара у источника утечки до величины ниже, чем нижний концентрационный предел воспламенения. При такой вентиляции размеры взрывоопасной зоны пренебрежимо малы. При оценке готовности искусственной вентиляции

необходимо принимать во внимание надежность оборудования и готовность, например, аварийных вентиляторов. Хорошая готовность обеспечивается, так как включается резервный вентилятор при сохранении загазованности 20% от НКПР.

Перед предпусковыми испытаниями вентиляционных установок необходимо проверить:

- правильность установки вентиляционного оборудования, изготовления и монтажа воздухопроводов, каналов, вентиляционных камер, шахт и других устройств, соответствие их проекту;

- надежность крепления вентиляционного оборудования, воздухоотводов и других элементов;

- наличие приспособлений, фиксирующих положение дросселирующих устройств и удобство управления этими устройствами;

- выполнение предусмотренных проектом мероприятий по борьбе с шумом;

- выполнение противопожарных правил, норм и инструкций;

- выполнение специальных требований проекта.

Надежность системы определяется надежностью функциональных подсистем и программного обеспечения. Отказом функции защиты считается невыполнение или неправильное выполнение переключения (отключения) оборудования при наличии аварийной ситуации (выход контролируемого параметра за пределы нормы). Отказом функции управления считается невыполнение или неправильное выполнение принятой команды управления. Отказом отображения считается отсутствие или искажение измеренного значения физической величины на устройстве отображения.

Проектом предусматривается отключение систем вентиляции, закрытие клапана огнезадерживающего противопожарного при возникновении пожара и передается сигнал для дальнейшей обработки всей системы автоматизации на нефтеперекачивающей станции при повышенной загазованности по сигналу приборов выше 30% концентрации НКПР.

8.2 Электробезопасность

Конструкция вентиляторов должна исключать возможность попадания в процессе эксплуатации электрических напряжений на наружные металлические части. Металлические части, доступные для прикосновения к ним при контроле и эксплуатации (включая регламентные работы), которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции не имеют других видов защиты, подлежат защитному заземлению.

Все внешние части устройств, находящиеся под напряжением по отношению к корпусу и (или) общей шине питания, должны иметь защиту от случайных прикосновений персонала при контроле и эксплуатации. Рукоятки органов управления, настройки, регулировки в цепях напряжением свыше 42 В должны быть изготовлены из изоляционного материала или иметь изоляционное покрытие. Устройства, подключаемые к питающей сети или источникам питания с напряжением свыше 42 В, должны иметь сигнализацию, фиксирующую подачу питающего напряжения, должны быть снабжены указателями положения переключателя напряжения, выключатель сети питания должен соответствовать напряжению питающей сети, коммутируемой мощности и обеспечивать двухполюсную коммутацию.

Защитные приспособления цепей с рабочим напряжением, превышающем 42 В, должны иметь надписи или знаки, предупреждающие обслуживающий персонал об опасности.

В чрезвычайных ситуациях должно быть отключено все не требуемое для проведения работ по ликвидации аварии электрооборудование, при возможности остановлены процессы, отсоединены технологические емкости, устранены источники утечки и, если возможно, обеспечена дополнительная вентиляция. В вентиляционных системах для осуществления блокировок, контроля и сигнализации должны использоваться аппараты, приборы и другие устройства, указанные в инструкциях по монтажу и эксплуатации машины, аппарата. Замена их другими изделиями, изменение мест их установки и

подключение без согласования с заводом-изготовителем машины, аппарата не допускаются.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в цепи управления применяется устройство защитного отключения (УЗО).

При пользовании средствами вычислительной техники и периферийным оборудованием каждый работник должен внимательно и осторожно обращаться с электропроводкой, приборами и аппаратами и всегда помнить, что пренебрежение правилами безопасности угрожает и здоровью, и жизни человека.

8.3 Экологичность

Вопросы обеспечения экологической безопасности для инженерных систем получили в настоящее время особую важность в связи с заметными изменениями климата из-за повышения средних температур воздуха, количества и периодичности осадков и т.п. В основном это связано с производительной деятельностью человека. С развитием промышленности, вклад в выбросы ПГ от отходов производства увеличивался, добавилось все

больше искусственных источников, поставляющие в атмосферу ПГ. Поэтому учет экологических факторов при проектировании зданий и сооружений, и обуславливающих их систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха необходим на сегодняшний день. Предназначение систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха заключается в отоплении помещений и удалении из них целого ряда вредных примесей, содержащихся во внутреннем воздухе. Порождая вредное воздействие на окружающую воздушную среду. Эти системы в обязательном порядке должны быть укомплектованы устройством для очистки выбросов в атмосферу от пыли, вредных газов, утилизации тепла.

При проектировании экологически безопасным объектом следует считать, в котором в течении всего срока эксплуатации выполняются следующие условия:

- в атмосферу в минимальных количествах выбрасываются вещества, создающие парниковый эффект, и другие вредные примеси, способствующие, например, выпадению кислотных дождей;
- комплекс в минимальных количествах потребляет энергию всех видов, особенно из невозобновляемых источников;
- в процессе эксплуатации создается минимум твердых или жидких отходов, при сносе здания по истечению срока эксплуатации объемы лома, бетона, пыли и другого строительного мусора также минимальны;
- воздействие на окружающую экосистему минимально;
- максимально близкие к нормам показатели параметров воздуха внутри помещений, биологическая чистота, хорошая акустика, освещение.

Характерным признаком таких строительных проектов является отказ от подхода, когда для достижения вышеуказанных целей применяют инженерное обеспечение максимальной мощности. Для этого подбирается наиболее энергоэффективное оборудование, и система подачи теплоносителя или вытяжные вентиляторы включается только при пиковых нагрузках,

возникающих в наиболее холодные периоды года или при предельной загазованности соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрена электрификация и программное обеспечение для автоматизированной системы приточно-вытяжной вентиляции магистральной насосной станции. В ходе выполнения работы были выбраны исполнительные механизмы: вентиляторы приточные и вытяжные и электродвигатели к ним, клапан воздушный утепленный, клапан запорно-регулирующий, фильтр, калорифер, датчики температуры, давления, газа.

На основании этого была разработана принципиальная электрическая схема управления системой, а также рассчитаны и выбраны автоматические выключатели, электромагнитные пускатели, переключатели, ПЛК, вентиляторы и электроприводы. Также были разработаны эскиз щита управления и функциональная схема автоматизации. Разработанная система управления приточно-вытяжной вентиляцией предусматривает ручной и автоматический режимы.

Созданы программа управления для ПЛК S7-300 на виртуальном контроллере PLCWinNT, SCADA-система и имитационная модель системы приточно-вытяжной вентиляции магистральной насосной станции. Программа управления разработана в программе CoDeSys осуществляет управление и контроль за оборудованием. Предусмотрены программные аварийные блокировки оборудования, контроль датчиков и средств автоматизации. Модель, разработанная в SimulinkMatlab, моделирует технологические процессы и имитирует работу оборудования, датчиков и средств автоматизации. На модели были проработаны и исследованы различные аварийные и рабочие режимы, произведена отладка программ управления.

Протестирована SCADA-система, разработанная в программе TRACEMODEIDE6.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: введ. 1989–01–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 83 с.
- 2 ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Языки программирования: введ. 2017–04–01. – М.: Стандартинформ, 2016 – 511 с.
- 3 ГОСТ 30852.9-2002. Электрооборудование взрывозащищенное. Классификация взрывоопасных зон: введ. 2014–02–15. – М.: Стандартинформ, 2014 – 72 с.
- 4 СНиП 41-01-2003. Строительные нормы и правила РФ. Отопление, вентиляция и кондиционирование: введ. 2004–01–01. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 91 с.
- 5 ВНТП 5-95. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз); введ. 1995–05–01. – 54 с.
- 6 Буйлов, Г.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов: учебно-методическое пособие / Г.П. Буйлов. – СПб.: СПбГТУРП, 2005. – 82 с.
- 7 Ершов, М.С. Выбор оборудования, расчет режимов и параметров релейной защиты и автоматики электротехнических систем насосных и компрессорных станций магистральных трубопроводов: Учеб. пособие / М.С. Ершов, А.Н. Комков. – М.: РГУ нефти и газа им И.М. Губкина, 2018. – 79 с.
- 8 Кокорин, О.Я. Современные системы кондиционирования воздуха / О.Я. Кокорин. – М.: Физматлит, 2003. – 131 с.
- 9 Миркин, М.С. Модернизация системы автоматического управления приточно-вытяжной вентиляцией / Сб. трудов конференции «Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе» // По ред. А.Л. Портнягина. – Тюмень: Изд-во ТИУ. – 2013. – с. 385-388.
- 10 Нестеров, А.Л. Проектирование АСУТП: Метод. пособие. книга 2 / – СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с.

11 Рыбалев А.Н. Имитационное моделирование АСУ ТП. – Благовещенск: АмГУ, 2019. – 406 с.

12 Ягьяева Л.Т. Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляции / Л.Т. Ягьяева, А.А. Ахметханов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т.16, №22. – с. 264-266.

13 Автоматизация производства и программирование контроллеров Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.step7-pro.ru/>. – 03.06.2021.

14 Руководство по эксплуатации Belimo LF230 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blm.msk.ru/wp-content/uploads/files/lf230_lf230_s.pdf. – 15.03.2021.

15 Руководство по эксплуатации ДЗУ-Герда [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gerda.ru/upload/iblock/727/58goz0bqeo1vv0r1okqd5u3ayjsf5x1e/Prospekt-DZU_GERDA-_Redaktsiya-mart-2021_.pdf. – 15.03.2021.

16 Руководство по эксплуатации Belimo LV 230A-TRC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://belimo-m.ru/images/catalog/klapanu-regulirovaniya-vodyanogo-potoka/sedelnye-klapanu/pn-25-dn-15-100/LV..A/LV230ATPC/BELIMO_LV230A-TPC.pdf. – 15.03.2021.

17 Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3 руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ftp.owen.ru/CoDeSys23/06_Documentation/Cds23_Manual_v2.8.pdf. – 22.04.2021.

18 Руководство пользователя TRACE MODE 6 & T-FACTORY. Быстрый старт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adastra.ru/products/rukovod/>. – 02.05.2021.

19 Технические характеристики твердотельного реле SSM1A16BDR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://schneider.center/download-pdf/SSM1A16BDR.pdf>. – 03.06.2021.

20 Чип и Дип [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/>. – 03.06.2021.

21 Schneiderelectric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.schneider-electric.ru>. – 03.06.2021.

22Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru-siemens.com>. – 03.06.2021.

23SIMATIC. Программируемый контроллер S7-300. Данные CPU, CPU 31xС и CPU31х. Справочное руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-300/S7-300_CPU_r.pdf. – 03.06.2021.

24SIMATIC S7. Введение в STEP 7. Руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elinc.ru/Downloads/Siemens/step7_in_manual_ru.pdf. – 03.06.2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ниже приведен список глобальных переменных:

VAR_GLOBAL

(*Выходы модели*)

t_water_obr:REAL;

t_n:REAL;

t_room:REAL;

t_teplo:REAL;

t_pr:REAL;

sensor_gaz1:REAL;

sensor_gaz2:REAL;

sensor_gaz3:REAL;

sensor_gaz4:REAL;

Q_gaz:REAL;

gaz_20:BOOL;

gaz_30:BOOL;

pressure1:BOOL;

pressure2:BOOL;

pressure3:BOOL;

pressure4:BOOL;

(*Релейная схема*)

kzr_valve:BOOL;

kvy_valve:BOOL;

but_openclose_kzr: BOOL;

but_openclose_kvy: BOOL;

PLC_kzr:BOOL;

PLC_kvy:BOOL;

klop_valve:BOOL;

but_openclose_klop: BOOL;

PLC_klop:BOOL;

but_pusk_pr_vent1:BOOL;

but_pusk_pr_vent2: BOOL;

but_pusk_vtzh_vent1:BOOL;

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
but_pusk_vtzh_vent2: BOOL;

but_stop_pr_vent1:BOOL;
but_stop_pr_vent2: BOOL;
but_stop_vtzh_vent1:BOOL;
but_stop_vtzh_vent2: BOOL;

PLC_pr_vent1:BOOL;
PLC_pr_vent2:BOOL;
PLC_vtzh_vent1:BOOL;
PLC_vtzh_vent2:BOOL;

pr_vent1:BOOL;
pr_vent2:BOOL;
vtzh_vent1:BOOL;
vtzh_vent2:BOOL;

but_pusk_ten: BOOL;
but_stop_ten: BOOL;
pusk_ten: BOOL;
PLC_pusk_ten: BOOL;
(*ОБМЕН СО SCADA*)
state1,state2:BYTE; (*то же, что в программе scada*)
state_v1,state_v2:BYTE;
start_auto_scada:BOOL; (*автоматический запуск по ролям*)
(*Формируются в программе по алгоритму*)
start_base, start_reserv:BOOL; (*команды запуска
основного и резервного приточные*)
start_base1, start_reserv1:BOOL; (*команды запуска
основного и резервного вытяжные*)
(*Внутренние переменные*)
t_set:REAL:=5;
t_room_maxi:REAL:=18;
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
t_ob_min:REAL:=10;  
t_room_predel:REAL:=25;  
t_room_min:REAL:=5;  
t_room_max:REAL:=10;  
inflow_vent1:BOOL;  
inflow_vent2:BOOL;  
outflow_vent1:BOOL;  
outflow_vent2:BOOL;  
gaz_alarm:BOOL;  
frost_kalorifer:BOOL;  
air_filter:BOOL;  
reset:BOOL:=FALSE;  
fair:BOOL:=FALSE;  
auto:BOOL:=FALSE;  
mode:BOOL;
```

END_VAR

Программа PLC_PRG:

```
PROGRAM PLC_PRG
```

```
VAR
```

```
END_VAR
```

```
rele;
```

```
WorkPritoch;
```

```
WorkVyatzh;
```

```
KlapanTeplo;
```

Подпрограмма KlapanTeplo:

```
IF auto THEN
```

```
    IF(t_room<t_room_min) OR frost_kalorifer THEN
```

```
        PLC_kzr:=TRUE;
```

```
    END_IF
```

```
    IF (t_room>t_room_max) THEN
```

```
        PLC_kzr:=FALSE;
```

```
    END_IF
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
END_IF

Программа WorkPritoch:
PROGRAM WorkPritoch
VAR
    state: BYTE; (*0- ожидание, 1- подогрев клапана, 2- запуск
и контроль основного вентилятора, 3-запуск и контроль резервного
вентилятора, 4-авария*)
    timerten: TON;
    timer1: TON;
    timer2: TON;
    timerkvy: TON;
END_VAR
CASE state OF
0: (*ожидание*)
    timerten(IN:=FALSE);
    timer2(IN:=FALSE);
    timer1(IN:=FALSE);
    timerkvy(IN:=FALSE);
    IF NOT auto THEN
        PLC_kzr:=PLC_kvy:=PLC_klop:=PLC_pr_vent1:=PLC_vtzh_vent2:
=PLC_pr_vent2:=PLC_vtzh_vent2:=FALSE; (*выкл. выходов*)
    END_IF
    (*Обработка аварий*)
    IF (inflow_vent1 AND inflow_vent2) OR air_filter OR
fair THEN state:=4;
    END_IF
    IF auto THEN (*Переходы в режимы 1, 2*)
        PLC_klop:=TRUE;
        IF (t_n<t_set) THEN
            state:=1;
        ELSE PLC_kvy:=TRUE; state:=2;
        END_IF
    END_IF
END_CASE
END_PROGRAM
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
END_IF
1: (*Прогревклапана*)
timerten(IN:=PLC_pusk_ten, PT:=T#20s);
PLC_pusk_ten:=TRUE;
IF timerten.Q THEN
    PLC_pusk_ten:=FALSE;
    PLC_kvvy:=TRUE;
    state:=2;
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
(*Обработкааварий*)
IF air_filter OR fair THEN
    state:=4;
END_IF
2: (*Запуск и контроль основного вентилятора*)
timer1(IN:= inflow_vent1, PT:=T#10s);
start_base:=TRUE;
start_reserv:=FALSE;
IF timer1.Q THEN
    state:=3;
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
IF (inflow_vent1 AND inflow_vent2) OR air_filter OR fair
THEN
    state:=4;
END_IF
3: (*Запуск и контроль резервного вентилятора*)
timer2(IN:=inflow_vent2 , PT:=T#10s);
start_reserv:=TRUE;
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
start_base:=FALSE;
IFtimer2.QAND NOT inflow_vent1 THEN
    timer2(IN:=FALSE);
    state:=2;
END_IF
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
IF (inflow_vent1 AND inflow_vent2) OR air_filter OR fair
THEN
    state:=4;
END_IF
4: (*Режимаварии*)
    timerkvy(IN:=TRUE, PT:=T#30s);
    start_base:=FALSE;
    start_reserv:=FALSE;
    IF timerkvy.Q THEN
        PLC_kvy:=FALSE;
    END_IF
    IF fair THEN
        PLC_klop:=PLC_pr_vent1:=PLC_vtzh_vent1:=PLC_pr_vent2:=PLC
_vtzh_vent2:=PLC_kzr:=PLC_kvy:=FALSE;
    END_IF
    IF reset THEN
        state:=0;
    END_IF
END_CASE
PLC_pr_vent1:=((state1=3 AND but_pusk_pr_vent1)) OR
((state1=2) AND start_reserv) OR ((state1=1) AND start_base);
PLC_pr_vent2:=((state2=3 AND but_pusk_pr_vent2)) OR
((state2=2) AND start_reserv) OR ((state2=1) AND start_base);
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

Программа WorkVyatzh:

```
PROGRAM WorkVyatzh
VAR
    state:BYTE; (*0-ожидание, 1- работа по температуре
основного вентилятора, 2-работа по температуре резервного
вентилятора, 3-работа по газу основного вентилятора, 4-работа по
газу резервного вентилятора, 5-авария*)
    timer:TON;
    timergaz:TON;
    timer1:TON;
    timer2:TON;
END_VAR
CASE state OF
0: (*Ожидание и обработка ошибок *)
    timer(IN:=FALSE);
    timer1(IN:=FALSE);
    timer2(IN:=FALSE);
    timergaz(IN:=FALSE);
    IF NOT auto THEN
        PLC_kzr:=PLC_kvyy:=PLC_klop:=PLC_pr_vent1:=PLC_vtzh_vent2:
=PLC_pr_vent2:=PLC_vtzh_vent2:=FALSE; (*выкл. выходов*)
    END_IF
    IF (outflow_vent1 AND outflow_vent2) OR fair THEN
        state:=4;
    END_IF
    IF auto THEN
        state:=1;
    END_IF
1: (*работа по температуре основного вентилятора*)
    start_reserv1:=FALSE;
    timer(IN:=FALSE);
    timergaz(IN:=FALSE);
```


Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
IF (t_room>t_room_predel) THEN
    start_base1:=TRUE;
END_IF
IF (t_room<t_room_maxi) THEN
    start_base1:=FALSE;
END_IF
timer1(IN:=outflow_vent1 , PT:=T#10s);
IF timer1.Q THEN
    timer1(IN:=FALSE);
    state:=2;
END_IF
IF gaz_20 THEN
    state:=3;
END_IF
IF (outflow_vent1 AND outflow_vent2) OR fair THEN
    state:=5;
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
2: (*работа по температуре резервного вентилятора*)
start_base1:=FALSE;
IF (t_room>t_room_predel) THEN
    start_reserv1:=TRUE;
END_IF
IF (t_room<t_room_maxi) THEN
    start_reserv1:=FALSE;
END_IF
timer2(IN:=outflow_vent2 , PT:=T#10s);
IF timer2.Q AND NOT outflow_vent1 THEN
    timer2(IN:=FALSE);
    state:=1;
END_IF
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
IFgaz_20 THEN
    state:=3;
END_IF
IF (outflow_vent1 AND outflow_vent2) OR fair THEN
    state:=5;
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
3:(*работа по газу основного вентилятора*)
timer1(IN:=outflow_vent1, PT:=T#10s);
start_base1:=TRUE;
timer(IN:=NOT gaz_20, PT:=t#40s);
timergaz(IN:=gaz_20, PT:=t#1m);
IF timergaz.Q OR timer1.Q OR gaz_30 THEN
    state:=4;
END_IF
IF timer.Q THEN
    state:=1;
END_IF
IF NOT auto THEN
    state:=0;
END_IF
IF (outflow_vent1 AND outflow_vent2) OR fair THEN
    state:=5;
END_IF
4:(*работа по газу резервного вентилятора*)
timer1(IN:=FALSE);
timer2(IN:=outflow_vent2 , PT:=T#10s);
start_reserv1:=TRUE;
IF NOT gaz_20 THEN
    start_reserv1:=FALSE;
    state:=1;
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
END_IF
IF timer2.Q AND NOT outflow_vent1 THEN
timer2(IN:=FALSE);
state:=3;
END_IF
IF NOT auto THEN
state:=0;
END_IF
IF (outflow_vent1 AND outflow_vent2) OR fair THEN
state:=5;
END_IF
5: (*Режимавария*)
start_basel:=FALSE;
start_reserv1:=FALSE;
IF fair THEN
PLC_klop:=PLC_pr_vent1:=PLC_vtzh_vent1:=PLC_pr_vent2:=PLC
_vtzh_vent2:=PLC_kzr:=PLC_kvvy:=FALSE;
END_IF
IF reset THEN
state:=0;
END_IF
END_CASE
IF gaz_30 THEN gaz_alarm:=TRUE;
END_IF
PLC_vtzh_vent1:=((state_v1=3 AND but_pusk_vtzh_vent1)) OR
((state_v1=2) AND start_reserv1) OR ((state_v1=1) AND
start_basel);
PLC_vtzh_vent2:=((state_v2=3 AND but_pusk_vtzh_vent2)) OR
((state_v2=2) AND start_reserv1) OR ((state_v2=1) AND
start_basel);
```

Программа выбора режима в TraceMode:

PROGRAM

```
VAR_INOUT state1 : USINT; END_VAR
```

```
VAR_INOUT state2 : USINT; END_VAR
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
VAR_OUTPUT state1_VALUE : USINT; END_VAR
```

```
VAR_OUTPUT state2_VALUE : USINT; END_VAR
```

```
IF prev1==1 AND state2 == 1 THEN
```

```
state1=2;
```

```
state2=1;
```

```
ELSIF prev1==2 AND state2 == 2 THEN
```

```
state1=1;
```

```
state2=2;
```

```
ELSIF prev2==1 AND state1 == 1 THEN
```

```
state1=1;
```

```
state2=2;
```

```
ELSIF prev2==2 AND state1 == 2 THEN
```

```
state1=2;
```

```
state2=1;
```

```
ELSIF prev2==2 AND state1 > 2 THEN
```

```
state2=1;
```

```
ELSIF prev1==2 AND state2 > 2 THEN
```

```
state1=1;
```

```
END_IF;
```

```
prev1=state1;
```

```
prev2=state2;
```

```
state1_VALUE=state1;
```

```
state2_VALUE=state2;
```

```
END_PROGRAM
```

```
PROGRAM
```

```
VAR_OUTPUT state_v1_VALUE : USINT; END_VAR
```

```
VAR_OUTPUT state_v2_VALUE : USINT; END_VAR
```

```
VAR_INOUT state_v1 : USINT; END_VAR
```

```
VAR_INOUT state_v2 : USINT; END_VAR
```

```
IF prev1==1 AND state_v2 == 1 THEN
```

```
state_v1=2;
```

```
state_v2=1;
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
ELSIFprev1==2 ANDstate_v2 == 2 THEN
```

```
state_v1=1;
```

```
state_v2=2;
```

```
ELSIF prev2==1 AND state_v1 == 1 THEN
```

```
state_v1=1;
```

```
state_v2=2;
```

```
ELSIF prev2==2 AND state_v1 == 2 THEN
```

```
state_v1=2;
```

```
state_v2=1;
```

```
ELSIF prev2==2 AND state_v1 > 2 THEN
```

```
state_v2=1;
```

```
ELSIF prev1==2 AND state_v2 > 2 THEN
```

```
state_v1=1;
```

```
END_IF;
```

```
prev1=state_v1;
```

```
prev2=state_v2;
```

```
state_v1_VALUE=state_v1;
```

```
state_v2_VALUE=state_v2;
```

```
END_PROGRAM
```