

**Министерство образования и науки 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

Профиль: Автоматизация технологических процессов и производств в  
энергетике

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко


« 28 » июня 2018 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизированная система управления приточно-вытяжной венти-  
ляцией производственного помещения (комплексная выпускная квалификаци-  
онная работа)

Исполнитель

студент группы 441 об

  
28.06.18  
подпись, дата

С.В. Тищенко

Руководитель


доцент, канд. техн. наук

  
28.06.18  
подпись, дата

М.Д. Штыкин

Консультант по безопасности и  
экологичности

доцент, канд. техн. наук

  
19.06.2018  
подпись, дата

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р техн. наук

  
26.06.18  
подпись, дата

О.В. Скрипко

Благовещенск 2018

Министерство образования и науки 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

 О.В. Скрипко

« 28 » ноя 2018 г.

**ЗАДАНИЕ**

К выпускной квалификационной работе студента Тищенко Сергея Владимировича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляции производственного помещения (комплексная выпускная квалификационная работа)

(утверждена приказом от 09.04.18 №772-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 15.06.18

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Отчет по практике, сведения полученные на предприятии, СанПиН 2.2.4.548-96.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Функциональная схема автоматизации;

2) Принципы регулирования приточно-вытяжной вентиляции;

3) Расчет регуляторов;

4) Разработка программы управления;

5) Разработка SCADA – система;

6) Ввод в эксплуатацию;

7) Безопасность и экологичность.

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Функциональная схема автоматизации

Лист 2: Регулирования давления

Лист 3: Регулирования температуры


Лист 4: Модель системы автоматизации

Лист 5: Программа управления и SCADA – система


Лист 6: Отладка программы

6. Консультант по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) доцент, канд.техн.наук Булгаков А.Б.

7. Дата выдачи задания 10.03.18

Руководитель выпускной квалификационной работы: Штыкин Михаил Дмитриевич, доцент, канд.тех.наук 

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 10.03.18 

(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 135 с., 115 рисунков, 1 таблицу, 12 источников, 20 формул, 10 приложений.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО, ПИ, ПИД, АЦП, ЦАП, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ, ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.

Цель выпускной квалификационной работы разработка автоматизированной системы управления проточно-вытяжной вентиляции производственных помещений, а именно расчет регуляторов основных контролируемых параметров, разработка программы управления и разработка автоматизированного рабочего места для работы оператора контролирующего правильную работу всех механизмов и регулируемых параметров, а так же фиксирующего аварийные режимы.

В работе рассматриваются методы расчета регуляторов имея разгонную характеристику объекта и определены принципы регулирования основных параметров.

Так же в работе проводится анализ системы при вводе ее в эксплуатацию на производственный объект.

## СОДЕРЖАНИЕ

Ведение.....	8
1 Функциональная схема автоматизации.....	9
1.1 Основные элементы функциональной схемы .....	9
1.2 Состав функциональной схемы: .....	10
2 Принципы регулирования приточно-вытяжной вентиляции .....	14
2.1 Регулирование расхода воздуха.....	14
2.2 Регулирование температуры .....	14
2.3 Регулирование влажности .....	15
3 Расчет регуляторов.....	16
3.1 Определения передаточной функции объекта давления.....	16
3.2 Расчет регулятора объекта давления.....	23
3.3 Определение передаточной функции объекта температуры.....	27
3.4 Расчет регулятора объекта температуры .....	34
4 Разработка программы управления .....	42
4.1 Разработка модели приточно-вытяжной вентиляции в Simulink .....	42
4.2 Разработка алгоритма программы .....	48
4.3 Разработка исходного текста программы .....	50
4.3.1 Главная программа управления .....	51
4.3.2 Подпрограмма фиксирования аварийного режима .....	59
4.3.3 Подпрограмма функционального блока трехпозиционного реле.....	60
4.3.4 Подпрограмма регулятора калорифера.....	63
4.3.5 Подпрограмма регулятора приточного вентилятора.....	64
4.3.6 Подпрограмма управления дросселями в TRACEMODE .....	66
4.4 Разработка операторской панели.....	66
4.5 Отладка программы управления.....	70
5 Разработка SCADA - системы.....	74
5.1 Разработка интерфейса SCADA -системы.....	74
5.2 Настройка связи с контроллером.....	77

5.3 Привязка переменных к компонентам интерфейса .....	78
5.4 Отладка работы системы .....	86
6 Ввод в эксплуатацию .....	89
7 Безопасность и экологичность .....	95
7.1 Безопасность .....	95
7.2 Экологичность .....	99
7.3 Чрезвычайные ситуации .....	101
Заключение.....	103
Библиографический список.....	104
Приложение А.....	106
Приложение Б .....	111
Приложение В.....	112
Приложение Г .....	113
Приложение Д.....	114
Приложение Е .....	115
Приложение Ж.....	116
Приложение К.....	117
Приложение Л.....	118
Приложение М.....	119

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ ТП – Автоматизированная система управления технологическим процессом.

ФСА – Функциональная схема автоматизации.

АРМ – Автоматизированное рабочее место.

ПИ – Пропорционально интегральный закон регулирования.

ПИД – Пропорционально интегрально дифференциальный закон регулирования.

ЦАП – Цифро-аналоговый преобразователь.

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь.

САР – Система автоматического регулирования.

ПХ – Переходная характеристика.

## ВВЕДЕНИЕ

Главной целью данной выпускной работы является проектирование приточно-вентиляционной системы. Одна из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции - определение воздухообмена, т. е. количество вентиляционного воздуха, требуемого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещений согласно СанПиН[12].

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях [2]. Основное назначение вентиляции - удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого воздуха. Благодаря чему в рабочей зоне создаются необходимые благоприятные условия воздушной среды [11].

АСУ ТП – это комплекс решения технических и программных средств предназначенный для управления технологическим оборудованием. Под АСУ ТП часто подразумевается целостное решение, обеспечивающее автоматизацию одного участка технологического процесса либо комплекса в целом.

Понятие автоматизированный применим к системам где обязательно есть участие человека, оператора технологическим процессом. Работа оператора заключается в работе с человеко-машинным интерфейсом НМІ.

Требования к приточно-вытяжной вентиляции формируются исходя из санитарных норм. После определяются альтернативные способы регулирования требуемых параметров, после утверждения концепции, проект переходит в стадию разработки технического задания. Далее разрабатывается техническая часть проекта. После разработки технической части проекта, разрабатываются программные средства, а так же разработка рабочей документации и конфигурации оборудования. Последним этапом является ввод в эксплуатацию, при которой выполняется отладка системы и выявление неисправностей.



## 1 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема автоматизации определяет функциональную структуру, объем автоматизации технологических установок, а так же отдельных агрегатов промышленного объекта. На ФСА схематически изображаются: технологическое оборудование, коммуникации, органы управления и средства автоматизации, при этом так же указываются связи между технологическим оборудованием и средствами автоматизации.

Средства автоматизации и технологическое оборудование на ФСА изображаются упрощенно, без соблюдения масштаба.






Разработка функциональной схемы автоматизации производится в соответствии с ГОСТ 21.404–85 [4].

Учитывая все то, что было сказано выше, была разработана функциональная схема. Данная схема представлена на листе №1.

### 1.1 Основные элементы функциональной схемы

При разработке функциональной схемы были использованы следующие элементы, таблица №1 – Основные элементы функциональной схемы.

Таблица №1 - Основные элементы функциональной схемы

Условное графическое обозначение	Наименование
	Концевой выключатель верхнего уровня
	Концевой выключатель нижнего уровня
	Электрический привод
	Датчик температуры
	Датчик перепада давления

	Датчик давления
	Датчик положения аналоговый
	Датчик нижнего уровня
	Датчик влажности
	Электромагнитный пускатель
	Кнопка
HL1 	Сигнализационная лампа
	Насос
	Трехходовой запорно-регулирующий клапан
	Компрессор
	Вентилятор
	Приточно-вытяжной вентилятор
	Преобразователь частоты

### 1.2 Состав функциональной схемы:

1. Датчик давления на выходе вытяжного вентилятора 59;
2. Электропривод дросселя вытяжного воздуховода, для перекрытия системы вентиляции в нерабочем режиме;
3. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя вытяжного воздуховода;
4. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя вытяжного воздуховода;
5. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя приточного воздуховода;

6. Концевой выключатель среднего уровня дросселя приточного воздуховода;
7. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя приточного воздуховода;
8. Датчик влажности производственного помещения;
9. Концевой выключатель нижнего уровня рециркуляционного дросселя;
10. Концевой выключатель среднего уровня рециркуляционного дросселя;
11. Концевой выключатель верхнего уровня рециркуляционного дросселя;
12. Ультрафиолетовая лампа для бактерицизации воздуха;
13. Датчик давления для измерения давления перед фильтром;
14. Фильтр;
15. Датчик давления для измерения давления после фильтра;
16. Датчик давления всаса компрессора;
17. Испаритель, для охлаждения воздуха в приточном воздуховоде
18. Датчик температуры на поверхности испарителя;
19. Датчик давления нагнетания компрессора;
20. Концевой выключатель нижнего уровня регулирующего дросселя;
21. Датчик температуры масла в компрессоре;
22. Конденсатор;
23. Датчик RCS;
24. Датчик нижнего уровня масла компрессора;
25. Датчик INT;
26. Вентилятор конденсатора;
27. Насос калорифера;
28. Калорифер;
29. Датчик температуры воздуха после калорифера;
30. Трехпозиционный запорно-регулирующий клапан;

31. Электропривод трехпозиционного запорно-регулирующего клапана 30;
32. Аналоговый датчик положения трехпозиционного запорно-регулирующего клапана 30;
33. Электропривод рециркуляционного дросселя;
34. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя приточного воздухопровода, производственного помещения;
35. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя приточного воздухопровода, производственного помещения;
36. Датчик давления после приточного вентилятора;
37. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя приточного воздухопровода, упаковочного цеха;
38. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя приточного воздухопровода, упаковочного цеха;
39. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя приточного воздухопровода, склада готовой продукции;
40. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя приточного воздухопровода, склада готовой продукции;
41. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя приточного воздухопровода, формирования погрузки;
42. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя приточного воздухопровода, формирования погрузки;
43. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя вытяжного воздухопровода, формирования погрузки;
44. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя вытяжного воздухопровода, формирования погрузки;
45. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя вытяжного воздухопровода, склада готовой продукции;
46. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя вытяжного воздухопровода, склада готовой продукции;

47. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя вытяжного воздуховода, упаковочного цеха;
48. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя вытяжного воздуховода, упаковочного цеха;
49. Концевой выключатель верхнего уровня дросселя вытяжного воздуховода, производственного помещения;
50. Концевой выключатель нижнего уровня дросселя вытяжного воздуховода, производственного помещения;
51. Электропривод дросселя вытяжного воздуховода, производственного помещения;
52. Электропривод дросселя вытяжного воздуховода, упаковочного цеха;
53. Электропривод дросселя вытяжного воздуховода, склада готовой продукции;
54. Электропривод дросселя вытяжного воздуховода, формирования погрузки;
55. Электропривод дросселя приточного воздуховода, производственного помещения;
56. Электропривод дросселя приточного воздуховода, упаковочного цеха;
57. Электропривод дросселя приточного воздуховода, склада готовой продукции;
58. Электропривод дросселя приточного воздуховода, формирования погрузки;
59. Вытяжной вентилятор;
60. Приточный вентилятор;
61. Электропривод дросселя приточного воздуховода, для перекрытия системы вентиляции в нерабочем режиме;

## 2 ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

В приточно-вытяжной вентиляции необходимо поддерживать заданную температуру в помещении, влажность и расход воздуха.

### 2.1 Регулирование расхода воздуха

Для поддержания необходимого общего расхода воздуха используется приточный вентилятор, который должен создать избыточное давление сети для преодоления статического давления сети и при этом обеспечить необходимым суммарным количеством воздуха. Регулирование расхода воздуха организуется при помощи ПИ-закона регулирования по давлению создаваемым вентилятором, необходимое давление определяется по аэродинамической характеристике вентилятора.

Для обеспечения расчетного количества воздуха в каждом помещении используются дроссели, при открытии дросселей на определенный угол можно регулировать необходимый расход воздуха. Для этого экспериментальным путем устанавливается, в какое положение необходимо привести дроссель для необходимого расхода воздуха и согласно этому выставить конечный выключатель, соответствующий данному положению.

### 2.2 Регулирование температуры

Температура в сети регулируется кондиционерной установкой и водяным калорифером.

Для уменьшения температуры воздуха используется холодильная установка, в комплекс которой входит компрессор который сжимает хладагент повышая его температуру для перехода его из одного агрегатного состояния в другое, вентилятор установленный на конденсаторе, для обдувки его воздухом, и соленоид который используется для перекрытия трубопровода. При работе компрессора и вентилятора на конденсаторе хладагент переходит из одного агрегатного состояния в другое, проходя через испаритель он имеет низкую температуру, тем самым с помощью поверхности испарителя происходит теплооб-

мен между хладагентом низкой температуры и воздуха имеющим более высокую температуру. Регулирование температуры в этом случае происходит по двухпозиционному принципу, то есть установка работает до тех пор, пока значение температуры не станет равным заданному значению температуры.

Для увеличения температуры используется водяной калорифер, исполнительным механизмом которого является трехходовой клапан, который регулирует температуру теплоносителя, подаваемого в калорифер путем подмешивания более холодной жидкости в более горячую, за счет чего происходит теплообмен. Для регулирования температуры калорифером будет применен ПИ-закон регулирования.

### **2.3 Регулирование влажности**

Регулирование влажности происходит под средством охлаждения воздуха на поверхности испарителя кондиционерной установки, при попадании воздуха на поверхность температура, которой равна температуре «росы» от 2 градусов и ниже, часть воздуха конденсируется от чего снижается его влажность. Конденсат стекает с поверхности испарителя в дренаж, это исключает намерзания льда на поверхности испарителя. Таким образом регулирование происходит по двухпозиционному закону, при значении влажности превышающее заданное значение влажности, кондиционерная установка начинает работать до тех пор пока температура поверхности испарителя не станет равной 2 градуса после чего прекращает работу, это будет происходить пока значение влажности не установится ниже заданного значения влажности.

## 3 РАСЧЕТ РЕГУЛЯТОРОВ

### 3.1 Определения передаточной функции объекта давления

Объектом давления является вентилятор.

Для расчет регулятора необходимо знать математическое описание объекта управления, для этого можно использовать разгонную характеристику [1].

Разгонная характеристика представляет собой графическое описание реакции объекта управления на внешнее воздействие. Разгонную характеристику можно получить в виде массива  $Y$  и  $T$ , где значения массива  $Y$  будут соответствовать значению отклика объекта управления, а значения массива  $T$  будут соответствовать значениям времени. Получив два массива, они вводятся в программу MATLAB, далее по этим данным строится график.

Имеется разгонная характеристика вентилятора (рис.3.1) при воздействие на его привод частоты 1 Гц, при этом его реакцией считается давление, создаваемое вентилятором.

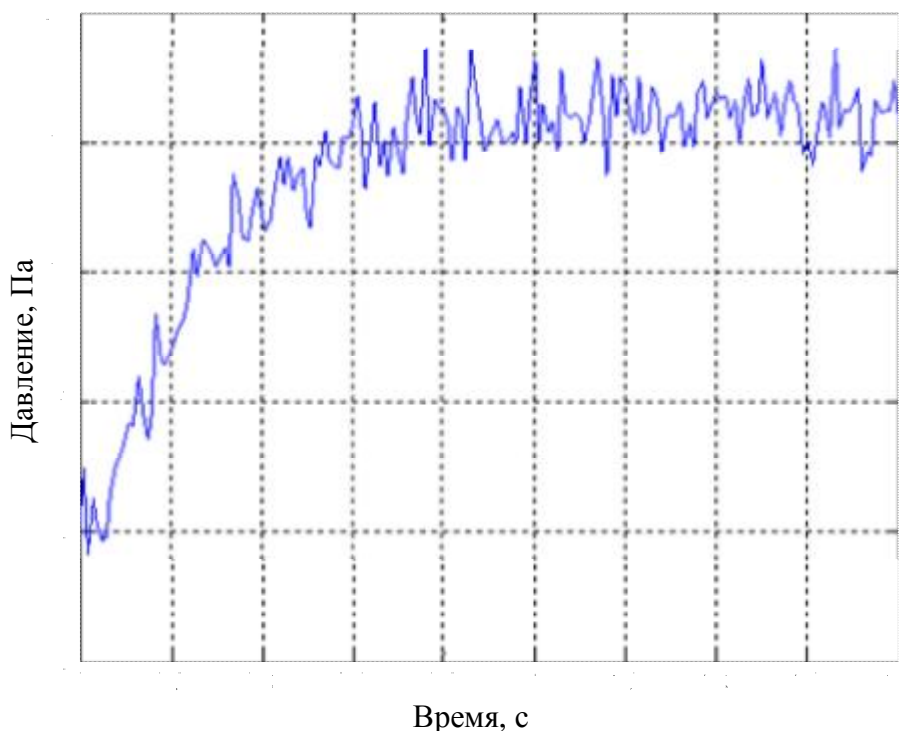


Рисунок 3.1 – Разгонная характеристика вентилятора



Из графика (рис.3.1) видно, что коэффициент передачи объекта управления приближенно равен 16,2.

Далее разгонная характеристика нормируется, для этого необходимо разделить значение входного воздействия на коэффициент передачи (3.1).

$$k_u = \frac{U}{k} \quad (3.1)$$

где  $U$  – управляющие воздействие;

$k$  – коэффициент передачи;

$k_u$  – коэффициент усиления.

$$k_u = \frac{1}{16,2} = 0,062$$

Далее умножается массив  $Y$  на 0,062 (рис.3.2) и снова строится график (рис.3.3).

```
y1=y*0.062  
figure(2);  
plot(t,y1),grid;
```

Рисунок 3.2 – Нормирование разгонной характеристики

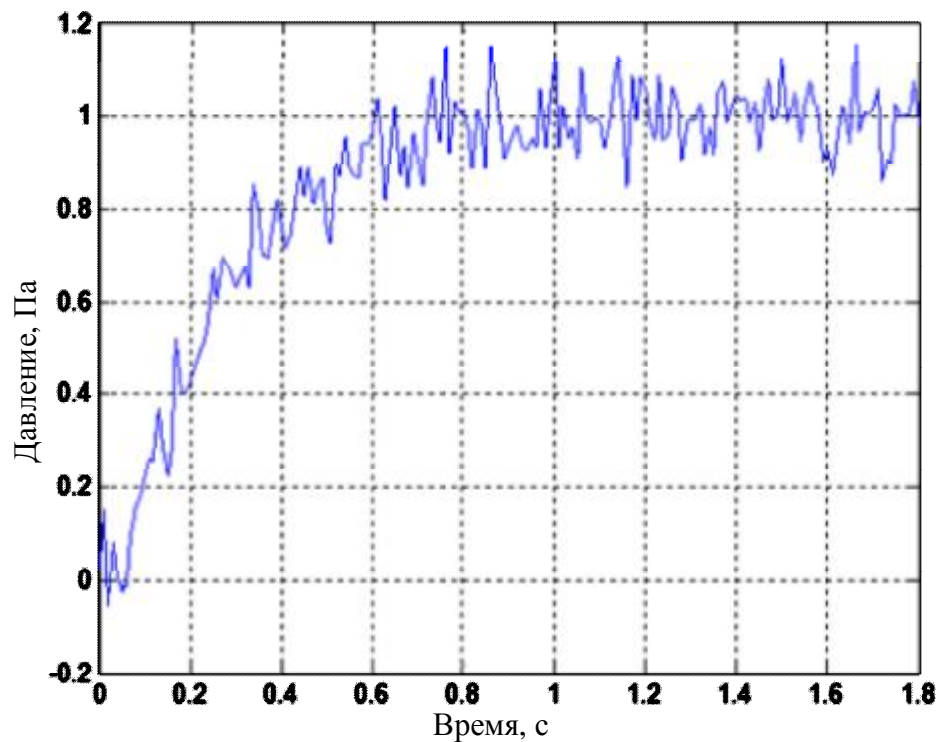


Рисунок 3.3 – Нормированная разгонная характеристика

Далее нужно отфильтровать разгонную характеристику, для этого можно воспользоваться экспоненциальным сглаживанием (рис.3.4). Коэффициент  $\alpha$  примем равным 0,3.

```

alfa=.3;
B=[alfa];
A=[1 -1+alfa];
y4=filtfilt(B,A,y1);
y5=filtfilt(B,A,y4);
y6=filtfilt(B,A,y5);
y7=filtfilt(B,A,y6);
y8=filtfilt(B,A,y7);
y9=filtfilt(B,A,y8);

```

Рисунок 3.4 – Фильтрация разгонной характеристики

Далее необходимо построить график (рис.3.6) отфильтрованной разгонной характеристики (рис.3.5).

```
figure(5);  
plot(t,y9),grid;
```

Рисунок 3.5 – Построения отфильтрованной разгонной характеристики

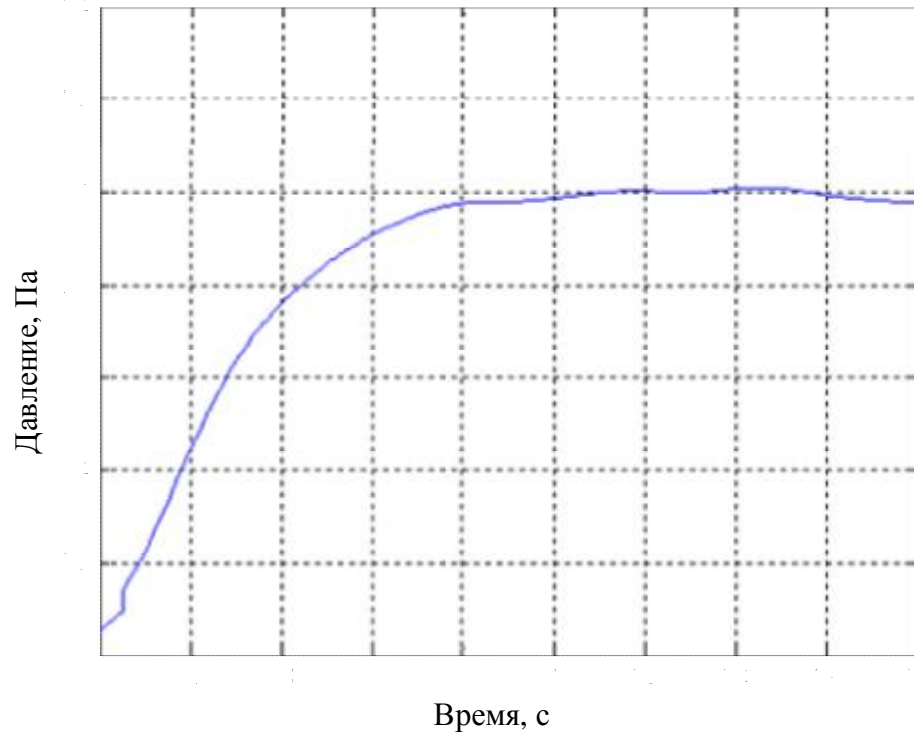


Рисунок 3.6 – Отфильтрованная разгонная характеристика

После обработки кривой разгона необходимо определить ее передаточную функцию для этого подходит формульный метод.

Передаточная функция будет иметь вид (3.2).

$$W(p) = \frac{ke^{-tp}}{Tp + 1} \quad (3.2)$$

где  $k$  – коэффициент передачи;

$T$  – постоянная времени.

Для начало необходимо определить две точки перегиба и провести к ним касательную, в точке соприкосновения касательной и разгонной характеристики необходимо определить координаты,  $h_a, t_a, h_b, t_b$  (рис.3.7), (рис.3.8).

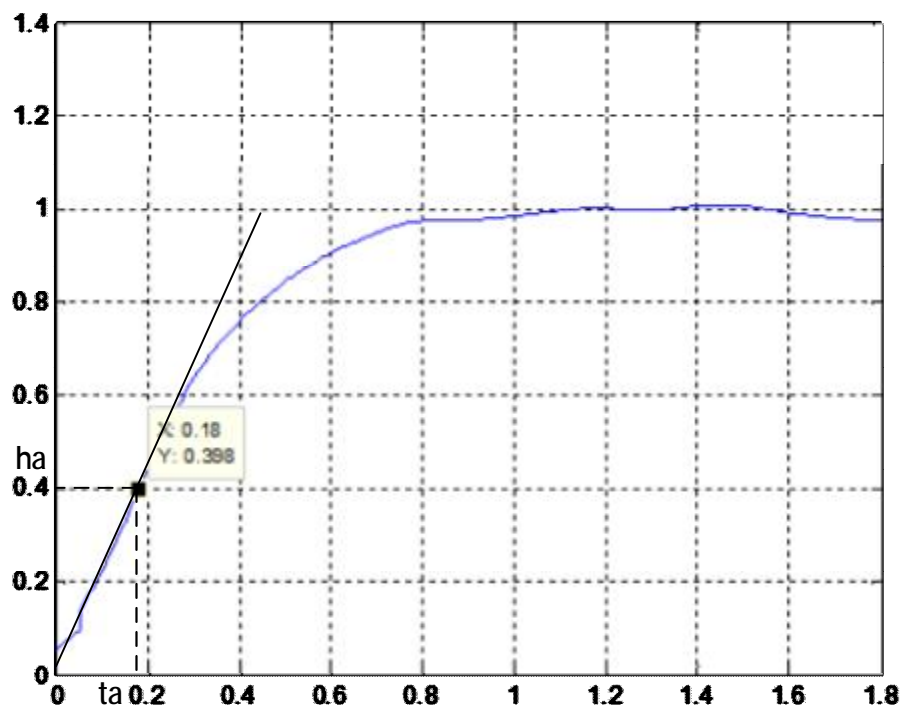


Рисунок 3.7 – Определение первой точки перегиба

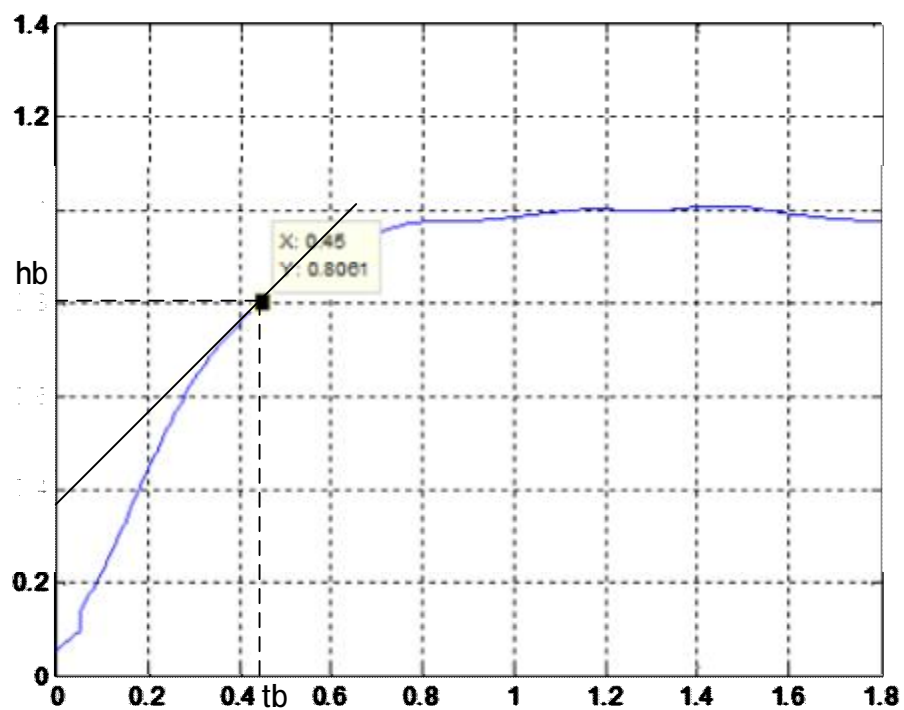


Рисунок 3.8 – Определение второй точки перегиба

$$h_a = 0,4$$

$$t_a = 0,18$$

$$h_b = 0,8$$

$$t_b = 0,45$$

В первую очередь нужно определить величину запаздывания (3.3).

$$t_d = \frac{t_b \cdot \ln(1 - h_a) - t_a \cdot \ln(1 - h_b)}{\ln(1 - h_a) - \ln(1 - h_b)} \quad (3.3)$$

где  $t_b$  – время в второй точки перегиба;

$h_b$  – амплитудное значение в второй точки перегиба;

$t_a$  – время в первой точки перегиба ;

$h_a$  – амплитудное значение в первой точки перегиба.

$$t_d = \frac{0,45 \cdot \ln(1 - 0,4) - 0,18 \cdot \ln(1 - 0,8)}{\ln(1 - 0,4) - \ln(1 - 0,8)} = 0,08$$

Следующим шагом определить величину постоянной времени (3.4).

$$T = -\frac{t_a - t_d}{\ln(1 - h_a)} \quad (3.4)$$

где  $t_a$  – время в первой точки перегиба;

$t_d$  – запаздывание;

$h_a$  – амплитудное значение в первой точки перегиба.

$$T = -\frac{0,18 - 0,08}{\ln(1 - 0,4)} = 0,2$$

В результате записывается передаточная функция объекта (3.5).

$$W(p) = \frac{e^{-0,08p}}{0,2p + 1} \quad (3.1)$$

Поскольку ПФ была нормирована ее нужно умножить на коэффициент передачи (3.6).

$$W(p) = \frac{16,2e^{-0,08p}}{0,2p+1} \quad (3.6)$$

Для проверки строится переходная характеристика объекта (рис.3.10) в MATLAB (рис.3.9).

```
w1 = tf(16.2, [0.2 1]);  
w1.InputDelay = 0.08;  
figure(6)  
step(w1), grid
```

Рисунок 3.9 – Построение переходной характеристики объекта управления в MATLAB

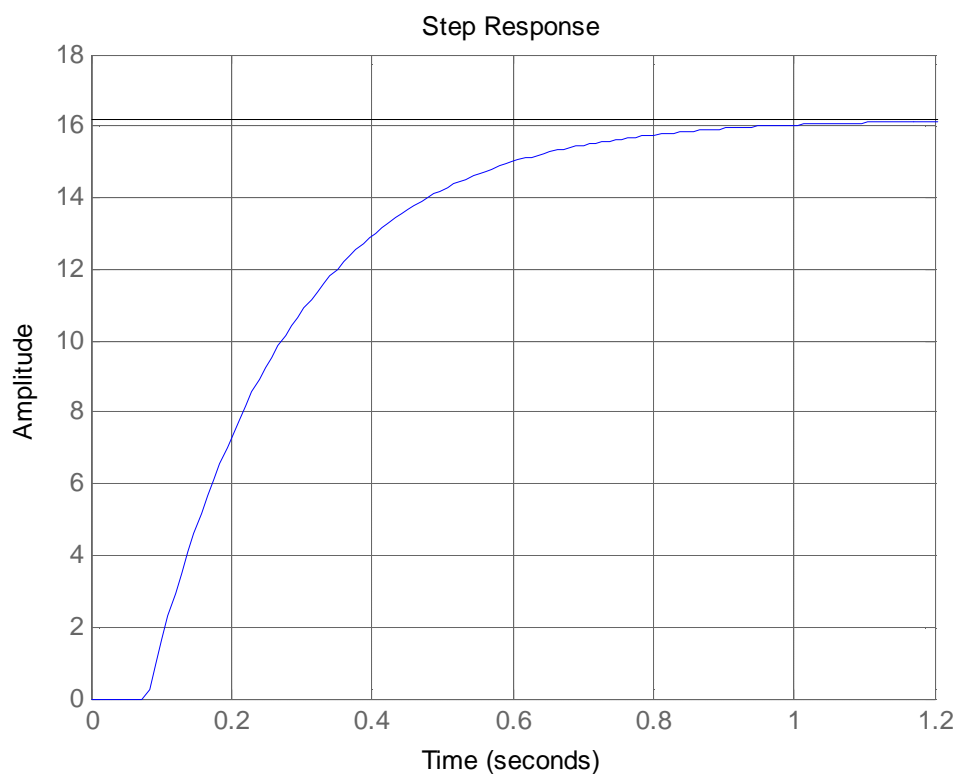


Рисунок 3.10 – Переходная характеристика объекта

### 3.2 Расчет регулятора объекта давления

В качестве регулятора будет использован ПИ-закон регулирования. Для определения его параметров, а именно пропорционального коэффициента и интегрального коэффициента воспользуемся возможностями программного обеспечения MATLAB вызвав пакет `pidtool` импортируя передаточную функцию вентилятора W1 которая была введена ранее (рис.3.11).

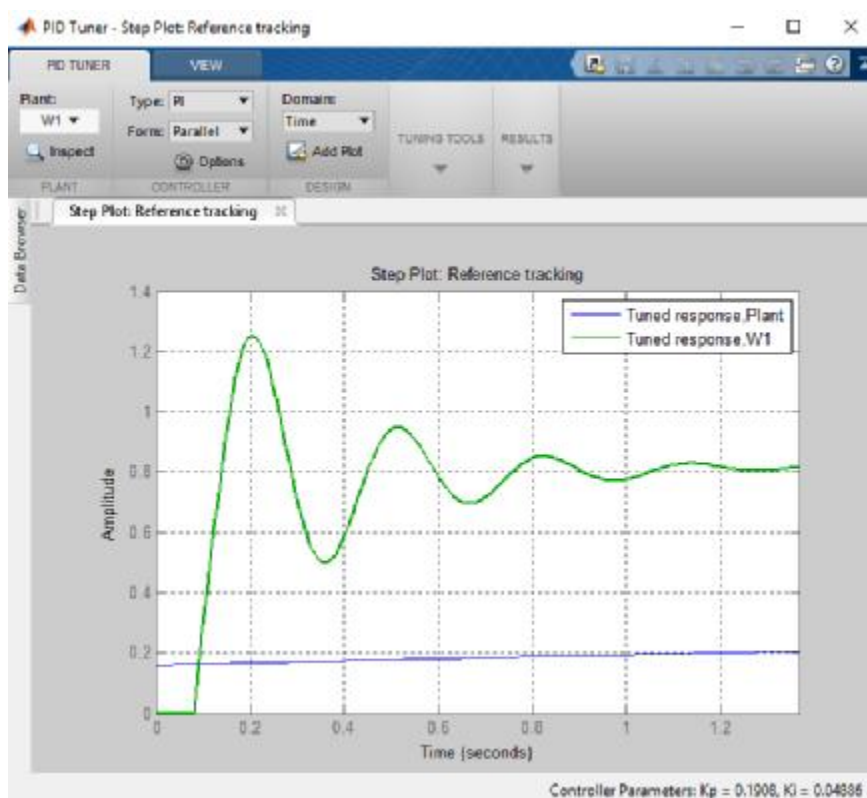


Рисунок 3.11 – Окно функции `pidtool`

Такая настройка регулятора не удовлетворительна, поэтому используя ползунки `ResponseTime` и `TransientBehavior` находящиеся в вкладке `Tuningtools` подбираются оптимальные настройки регулятора. Проведя настройки, определены коэффициент усиления (3.7) и интегральный коэффициент (3.8) (рис.3.12).

$$k_p = 0,034 \quad (3.7)$$

$$k_i = 0,057 \quad (3.8)$$

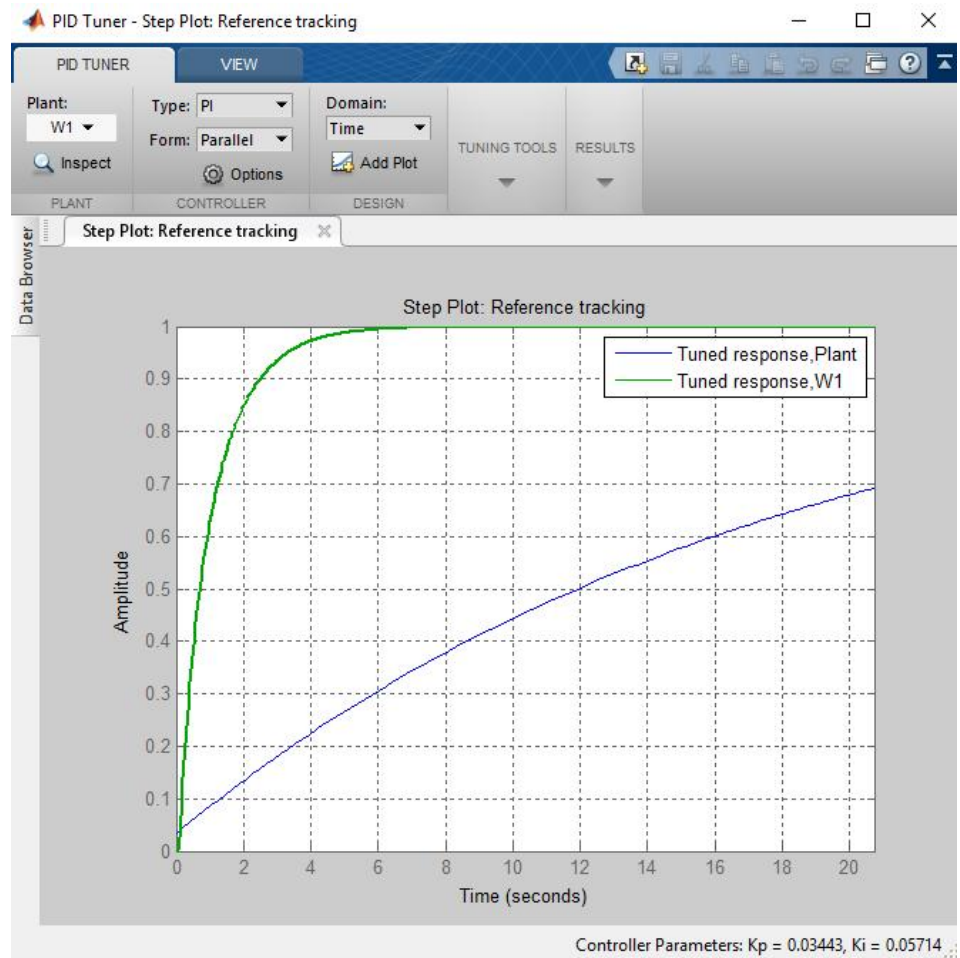


Рисунок 3.12 – Настройка ПИ регулятора

Когда регулятор настроен и известны его параметры, значения которых расположены в нижнем правом углу окна строится модель объекта и регулятора в Simulink (рис.3.13). При построении модели необходимо ввести ЦАП и АЦП поскольку регулятор будет реализован на цифровом устройстве, и необходимо убедиться в том, что в этих условиях он будет работать стабильно и правильно. В качестве АЦП и ЦАП будет использован блок «zoh» - экстраполятор нулевого порядка.



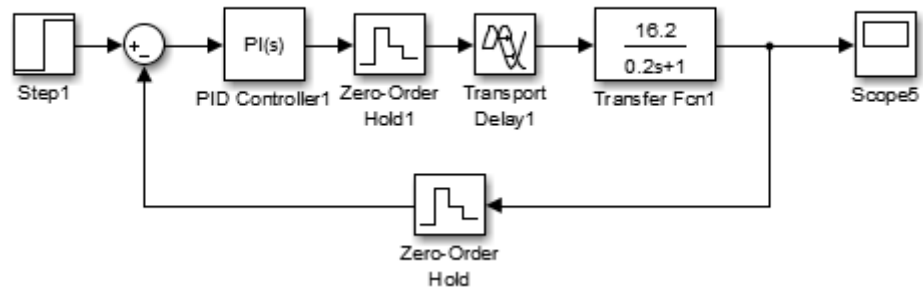


Рисунок 3.13 – Модель САУ с ЦАП и АЦП

В модели задаются параметры объекта, задание равное 1 Па, параметры регулятора (рис.3.14) и шаг дискретизации АЦП и ЦАП равный 0,2.

Proportional (P):	0.034
Integral (I):	0.057

Рисунок 3.14 – Параметры ПИ регулятора

В результате моделирование определяется переходная характеристика системы автоматического регулирования (рис.3.15).

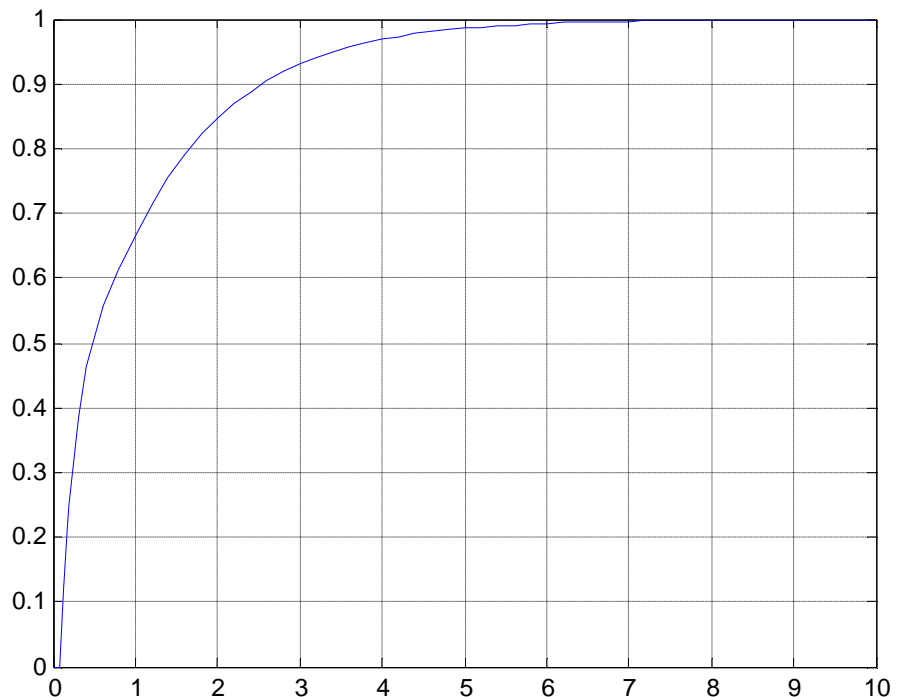


Рисунок 3.15 – Переходная характеристика САУ

Из переходной характеристики САР (рис.3.15) можно определить, что перерегулирование полностью отсутствует, так же видно, что отсутствует статическая ошибка и присутствует стабильность работы регулятора при работе с ЦАП и АЦП, что соответствует поставленной задаче.

Далее строится модель с возмущающим воздействием (рис.3.16).

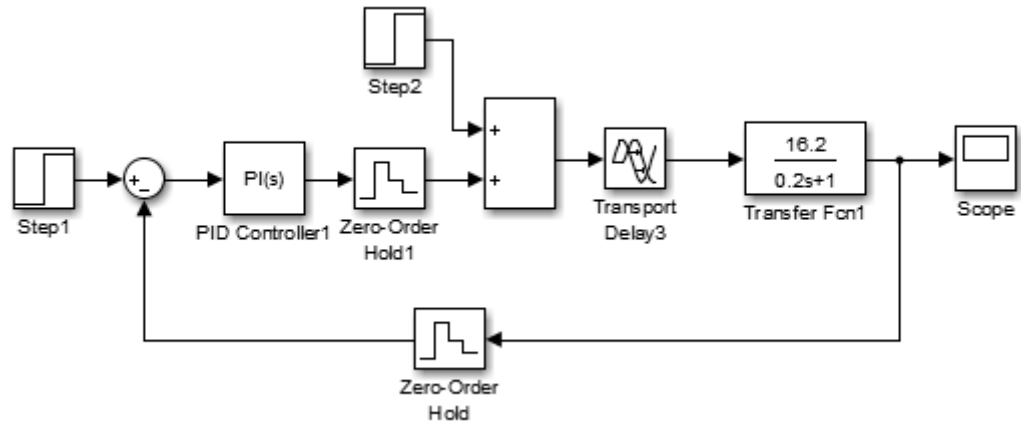


Рисунок 3.16 – Модель САР с АЦП, ЦАП и возмущающим воздействием.

В модели задаются параметры объекта, задание равное 1 Па и возмущающее воздействие равное 1 Па в момент времени 8 с, параметры регулятора и шаг дискретизации АЦП и ЦАП равный аналогично предыдущей модели.

В результате моделирование определяется переходная характеристика системы автоматического регулирования (рис.3.17).

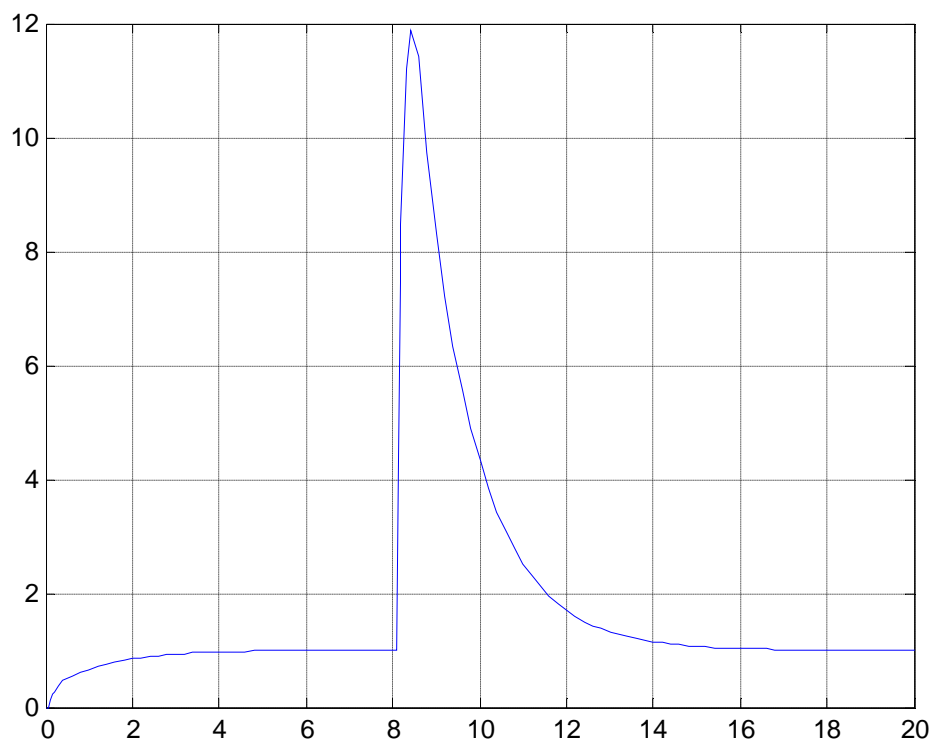


Рисунок 3.17 – Переходная характеристика САР с возмущающим воздействием

Отсюда следует что перерегулирование по возмущению отсутствует, так же по переходной характеристике видно, что отсутствует статическая ошибка.

Вывод: работа САР удовлетворяет требованиям.

### 3.3 Определение передаточной функции объекта температуры

Объекта температуры является калорифер.

Имеется разгонная характеристика калорифера (рис.3.18) при воздействие на его запорно-регулирующий клапан равное его открытию на 1 %, при этом его реакцией считается температура воздуха, проходящего через него.

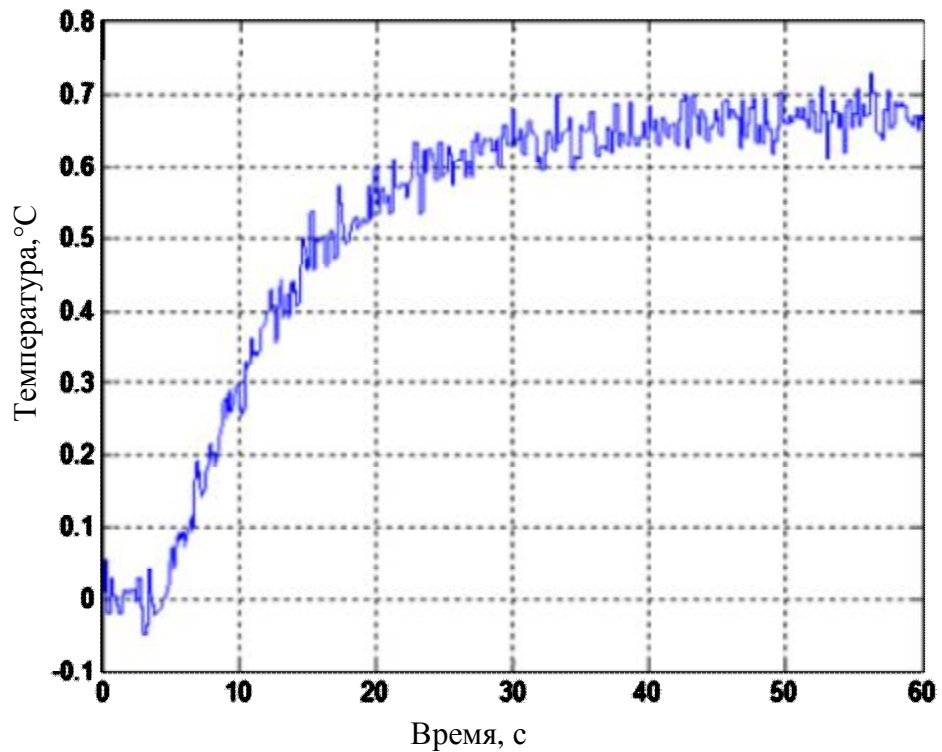


Рисунок 3.18 – Разгонная характеристика калорифера

Из графика (рис.3.18) видно, что коэффициент передачи объекта управления приблизительно равен 0,67.

Далее разгонная характеристика нормируется, для этого необходимо разделить значение входного воздействия на коэффициент передачи (3.9).

$$k_u = \frac{U}{k} \tag{3.9}$$

где  $U$  – управляющие воздействие;

$k$  – коэффициент передачи;

$k_u$  – коэффициент усиления.

$$k_u = \frac{1}{0,67} = 1,49$$

Далее умножается массив  $Y$  на 0,062 (рис.3.19) и снова строится график (рис.3.20).

```
y3=y2*1.49  
figure(4)  
plot(t2,y3),grid
```

Рисунок 3.19 – Нормирование разгонной характеристики

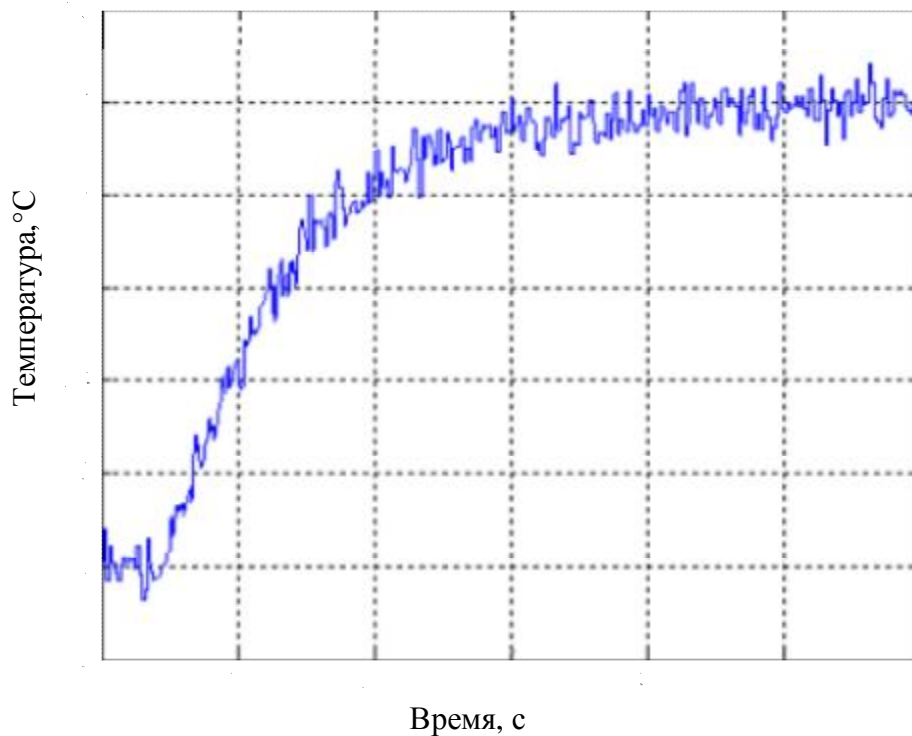


Рисунок 3.20 – Нормированная разгонная характеристика

Далее нужно отфильтровать разгонную характеристику, для этого воспользуемся экспоненциальным сглаживанием (рис.3.21). Коэффициент  $\alpha$  прием равным 0,005.

```

alfa=.005;
B=[alfa];
A=[1 -1+alfa];
y10=filtfilt(B,A,y3);
y11=filtfilt(B,A,y10);
y12=filtfilt(B,A,y11);
y13=filtfilt(B,A,y12);
y14=filtfilt(B,A,y13);
y15=filtfilt(B,A,y14);

```

Рисунок 3.21 – Фильтрация разгонной характеристики

Далее необходимо построить график (рис.3.22) отфильтрованной разгонной характеристики (рис.3.23).

```

figure(7);
plot(t2,y15),grid;

```

Рисунок 3.22 – Построения отфильтрованной разгонной характеристики

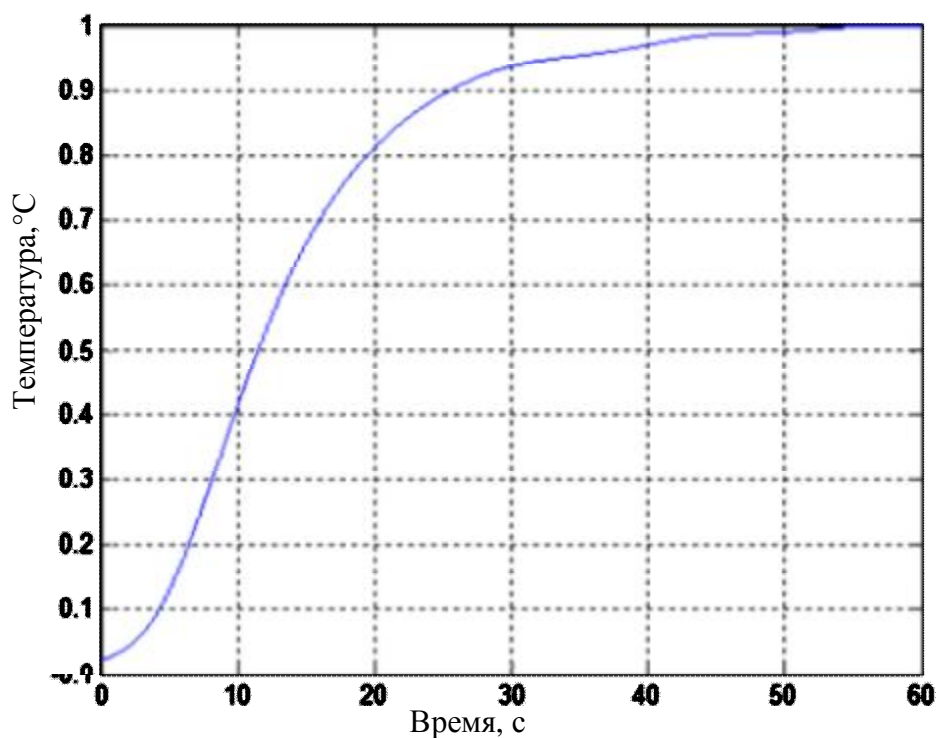


Рисунок 3.23 – Отфильтрованная разгонная характеристика

После обработки кривой разгона необходимо определить ее передаточную функцию для этого подходит метод Орманса [6].

Передаточная функция будет иметь вид (3.10)

$$W(p) = \frac{ke^{-tp}}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)} \quad (3.10)$$

где  $k$  – коэффициент передачи;

$T_1$  – первая постоянная времени;

$T_2$  – вторая постоянная времени.

Для начала из нормированной кривой разгона определяется время, соответствующее значению  $h_7 = 0,7$ , и обозначается  $t_7$ . Полученный интервал делится на три части. Поднимается перпендикуляр до кривой разгона и определяется величина  $h_{H4}$  (рис.3.24).

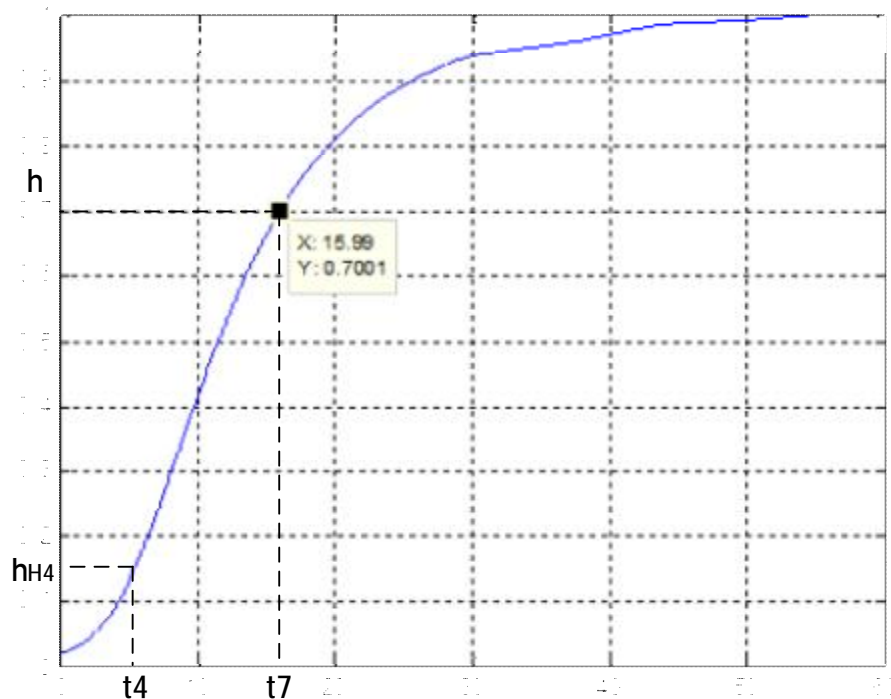


Рисунок 3.24 – Определение точек  $t_7$ ,  $t_4$  и  $h_{H4}$

$$t_7 = 16$$

$$h_{H4} = 0,14$$

$$t_4 = \frac{t_7}{3} \tag{3.11}$$

$$t_4 = \frac{16}{3} = 5,3$$

Далее определяются постоянные времени передаточной функции (3.12) и (3.13).

Возьмем  $z$  равную  $\sqrt{0,2}$

$$T_1 = \frac{t_7}{2,4 \cdot (1 + \sqrt{0,2})} \tag{3.12}$$

где  $t_7$  — время в точки  $h_{h4}$ .

$$T_1 = \frac{16}{2,4 \cdot (1 + \sqrt{0,2})} = 9,5$$

$$T_2 = \frac{t_7}{2,4 \cdot (1 - \sqrt{0,2})} \tag{3.13}$$

$$T_2 = \frac{16}{2,4 \cdot (1 - \sqrt{0,2})} = 3,68$$

После определения постоянных времени записывается передаточная функция (3.14).

$$W(p) = \frac{ke^{-tp}}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)} = \frac{ke^{-tp}}{T_1p \cdot T_2p + T_1p + T_2p + 1} \tag{3.14}$$



Поскольку ПФ была нормирована необходимо ее умножить на коэффициент передачи 0.67 (3.15)

$$W(p) = \frac{0,67e^{-2p}}{9,65p \cdot 3,68p + 9,65p + 3,68p + 1} \quad (3.15)$$

$$W(p) = \frac{0,67e^{-2p}}{35,56p^2 + 13,33p + 1}$$

Для проверки строится переходная характеристика объекта (рис.3.26) в MATLAB (рис.3.25).

```
T1=9.65
T2=3.68
W2 = tf(0.67, [T1*T2 T1+T2 1])
W2.InputDelay = 2;
figure(8)
step(W2), grid
|
```

Рисунок 3.25 – Построение переходной характеристики объекта управления в MATLAB

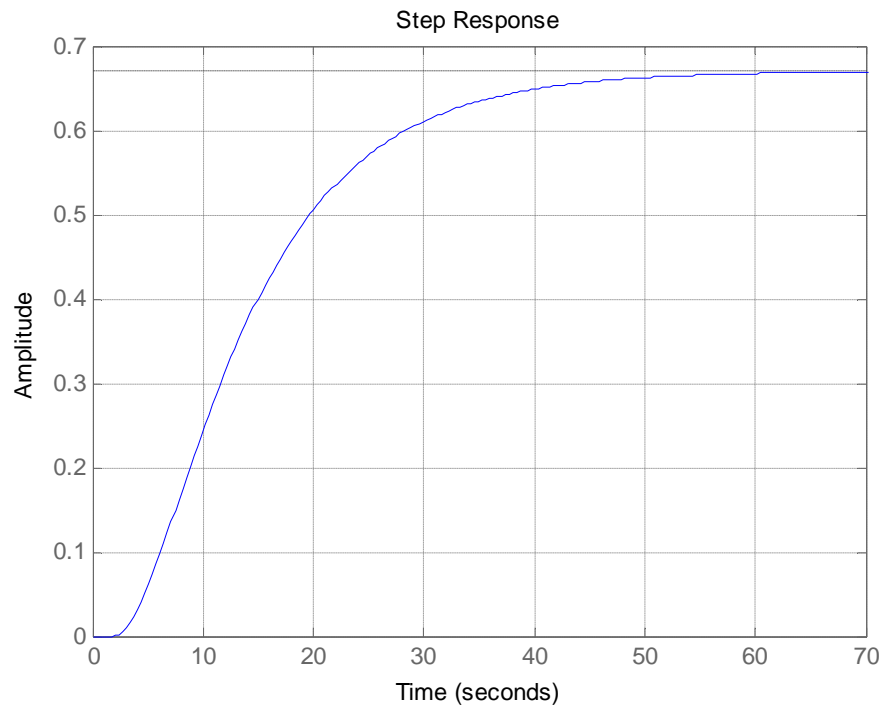


Рисунок 3.26 – Переходная характеристика объекта

### 3.4 Расчет регулятора объекта температуры

В качестве регулятора будет использован ПИ-закон регулирования. Для определения его параметров, а именно пропорционального коэффициента и интегрального коэффициента воспользуемся возможностями программного обеспечения MATLAB вызвав пакет `pidtool` и импортируем передаточную функцию калорифера  $W_2$  которая была введена ранее. Пользуясь ползунками `ResponseTime` и `TransientBehavior` находящимися в вкладке `Tuning tools` подберем оптимальные настройки регулятора. Проведя настройки, определены коэффициент усиления (3.16) и интегральный коэффициент (3.17) (рис.3.27).

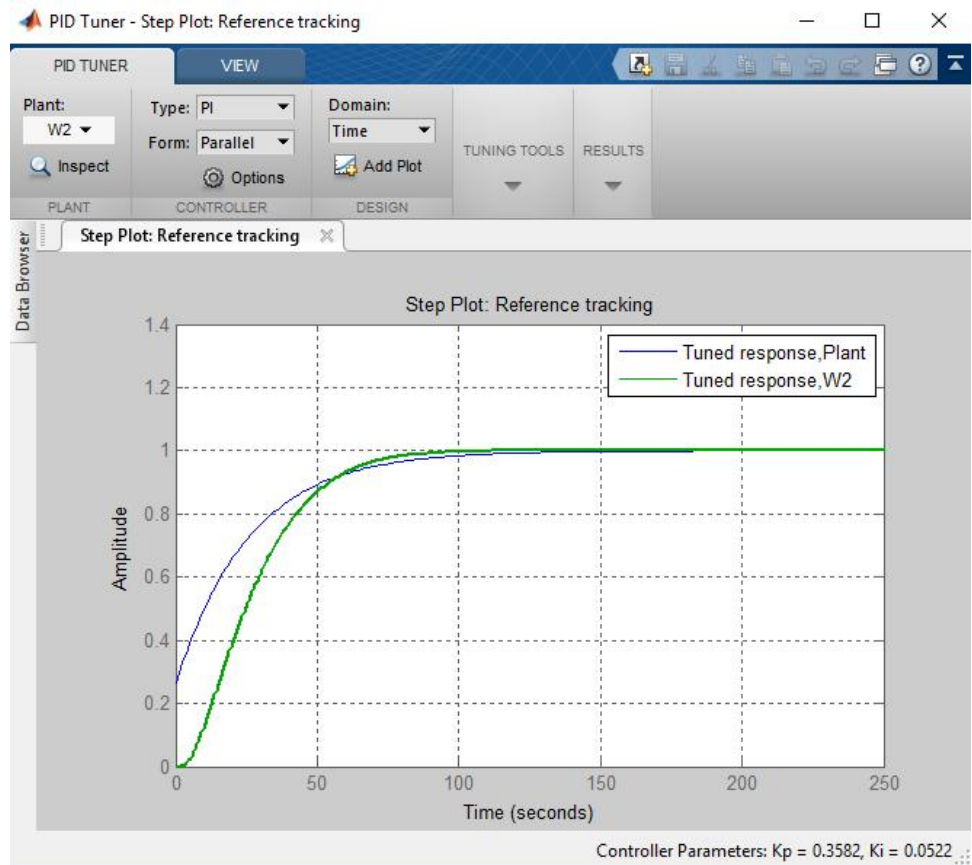


Рисунок 3.27 – Настройка ПИ регулятора

$$k_p = 0,034 \quad (3.16)$$

$$k_i = 0,057 \quad (3.17)$$

Теперь, когда регулятор настроен и известны его параметры, значения которых расположены в нижнем правом углу окна построим модель объекта и регулятора в Simulink (рис.3.28).

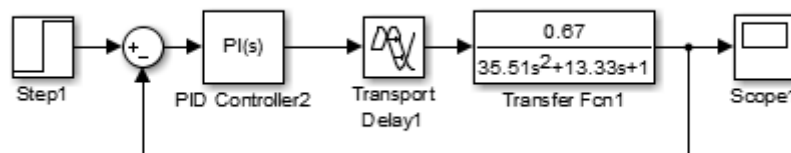


Рисунок 3.28 – Модель САУ

Где задаются параметры объекта, устанавливается задание равное 1 градусу и параметры ПИ регулятора (рис.3.29).

Proportional (P):	<input type="text" value="0.36"/>
Integral (I):	<input type="text" value="0.052"/>

Рисунок 3.29 – Параметры ПИ регулятора

В результате моделирование определяется переходная характеристика системы автоматического регулирования (рис.3.30).

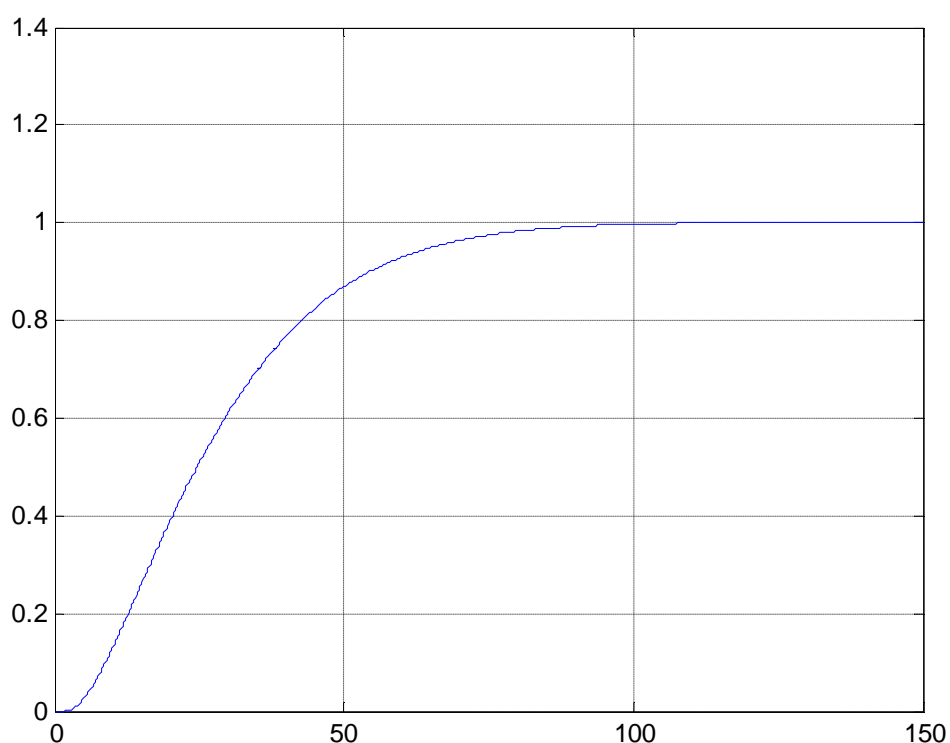


Рисунок 3.30 – Переходная характеристика САУ

Из переходной характеристике видно, что перерегулирование отсутствует, так же видно, что отсутствует статическая ошибка, что соответствует поставленной задаче.

У калорифера исполнительный механизм трехходовой клапан, который может только либо открываться, либо закрываться, либо находится в одной точке, для его управления необходим трехпозиционный регулятор. Исходя из

этого необходимо внести в систему регулирование трехпозиционное реле и исполнительный механизм и с обратной связью.

Трехходовой клапан является интегратором, у которого полный ход от 0% до 100% выполняется за 50 секунд, для этого внесем в систему интегратор с ограничением от 0 до 100 и умноженный на 2 (рис.3.31).

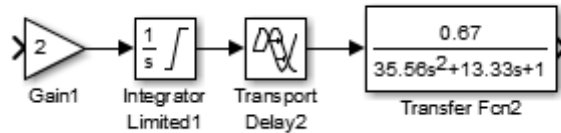


Рисунок 3.31 – Объект управления с исполнительным механизмом

Далее нужно построить модель управления с объектом управления регулятором и исполнительным механизмом и трехпозиционным реле (рис.3.32). При построении модели необходимо ввести АЦП поскольку регулятор будет реализован на цифровом устройстве, и необходимо убедиться в том, что в этих условиях он будет работать стабильно и правильно.

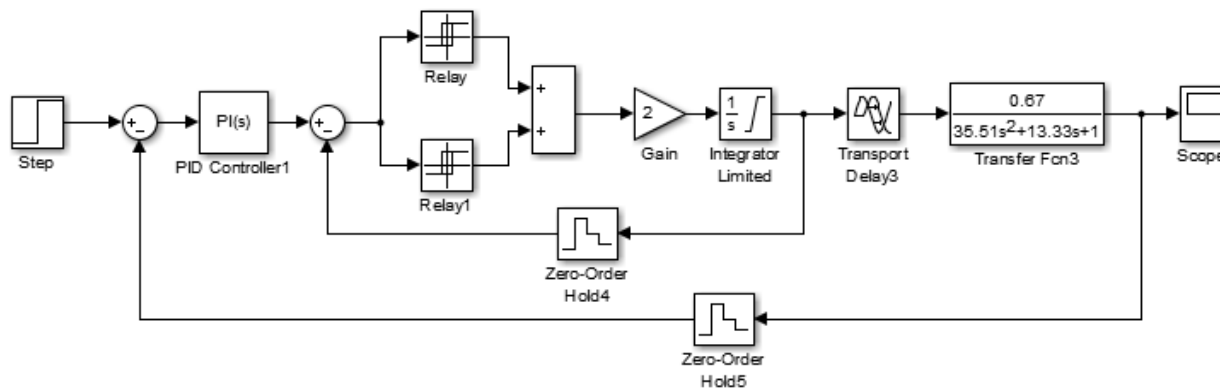


Рисунок 3.32 – Модель САУ с исполнительным механизмом, трехпозиционным реле и АЦП

Трехпозиционное реле состоит из двух двухпозиционных реле, первое настроена так что первое его состояние имеет уровень равный 1, а второе уровень равный 0, то есть в первом состоянии оно запускает привод в сторону открытия клапана, а во втором выключено (рис.3.33), второе реле настроена так что первое состояние имеет уровень 0, а второе -1, то есть в первом оно выключено

чено, а во втором запускает привод в сторону закрытия клапана (рис.3.34).

Output when on:

Output when off:

Рисунок 3.33 – Настройка первого реле

Output when on:

Output when off:

Рисунок 3.34 – Настройка второго реле

Теперь необходимо подобрать зону нечувствительности реле, которая зависит от частоты опроса датчика, при которой будут отсутствовать автоколебания, для того что бы привод клапана не включался постоянно на открытия и закрытия клапана, а находился в устойчивом положении.

Для определения зоны нечувствительности нужно определить за какое время клапан поворачивается на 1 %, поскольку скорость его полного хода известна и его полный ход считается как 100% можно определить время за которое он поворачивается на 1 %, то есть разделить время полного хода на 100% (3.18).

$$t = \frac{t_x}{100\%} \quad (3.18)$$

где  $t_x$  – время полного хода;

$t$  – время поворота на 1%.

$$t = \frac{50}{100} = 0,5$$

Поскольку на величину зоны нечувствительности так же влияет АЦП в обратной связи стоит увеличить зону нечувствительности на 0,1.

Из этого следует что при ошибке значение которой меньше значение 0.6 реле остается в выключенном положение, а при ошибке значение которой больше 0,8 или -0,8 реле приводит в движение клапан либо в режим закрытия, либо открытия.

Зона нечувствительности первого реле (рис.3.35), зона второго реле(рис.3.36).

Switch on point:

Switch off point:

Рисунок 3.35 – Настройка зоны нечувствительности первого реле

Switch on point:

Switch off point:

Рисунок 3.36 – Настройка зоны нечувствительности второго реле

Так же при моделирование САУ устанавливаются параметры объекта управления, регулятора, задание равное 1 градус и шаг дискретизации АЦП равным 0,2.

В результате моделирование определяется переходная характеристика системы автоматического регулирования (рис.3.37).

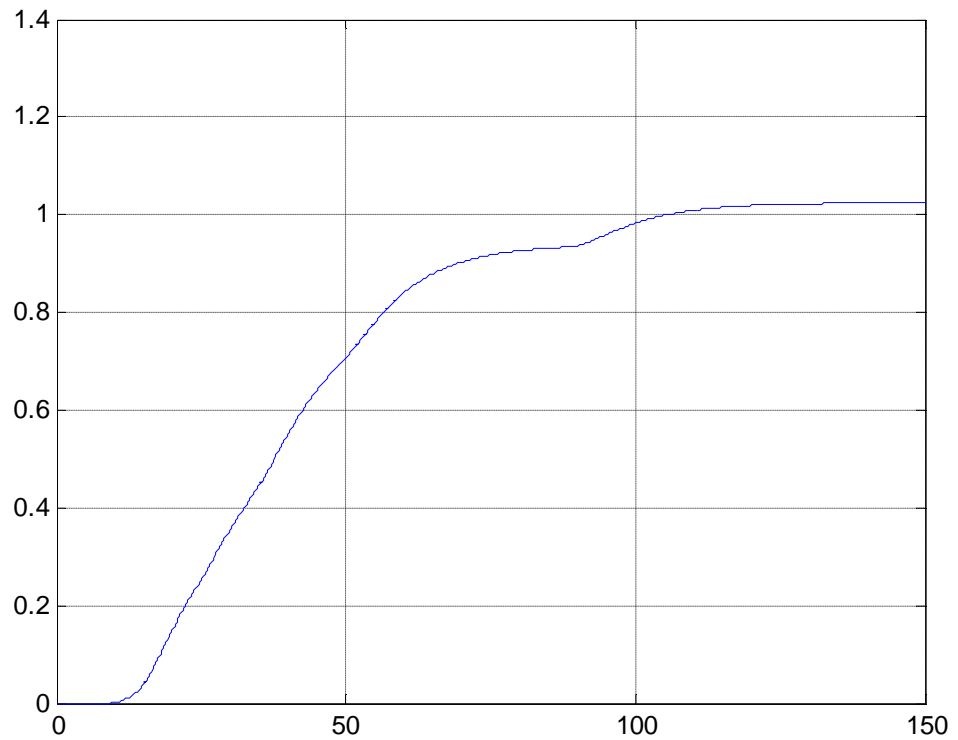


Рисунок 3.37 – Переходная характеристика САР

Из графика видно, что автоколебания отсутствуют, как и перерегулирование, что является удовлетворительным для работы САР.

Далее строится модель с возмущающим воздействием (рис.3.38).

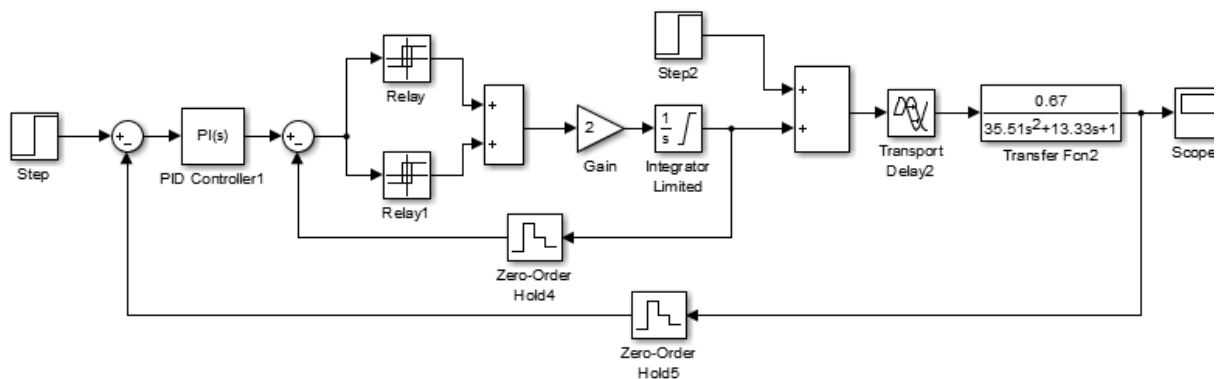


Рисунок 3.38 – Модель САР с исполнительным механизмом, трехпозиционным реле, АЦП и возмущающим воздействием



Так же при моделирование САР устанавливаются параметры объекта управления, регулятора, задание равное 1 градус, возмущающие воздействие равное 1 градусу в момент времени 120 с и шаг дискретизации АЦП равным 0,2.

В результате моделирование определяется переходная характеристика системы автоматического регулирования (рис.3.39).

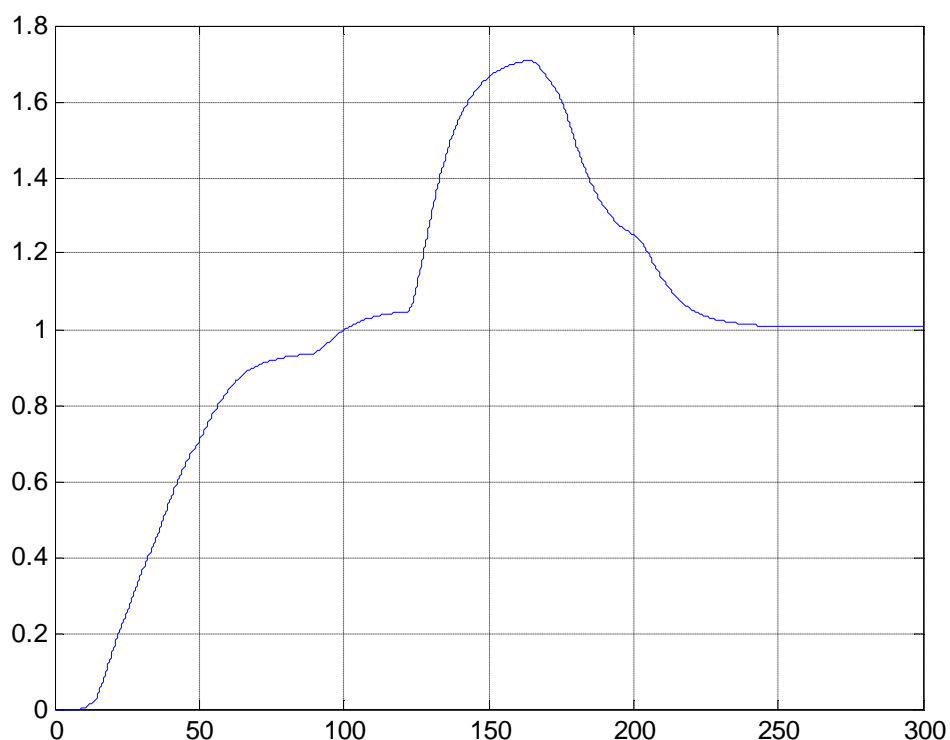


Рисунок 3.39 – Переходная характеристика САР с возмущающим воздействием

Из графика видно, что автоколебания отсутствуют, как и перерегулирование по заданию и возмущению.

Вывод: работа САР удовлетворяет требованиям.

## 4 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ

### 4.1 Разработка модели приточно-вытяжной вентиляции в Simulink

В связи с тем, что отсутствует реальная приточно-вытяжная вентиляция, в которую входят исполнительные механизмы и объекты управления, появляется сложность в отладки программы управления. Для отладки программы управления будет применена модель приточно-вытяжной вентиляции, созданная в Simulink программы MATLAB.

Взаимодействия программы управления и модели происходит при помощи связи по OPC-серверу. Программа управления загружается в виртуальный контроллер и настраивается OPC-сервер в котором хранятся все переменные программы. В MATLAB создается OPCклиент вызовом функции «opctool» (рис.4.1) в котором устанавливается связь с сервером, а так же определяются переменные которые будут читаться и записываться. При этом скорость обмена данных 0.2 секунды.

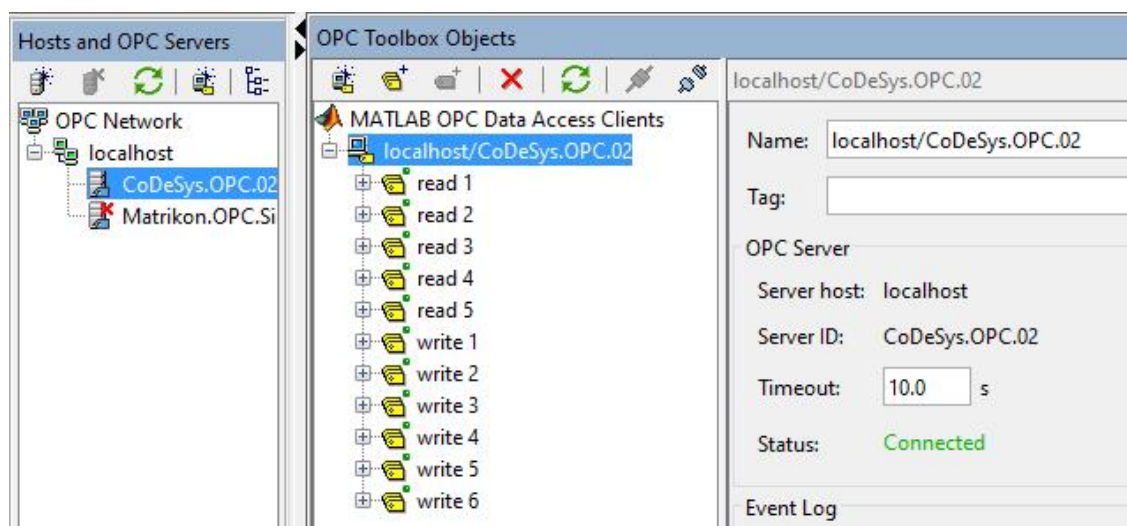


Рисунок 4.1 – Настройка OPC в MATLAB

Далее строится модель приточно-вытяжной вентиляции.

В первую очередь необходимо построить модель регулирования параметров температуры, расхода воздуха и влажности (рис.4.2).

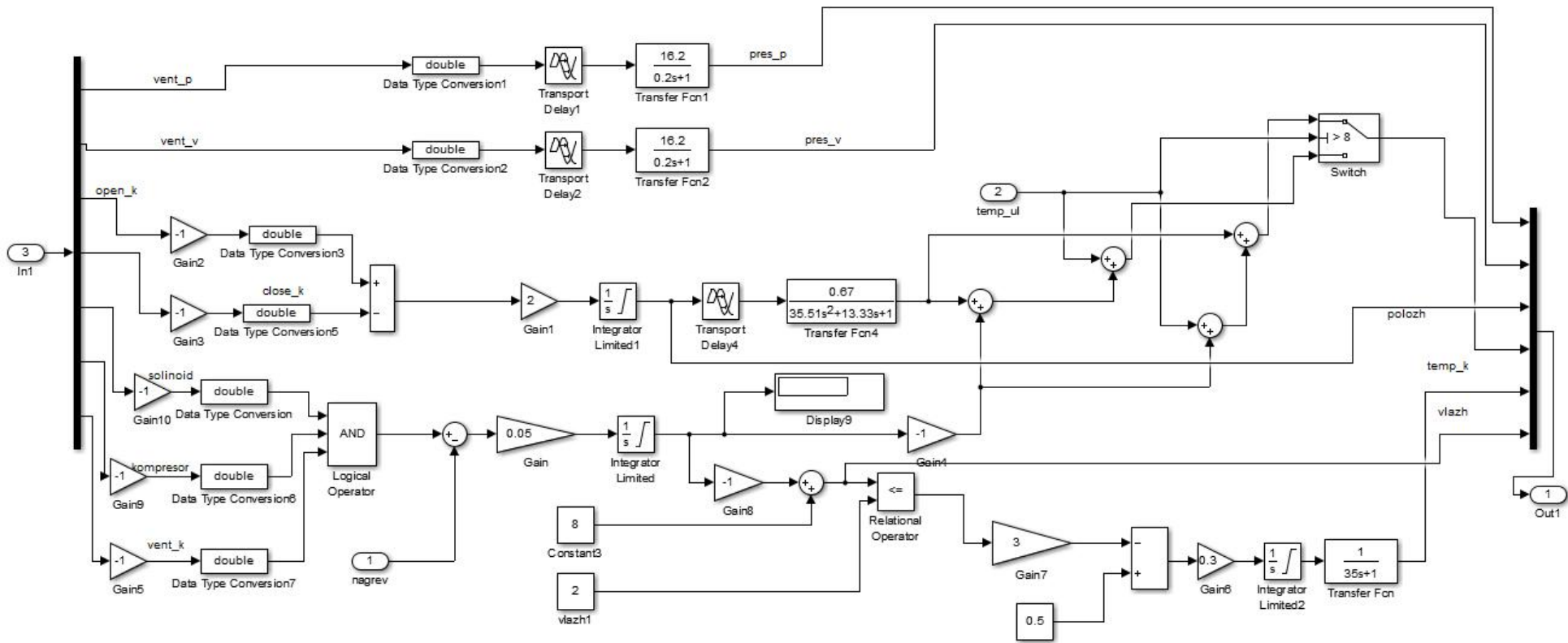


Рисунок 4.2 – Модель регулирования параметров температуры, влажности воздуха и расхода воздуха

Модель построена в подсистеме (рис.4.3) с целью экономии места в рабочей области, поэтому имеет входную переменную перед демультиплексором и выходную после мультиплексора.

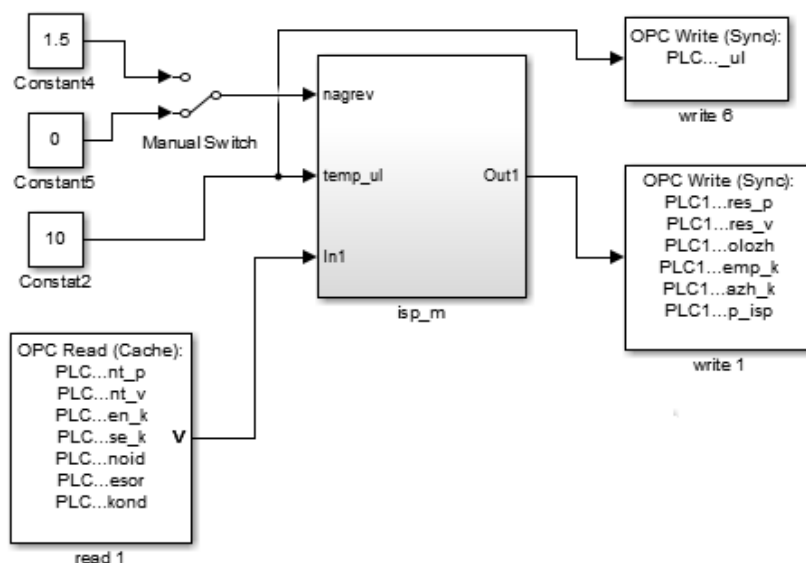


Рисунок 4.3 – Подсистема модели

Входными переменными подсистемы являются сигналы контроллера и параметры которые задаются для отладки. Переменными для отладки являются уличная температура и константа при подаче которой в систему происходит нагрев поверхности испарителя. Переменными контроллера являются, сигналы управления приточным и вытяжным вентиляторами, сигнал открытия и закрытия запорно-регулирующего клапана и сигналы включения компрессора, вентилятора конденсатора и соленоида.

Выходными переменными подсистемы являются датчики температуры уличного воздуха, датчики давления создаваемым приточным и вытяжным вентилятором, датчик положения запорно-регулирующего клапана, датчик температуры воздуха, датчик температуры поверхности испарителя и датчик влажности воздуха.

В модели (рис.4.2) находится передаточная функция приточного и вытяжного вентилятора. Передаточная функция калорифера с исполнительным механизмом на который действуют сигналы «открыть» и «закрыть», так же на

калорифер действуют два возмущающих воздействия, такие как температура уличного воздуха и температура холодильной установки. Так же собрана модель холодильной установки, состоящая из интегратора с коэффициентом усиления 0.05 на входе которого расположена константа которая воздействует на нагрев и блок логического «И» который воздействует на охлаждение. Входными сигналами логического «И» являются сигнал работы компрессора, вентилятора конденсатора и соленоида. На выход холодильной установки действуют два возмущения, такие как температура уличного воздуха и температура калорифера. Так же на выходе холодильной установки расположена передаточная функция параметра влажности, на которую постоянно действует коэффициент 0.5 который способствует росту величину влажности воздуха, при достижении холодильной установки температуры меньше 2 градусов, на передаточную функцию параметра влажности действует коэффициент равный 3 что вызывает снижение значения влажности воздуха.

Далее создаются модели дросселей который располагаются на входе приточного воздуховода и в воздуховоде рециркуляции (рис.4.4). Особенностью этих дросселей является наличие трех концевых выключателей, поскольку в зависимости от температуры наружного воздуха дросселя открываются на разные углы.

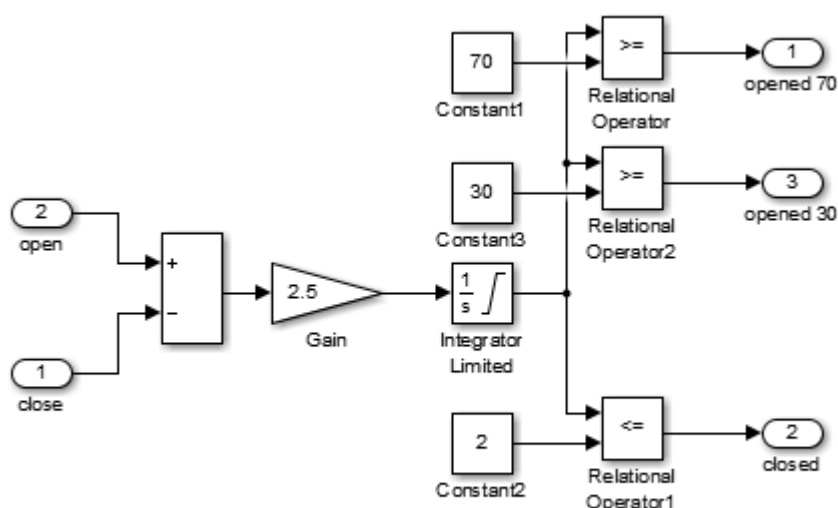


Рисунок 4.4 – Модель дросселя на входе приточного воздуховода

Входными переменными является сигнал открытия и закрытия дросселя, которые подаются на интегратор поскольку привод дросселя является приводом постоянной скорости с коэффициентом усиления 2.5. Выходными переменными являются концевые выключатели дросселя, имеющие сигнал «0» или «1». Концевой выключателя закрытого положения срабатывает только в том случае если значение на выходе интегратора меньше или равно значению 2%, концевой выключатель положения 30% срабатывает только в том случае, если значение на выходе интегратора больше или равно значению 30, концевой выключатель положения 70% срабатывает только в том случае, если значение на выходе интегратора больше или равно 70. Модель дросселя располагающегося в рециркуляционном воздуховоде строится аналогично.

Далее создаются модели дросселей который располагаются на входе в камеры с стороны приточного воздуховода и выходе из камер вытяжного воздуховода, а так же дросселя располагающегося на выходе из вытяжного воздуховода (рис.4.5).

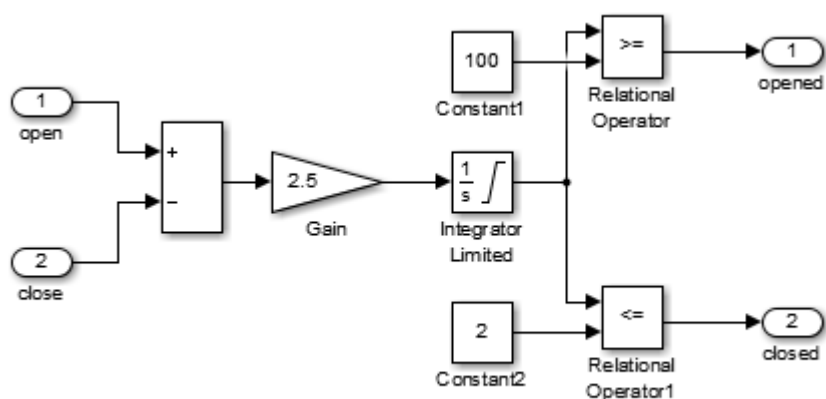


Рисунок 4.5 – Модель дросселя на выходе вытяжного воздуховода

Входными переменными является сигнал открытия и закрытия дросселя, которые подаются на интегратор поскольку привод дросселя является приводом постоянной скорости с коэффициентом усиления 2.5. Выходными переменными являются концевые выключатели дросселя, имеющие сигнал «0» или «1».

«1». Концевой выключателя закрытого положения срабатывает только в том случае если значение на выходе интегратора меньше или равно значению 2%, концевой выключатель открытого положения срабатывает только в том случае, если значение на выходе интегратора больше или равно 100%. Модели дросселей на входе в камеры с стороны приточного воздуховода и на выходе из камер с стороны вытяжного воздуховода строятся аналогично.

Так же для отладки необходимо построить модель датчиков, с помощью которых можно создавать аварийные режимы (рис.4.6).

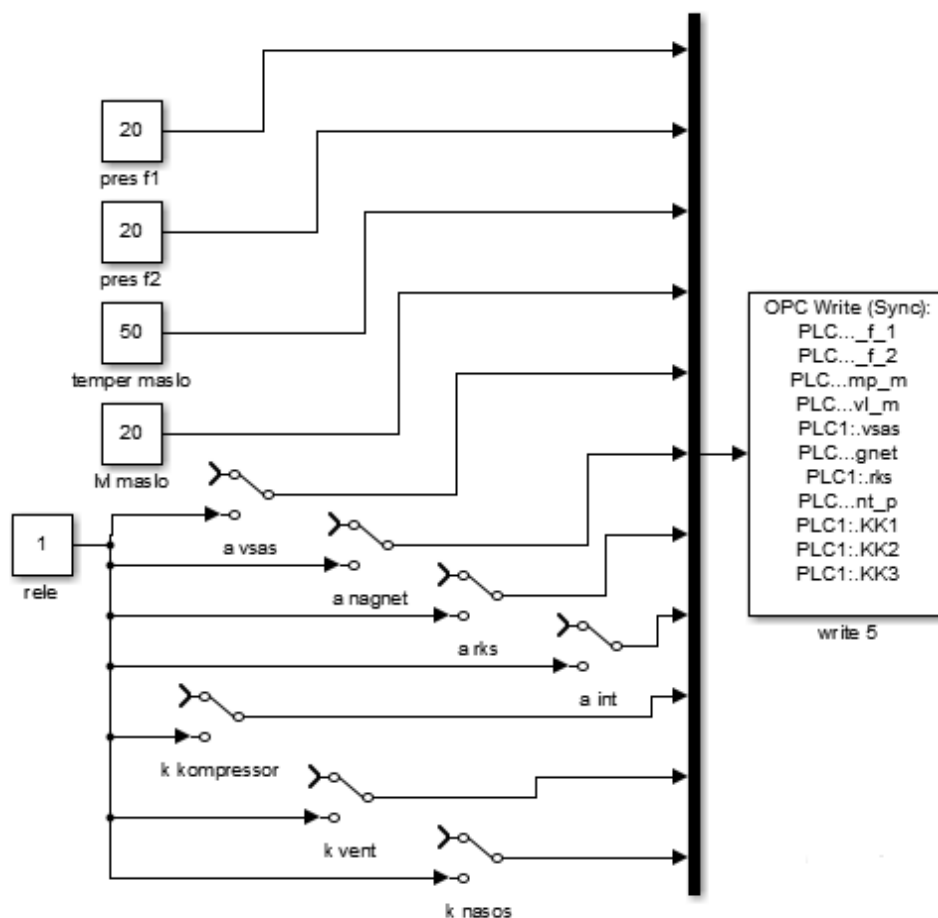


Рисунок 4.6 – Модель аварийных датчиков

Здесь задаются значение аналоговых датчиков, таких как давление перед фильтром, давление после фильтра, температура масла в компрессоре, уровень масла в компрессоре. Так же имеются дискретные датчики, такие как давление всаса компрессора, давление нагнетания компрессора, злс, int, тепловое реле компрессора, тепловое реле вентилятора конденсатора, тепловое реле насоса.

Работа которых организуется при помощи переключателя, значение с которого передается на выходную переменную, изменяя эти значения в процессе работы можно смоделировать аварийную ситуацию которую должна зафиксировать программа управления.

## 4.2 Разработка алгоритма программы

При начальном этапе разработки программы управления нужно разработать алгоритм программы, в котором четко прослеживается порядок и логика всех действий для достижения необходимого результата. Алгоритм должен содержать только доступные и необходимые команды, описывающие принцип программы.

Алгоритм программы описывает выполнение главной программы управления, задачей которой состоит в том что бы, при определенных условиях достичь заданные параметры, и правильную работу всех исполнительных механизмов [3].

Алгоритм можно разбить на три основных подпрограммы занимающийся основными задачами, такими как положение дросселей и регулирования расхода воздуха (рис. 4.7), регулирование температуры (рис.4.8) и регулирование влажности (рис.4.9).

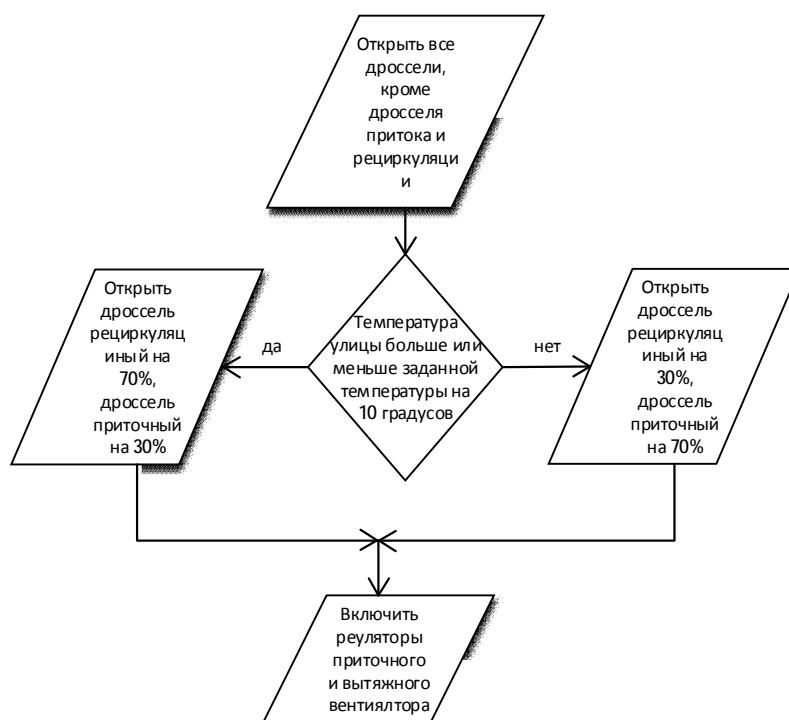


Рисунок 4.7 – Алгоритм открытия дросселей и регулирование расхода воздуха



Программа начинается с того что открываются дроссели находящийся на входе в камеры с стороны приточного воздуховода, на выходе из камеры с стороны вытяжного воздуховода и дроссель на выходе вытяжного воздуховода. Далее исходя из условия открываются дроссели на входе приточного воздуховода и в рециркуляционном воздуховоде, если температура уличного воздуха больше или меньше заданной температуры на 10 градусов и более, то необходимо дроссель на приточном воздуховоде открыть на 30%, а дроссель на рециркуляционном воздуховоде открыть на 70%, это связано с тем что при большой разности температур системе не сможет быстро и эффективно подготовить воздух до заданной температуры. Если же температура уличного воздуха меньше или больше заданной температуры не более чем на 10 градусов, то тогда дроссель приточного воздуховода открывается на 70%, а дроссель рециркуляционного воздуховода открывается на 30%. После того как положение всех дросселей установлено включаются регуляторы приточного и вытяжного вентиляторов, которые по ПИ-закону регулирование поддерживают заданный расход воздуха в системе.

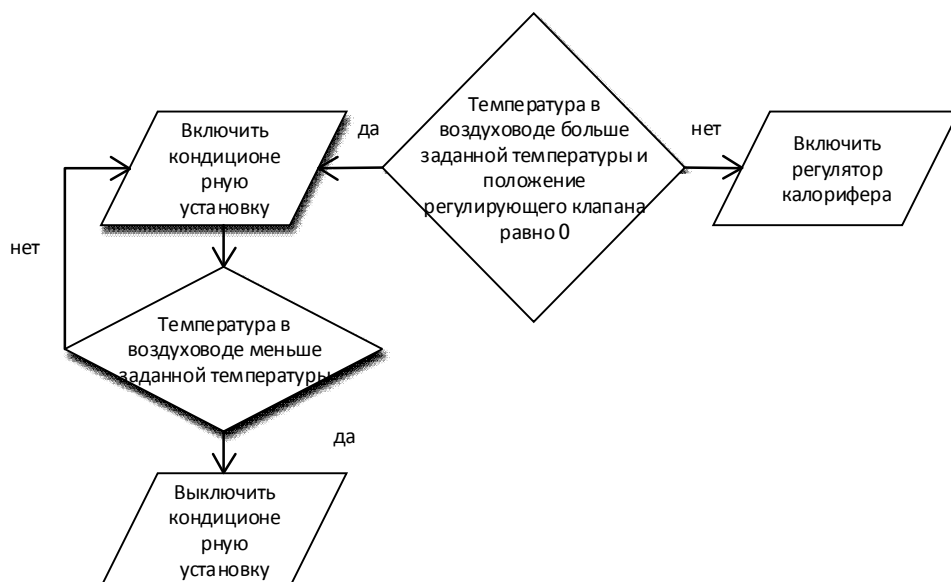


Рисунок 4.8 – Алгоритм регулирование температуры

В алгоритме регулирования температуры (рис.4.8) определяется какой исполнительный механизм регулирует температуру, если температура воздуха в воздуховоде больше заданной температуры и при этом положение запорно-

регулирующего клапана равно 0, то есть клапан полностью закрыт то включается кондиционерная установка, установка будет работать до тех пор пока температура воздуха в воздуховоде больше заданной температуры, когда температура воздуха в воздуховоде станет меньше или равно заданной температуры кондиционерная установка выключается. Если же температура воздуха в воздуховоде меньше заданной температуры либо больше, но при этом положение запорно-регулирующего клапана больше нуля, то в этом случае, кондиционерная установка выключена, работает регулятор калорифера.

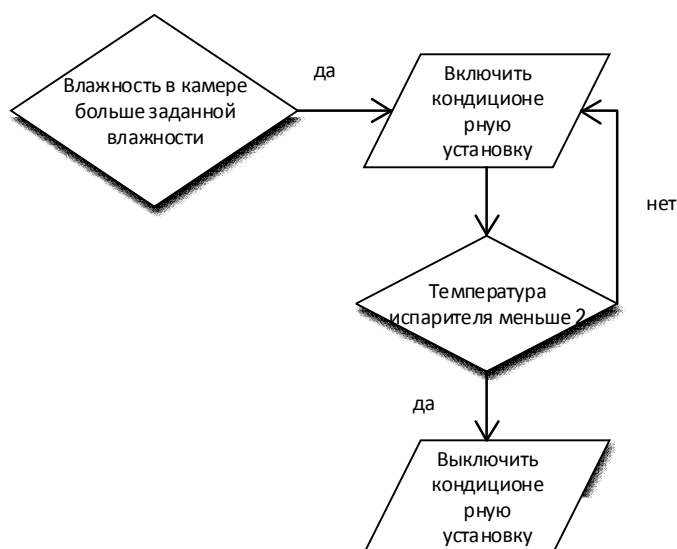


Рисунок 4.9 – Алгоритм регулирования влажности

В алгоритме регулирования влажности (рис.4.9), если влажность в камере больше заданной влажности то включается кондиционерная установка, она будет работать до тех пор, пока температура поверхности испарителя не будет равной или меньше 2 градусов, после чего он выключается, данный цикл будет работать до тех пор, пока влажность воздуха в камере не станет равной или меньше заданной влажности воздуха.

### 4.3 Разработка исходного текста программы

Исходный текст программы управления разрабатывается в среде программы CodeSys [7].

Программа управления состоит из главной программы и шести подпрограмм (рис.4.10).

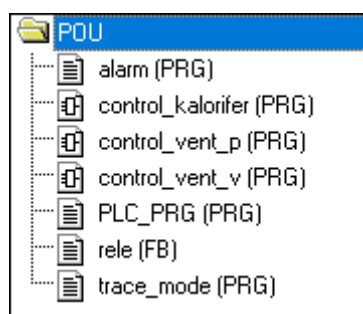


Рисунок 4.10 – Подпрограммы программы управления

В главной программе «PLC\_PRG» написанной на языке программирования «ST», организована программа управления.

В подпрограмме «alarm» написанной на языке программирования «ST», организовано описание аварийных режимов и их фиксация.

В подпрограмме «control\_kalorifer» написанной на языке программирования «CFC», организован ПИ регулятор калорифера с трёхпозиционным реле.

В подпрограмме «control\_vent\_p» написанной на языке программирования «CFC», организован ПИ регулятор приточного вентилятора.

В подпрограмме «control\_vent\_v» написанной на языке программирования «CFC», организован ПИ регулятор вытяжного вентилятора.

В подпрограмме «rele» написанной на языке программирования «ST» имеющую тип функционального блока, организована логика работы функционального блока трехпозиционного реле.

В подпрограмме «trace\_mode» написанной на языке программирования «ST», организовано управление движением моделей дросселей в SCADA системе.

#### 4.3.1 Главная программа управления

В главной программе происходит вызов всех подпрограмм (рис.4.11), при этом функциональный блок «rele» вызова не требует.

```
(*старт*)
trace_mode;
control_kalorifer;
control_vent_p;
control_vent_v;
alarm;
```

Рисунок 4.11 – Вызов подпрограмм

Далее определяется режим работы, автоматический когда все управление отдается программе управления, либо ручной когда программа управления находится в режиме ожидания. Когда переменная «SA» имеет состояние «TRUE» тогда программа управления в режиме ожидание, иначе все управление передается ей (рис.4.12).

```
IF NOT SA THEN
(*старт*)
CASE state OF
```

Рисунок 4.11 – Определения режима работы

Далее вся главная программа управления имеет структура «SwitchCase», то есть программа разделена на определенное количество состояний, переход по которым осуществляется при определенном событии. После того как как определен автоматический режим работы программа переходит в состояние 0 и ожидает старта (рис.4.12) если нажата кнопка старт и не нажата кнопка стоп, то программа переходит в состояние 1.

```
IF start AND NOT stop THEN
state:=1;
END_IF
```

Рисунок 4.12 – Ожидание старта

В состоянии 1 в программе начинается основной цикл, в начале этого цикла происходит запрет на закрытия дросселей (рис.4.13) и открытия всех дросселей кроме дросселя расположенного в начале приточного воздуховода и дросселя расположенного в рециркуляционном воздуховоде (рис.4.14).

```

1:
signal:=FALSE;
close_droset_k1:=FALSE;
close_droset_k2:=FALSE;
close_droset_k3:=FALSE;
close_droset_k4:=FALSE;
close_droset_v:=FALSE;
close_droset_p:=FALSE;
close_droset_r:=FALSE;
close_droset_v_k1:=FALSE;
close_droset_v_k2:=FALSE;
close_droset_v_k3:=FALSE;
close droset v k4:=FALSE;

```

Рисунок 4.13 – Запрет на закрытие дросселей

```

open_droset_k1:=TRUE;
IF opened_droset_k1 THEN
  open_droset_k1:=FALSE;
END_IF
open_droset_k2:=TRUE;
IF opened_droset_k2 THEN
  open_droset_k2:=FALSE;
END_IF

```

Рисунок 4.14 – Открытие дросселей

В начале включается открытие дросселя на входе первой камеры с стороны приточного воздуховода, если дроссель достиг положения «открыт» о чем сигнализирует сработавший концевой выключатель, то тогда отключается открытия дросселя, так же написано работа второго дросселя и работа всех остальных дросселей прописана аналогично первому (рис.4.14).

После открытия всех дросселей кроме приточного и рециркуляционного, начинается этап программы, в которой определяется на сколько нужно открыть дроссель рециркуляции и притока (рис.4.15).

```

IF temp_ul-temp_ust<10 AND temp_ul-temp_ust>-10 THEN
  open_droesel_p:=TRUE;
  IF opened_droesel_p70 THEN
    open_droesel_p:=FALSE;
  END_IF
  status_droesel_r_70(SET:=opened_droesel_r70,RESET1:=closed_droesel_r);
  status_r_70:=status_droesel_r_70.Q1;
  IF status_r_70 THEN
    close_droesel_r:=TRUE;
    open_droesel_r:=FALSE;
    IF closed_droesel_r THEN
      close_droesel_r:=FALSE;
    END_IF
  END_IF
  IF NOT status_r_70 THEN
    open_droesel_r:=TRUE;
    IF opened_droesel_r30 THEN
      open_droesel_r:=FALSE;
    END_IF
  END_IF
END_IF

```

Рисунок 4.15 – Определение положения открытия дросселя рециркуляции и притока

Если разница значения уличной температуры и заданной температуры меньше 10 и больше -10 тогда, дроссель располагающийся в начале приточного воздуховода открывается до тех пор, пока не достигнет положения концевого выключателя соответствующий открытию дросселя на 70%. Далее необходимо открыть дроссель находящийся в рециркуляционном воздуховоде на 30%, но для этого нужно знать в каком положении находится дроссель, для этого введен RS– триггер «status\_droesel\_r\_70» , на вход «SET» которого устанавливается переменная концевого выключателя соответствующий положения дросселя открытого на 70%, а на вход «RESET1» устанавливается переменная концевого выключателя соответствующая положения дросселя «закрыт», выход триггера «Q1» устанавливается на переменную «status\_r\_70». Далее если выход триггера активный, то тогда дроссель закрывается пока не достигнет положения «закрыт» после чего триггер сбрасывается и выключается закрытие триггера, далее если выход триггера неактивен, то дроссель открывается пока не достигнет положения концевого выключателя, соответствующего открытию дросселя на 30% (рис.4.15).

Если же разница между значение уличной температуры и значением за-

данной температуры больше 10 и и меньше -10 то тогда, дроссель располагающийся в начале приточного воздуховода открывается на 30%, дроссель находящийся в рециркуляционном воздуховоде открывается на 70%, открытие дросселей происходит аналогично открытию дросселей в предыдущем условии (рис.4.16).

```
ELSE
status_drosel_p_70(SET:=opened_drosel_p70,RESET1:=closed_drosel_p);
status_p_70:=status_drosel_p_70.Q1;
IF status_p_70 THEN
close_drosel_p:=TRUE;
open_drosel_p:=FALSE;
IF closed_drosel_p THEN
close_drosel_p:=FALSE;
END_IF
END_IF
IF NOT status_p_70 THEN
open_drosel_p:=TRUE;
IF opened_drosel_p30 THEN
open_drosel_p:=FALSE;
END_IF
END_IF
open_drosel_r:=TRUE;
IF opened_drosel_r70 THEN
open_drosel_r:=FALSE;
END_IF
END_IF
```

Рисунок 4.16 – Определение положения открытия дросселя рециркуляции и притока

Далее в главной программе управления происходит включение ультрафиолетовой лампы и регуляторов приточного и вытяжного вентилятора (рис.4.17).

```
lamp:=TRUE;
manual_vent_p:=FALSE;
manual_vent_v:=FALSE;
```

Рисунок 4.17 – Включение ультрафиолетовой лампы и регуляторов давления

Далее в главной программе управления реализуется регулирование температуры (рис.4.18).

```

IF temp_k>temp_ust AND polozh<0.05 THEN
  kompresor:=TRUE;
  solinoid:=TRUE;
  vent_kond:=TRUE;
  reset_reg_kalorifer:=TRUE;
  reset_reg_kalorifer:=FALSE;
  manual_kalorifer:=TRUE;
  nasos:=FALSE;
  IF temp_k-temp_ust<0.1 THEN
    kompresor:=FALSE;
    solinoid:=FALSE;
    vent_kond:=FALSE;
    manual_kalorifer:=TRUE;
    nasos:=FALSE;
  END_IF
ELSE
  kompresor:=FALSE;
  solinoid:=FALSE;
  vent_kond:=FALSE;
  reset_reg_kalorifer:=TRUE;
  reset_reg_kalorifer:=FALSE;
  manual_kalorifer:=FALSE;
  nasos:=TRUE;
END_IF

```

Рисунок 4.18 – Регулирование температуры

Если значение температуры в воздуховоде больше значения заданной температуры и положение запорно-регулирующего клапана меньше 0.05 это связано с тем что датчик может не сформировать сигнал равный нулю, то тогда включается компрессор, вентилятор конденсатора и соленоид открывает трубопровод через который протекает хладагент, при это происходит сброс регулятора калорифера и он отключается, так же отключается насос работающий на выходе из калорифера. Если разница между значением температуры воздуха в воздуховоде и значением заданной температуры меньше 0.1 это сделано для того что датчик может не сформировать точное значение равное заданному, то тогда выключается компрессор, вентилятор конденсатора, соленоид закрывает трубопровод, выключается регулятор калорифера и насос (рис.4.18).

Иначе выключается компрессор, вентилятор конденсатора, соленоид закрывает трубопровод, происходит сброс регулятора калорифера, включается насос и регулятор калорифера (рис.4.18).

После в главной программе управления реализуется регулирование влажности воздуха (рис.4.19).



```

IF vlazh_k>vlazh_ust THEN
  kompresor:=TRUE;
  solinoid:=TRUE;
  vent_kond:=TRUE;
  IF temp_isp<2 THEN
    kompresor:=FALSE;
    solinoid:=FALSE;
    vent_kond:=FALSE;
  END_IF
END_IF

```

Рисунок 4.19 – Регулирование влажности воздуха

Если значение влажности воздуха в камере больше значения заданной влажности, то тогда включается компрессор, вентилятор конденсатора, соленоид открывает магистраль, если температура поверхности испарителя меньше 2 градусов, то тогда выключается компрессор, вентилятор конденсатора, соленоид закрывает трубопровод (рис.4.19).

После организовано условия перехода в состояние «останов» (рис.4.20).

```

IF stop THEN
  state:=2;
END_IF

```

Рисунок 4.20 – Условия перехода в состояние «останов»

Если нажата кнопка «стоп», то перейти в состояние два, что соответствует состоянию «основ» (рис.4.20).

Далее организован переход в аварийное состояние (рис.4.21).

```

IF a_nagnet OR a_vsas OR a_rks OR a_int_p OR a_KK1 OR a_KK2 OR a_KK3 OR a_M_m OR a_t_m OR a_f THEN
  nasos:=FALSE;
  manual_vent_p:=TRUE;
  manual_vent_v:=TRUE;
  manual_kalorifer:=TRUE;
  kompresor:=FALSE;
  solinoid:=FALSE;
  vent_kond:=FALSE;
  lamp:=FALSE;
  close_drosel_k1:=TRUE;
  IF closed_drosel_k1 THEN
    close_drosel_k1:=FALSE;
  END_IF

```

Рисунок 4.21 – Переход в аварийный режим

Переход в аварийный режим осуществляется при фиксирование активно-

го уровня на выходе RS – триггера который устанавливается срабатыванием датчика в подпрограмме «alarm».

Если случилось одно из перечисленных событий, то тогда выключается насос, регулятор калорифера, регулятор приточного вентилятора, регулятор вытяжного вентилятора, компрессор, вентилятор конденсатора, ультрафиолетовая лампа, соленоид закрывает трубопровод. После этого начинает процесс закрытия всех дросселей, включается закрытие дросселя на входе в первую камеру с стороны приточного воздуховода, если дроссель закрыт, то тогда выключается закрытие дросселя, все остальные дроссели закрываются аналогично первому (рис.4.21).

Так же в аварийном режиме запрещается открывать все дросселя, включается сигнальная лампа, если нажата кнопка сброса «reset», то тогда сигнальная лампа выключается и программа переходит в состояние 0 где находится в режиме ожидания старта (рис.4.22).

```
open_drosel_v_k4:=FALSE;  
signal:=TRUE;  
IF reset THEN  
    signal:=FALSE;  
    state:=0;  
END_IF  
END_IF
```

Рисунок 4.22 – Выход из состояния «авария»

Далее в главной программе управления организованно состояние 2 «останов», условием для перехода в это состояние является нажатие кнопки «стоп». В этом состоянии происходит отключение всех механизмов и закрытие дросселей аналогично состоянию «авария» (рис.4.23).

```
—  
2:(*останов*)  
nasos:=FALSE;  
kompresor:=FALSE;  
solinoid:=FALSE;  
vent_kond:=FALSE;  
lamp:=FALSE;  
close_drosel_k1:=TRUE;  
IF closed_drosel_k1 THEN  
    close_drosel_k1:=FALSE;  
END_IF
```

Рисунок 4.23 – Состояние «останов»

Условием выхода из этого состояние является нажатие кнопки старт(рис.4.24), при этом программа переходит в состояние «0» и сразу же переходит в состояние «1».

```
IF start THEN
  state:=0;
END_IF
```

Рисунок 4.24 – Выход из состояния «останов»

#### 4.3.2 Подпрограмма фиксирования аварийного режима

В подпрограмме «alarm» фиксируются аварии, для того что бы зафиксировать какой именно из датчиков сработал используются RS – триггеры, например для определения того что загрязнен фильтр нужно подать соответствующий сигнал на вход «SET» триггера, а состояния выход триггера «Q1» передать в удобную для этого булевою переменную. Поскольку вход триггера «SET» имеет булевский тип, а аварийным условием за загрязнения фильтра является перепад давления измеряемым аналоговыми датчиками, то необходимо что бы при выполнении условия на вход триггера «SET» поступал булевский сигнал (рис.4.25).

```
IF pres_f_1-pres_f_2>50 THEN
  t_f:=TRUE;
ELSE
  t_f:=FALSE;
END_IF
```

Рисунок 4.25 – Формирования сигнала «аварии»

Если разница между значением давления перед фильтром и значением давления после фильтра больше 50, то тогда установить переменную «t\_f» в значение «True», иначе установить в значение «False» (рис.4.25).

Далее необходимо передать переменную «t\_f» на вход «SET» триггера соответствующий этой аварии, а на вход «RESET1» установить переменную «reset» что соответствует кнопки сброса, выход триггера «Q1» передается в переменную «a\_f» (рис.4.26).

```
alarm_f(SET:=t_f, RESET1:=reset);
a_f:=alarm_f.Q1;
```

Рисунок 4.26 – Установка триггера

То есть при срабатывании условия аварии на выходе триггера устанавливается активный сигнал, который попадает в условия в главной программе и переходит в режим аварии, после того как будет нажата кнопка сброса «reset», состояние триггера обнулится и программа перейдет в состояние ожидания. Остальные аварии фиксируются аналогичным способом (рис. 4.25, 4.26).

Так же в подпрограмме «alarm» организовано формирование уведомляющих сообщений на операторскую панель (рис.4.27).

```
IF a_f THEN
  A:='фильтр';
END_IF
```

Рисунок 4.27 – Формирование уведомляющих сообщений

Если «a\_f» активна, то тогда в переменную «А» записываем сообщения «фильтр» (рис.4.27). Аналогичным способом организованы все остальные аварии, а так же состояние в котором находится программа, к которым относятся состояние «работа в автоматическом режиме», «ручной режим», «останов», «готов к работе» (рис.4.27).

#### 4.3.3 Подпрограмма функционального блока трехпозиционного реле

В функциональном блоке «rele» описана логика работы трехпозиционного реле, который имеет входные переменные положения запорно-регулирующего клапана, сигнал ПИ регулятора, и значения зоны нечувствительности (рис.4.28), так же имеются выходные переменные открыть клапан и закрыть клапан (рис.4.29), и две внутренних переменные, ошибка и переменная состояния, поскольку функция реле написано на конструкции «SwitchCase» (рис.4.30).

```

VAR_INPUT
  y_zad,y,turn_off,turn_on:REAL;
END_VAR

```

Рисунок 4.28 – Входные переменные функционального блока

```

VAR_OUTPUT
  open:BOOL:=FALSE;
  close:BOOL:=FALSE;
END_VAR

```

Рисунок 4.29 – Выходные переменные функционального блока

```

VAR
  out:INT:=0;
  error:REAL;
END_VAR

```

Рисунок 4.30 – Внутренние переменные функционального блока

В начале работы функционального блока вычисляется ошибка между управляющим воздействием ПИ регулятора и положением запорно-регулирующего клапана, после чего происходит открытия конструкции «SwitchCase» (рис.4.31).

```

error:=y_zad-y;
CASE out OF

```

Рисунок 4.31 – Вычисление ошибки

Далее в описание функционального блока «rele» организована три состояния которые соответствуют трем его позициям, состояние 1 – открыть клапан, состояние -1 – закрыть клапан, состояние 0 – остановить клапана.

В начале описано состояние «-1», в котором закрывается запорно-регулирующий клапан (рис.4.32).

```

-1:
  close:=TRUE;
  open:=FALSE;
  IF error>-turn_off THEN
    out=0;
    close:=FALSE;
  END_IF

```

Рисунок 4.32 – Состояние «-1»

В состояние «-1» закрывается запорно-регулирующий клапан и устанавливается запрет на его открытие, если значение ошибки больше отрицательного значения отключения реле, то есть входит в зону нечувствительности, то тогда выключается закрытие клапана, после чего программа переходит в состояние «0» (рис.4.32).

Далее описывается состояние «0», в котором запорно-регулирующий клапан находится в неподвижном состоянии (рис.4.33).

```
0:
  IF error<-turn_off THEN
    out:=-1;
    close:=FALSE;
    open:=FALSE;
  ELSIF error>turn_on THEN
    open:=FALSE;
    close:=FALSE;
    out=1;
  END_IF
```

Рисунок 4.33 – Состояние «0»

В состояние «0» происходит определения в какое из двух состояний «1» или «-1» перейдет программа. Если значение ошибки меньше отрицательного значения выключения отключения реле, то тогда устанавливается запрет на закрытие и открытия клапана, после чего программа переходит в состояние «-1», иначе если значение ошибки больше значение включения реле, то тогда устанавливается запрет на закрытие и открытия клапана, после чего программа переходит в состояние «1» (рис.4.33).

Далее описывается состояние «1» в котором открывается запорно-регулирующий клапан (рис.4.34).

```
1:
  open:=TRUE;
  close:=FALSE;
  IF error<turn_off THEN
    out=0;
    close:=FALSE;
    open:=FALSE;
  END_IF
END_CASE
```

Рисунок 4.34 – Состояние «1»

В состояние «1» открывается запорно-регулирующий клапан и устанавливается запрет на его закрытие, если значение ошибки меньше значения отключения реле, то есть входит в зону нечувствительности, то тогда выключается открытие клапана, после чего программа переходит в состояние «0» и закрывается конструкция «SwitchCase» (рис.4.34).

#### 4.3.4 Подпрограмма регулятора калорифера

Данная подпрограмма написана на языке программирования «CFC», представляющий собой построение схемы из функциональных блоков (рис.4.35). В подпрограмме регулятора калорифера использован функциональный блок ПИД регулятора взятый из библиотеки среды программирования CodeSys и функциональный блок трехпозиционного реле, разработка которого была рассмотрена в пункте 4.3.3.

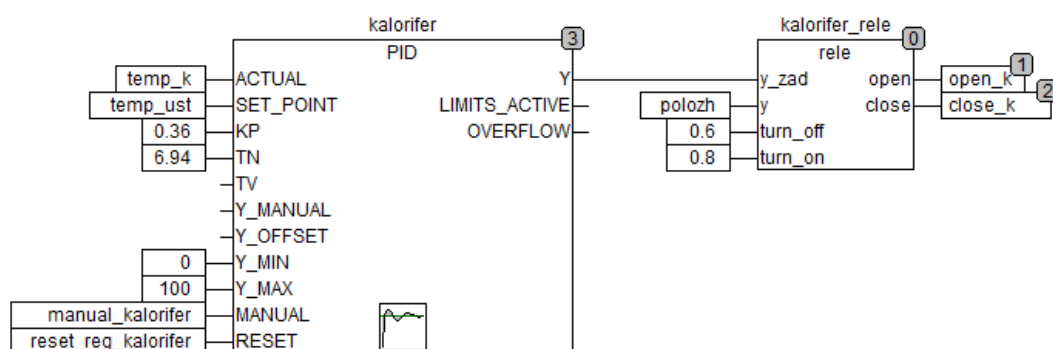


Рисунок 4.35 – Подпрограмма регулятора калорифера

У функционального блока ПИД регулятора имеются входные и выходные переменные, входными переменными являются:

1. «ACTUAL» которая соответствует реальному значению регулируемого параметра, переменная;
2. «SET\_POINT» которая соответствует заданному значению регулируемого параметра;
3. «KP» коэффициент усиления регулятора, который был рассчитан в пункте 3.4;

4. «TN» постоянная времени интегрирования, поскольку в пункте 3.4 был рассчитан коэффициент интегрирования, то для того что бы найти постоянную времени необходимо разделить коэффициент усиления на коэффициент интегрирования (4.1);

5. «Y\_MIN» минимальное значение управляющего воздействия;

6. «Y\_MAX» максимальное значение управляющего воздействия;

7. «MANUAL» ручной режим, при передаче активного сигнала на этот вход регулятор выключается, при помощи этого входа в главной программе пункт 4.3.1 выполняется включение и выключения регулятора.

$$TN = \frac{K_p}{K_i} \quad (4.1)$$

где  $TN$  – постоянная времени интегрирования;

$K_p$  – пропорциональный коэффициент;

$K_i$  – интегральный коэффициент.

$$TN = \frac{0,36}{0,052} = 6,94$$

Выходной переменной функционального блока ПИД регулятор являются «Y» управляющие воздействие, которое поступает на вход функционального блока трехпозиционного реле, который в свою очередь высчитывает ошибку между управляющим воздействием ПИ регулятора и положением запорно-регулирующего клапана и формирует сигналы управления «открыть», «закрыть» либо «стоп».

#### 4.3.5 Подпрограмма регулятора приточного вентилятора

Данная подпрограмма написана на языке программирование «CFC», представляющий собой построение схемы из функциональных блоков (рис.4.36). В подпрограмме регулятора приточного вентилятора использован



функциональный блок ПИД регулятора взятый из библиотеке среды программирования CodeSys.

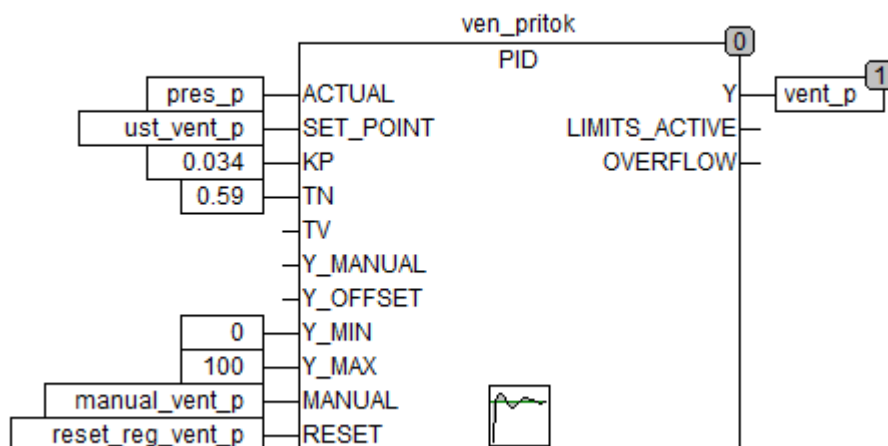


Рисунок 4.36 – Подпрограмма регулятора приточного вентилятора

Входные и выходные переменные этого блока аналогичны переменным функционального блока ПИД регулятора описанных в пункте 4.3.4.

Регулируемым параметром является давление, создаваемое вентилятором, а управляющим воздействием частота вращения привода вентилятора, которое передается частотному преобразователю. Коэффициент усиления регулятора устанавливается в соответствие с определенным коэффициентом усиления в пункте 3.2, а постоянная времени (4.2) определяется делением коэффициента усиления регулятора на коэффициент интегрирования определенного в пункте 3.2.

$$TN = \frac{K_p}{K_i} \quad (4.2)$$

где  $TN$  – постоянная времени интегрирования;

$K_p$  – пропорциональный коэффициент;

$K_i$  – интегральный коэффициент.

$$TN = \frac{0,034}{0,057} = 0,59$$

Аналогично подпрограмме регулятора приточного вентилятора построена подпрограмма регулятора вытяжного вентилятора.

#### 4.3.6 Подпрограмма управления дросселями в TRACEMODE

Для визуального отображение положения дросселей необходимо иметь реальное числовое значение которое задает положение фигуры, изображенной в рабочей области SCADA системы, то есть угол поворота изображенного дросселя будет равен числу которое передается в команду управления положения изображения. Поскольку положение дросселей сигнализируется срабатыванием конечных выключателей, имеющих булевский тип сигнала, необходимо преобразовать эти сигналы в реальное числовое значение.

```

IF closed_drosel_p THEN
    status_p:=0;
ELSIF opened_drosel_p30 AND NOT opened_drosel_p70 THEN
    status_p:=30;
ELSIF opened_drosel_p70 AND opened_drosel_p30 THEN
    status_p:=70;
END_IF

```

Рисунок 4.37 – Подпрограмма управления дросселями в TRACEMODE

Для начала заводится переменная «status\_p» типа REAL в которое будет передаваться реальное числовое значение. Если дроссель приточного воздуховода закрыт, то тогда в переменную «status\_p» записывается значение 0, иначе если дроссель приточного воздуховода открыт на 30% и не открыт на 70%, то тогда в переменную «status\_p» записывается значение 30, иначе если дроссель приточного воздуховода открыт на 30% и на 70%, то тогда в переменную «status\_p» записывается значение 70%. Аналогичным способом производится преобразование всех остальных дросселей.

#### 4.4 Разработка операторской панели

Операторская панель – это программируемая панель имеющая сенсорный экран для взаимодействия с человеком. Панель располагается на двери шкафа управления, что позволяет оператору или ремонтному персоналу находясь не-

посредственно в близи шкафа управления, знать информацию о текущих регулируемых параметрах, о статусе работы установки и иметь доступ к переводу системы в ручной режим, а так же иметь возможность производить сброс аварии, останов установки и ее старт, без использование кнопок которые так же как и операторская панель размещены на двери шкафа управления (рис.4.38).

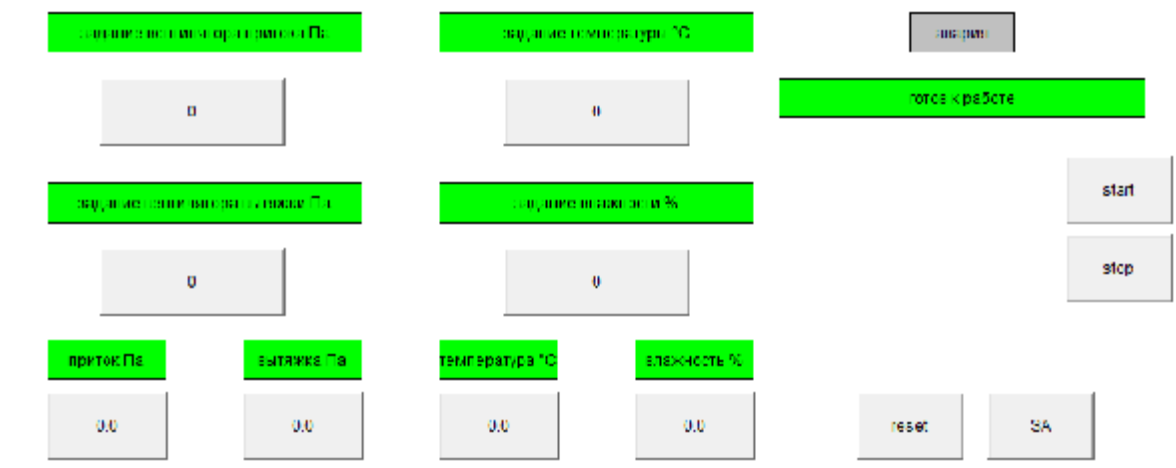


Рисунок 4.38 – Операторская панель

На панели имеются формы в которые можно вводить установочные значения регулируемых параметров, так же на панели отображаются текущие значения регулируемых параметров и их единицы измерения. В верхнем правом углу расположен индикатор аварийного режима, который в случае аварии светиться красным цветом, так же под индикатором расположена область сообщений, в котором отображается статус установки, а так же в эту область при аварийном режиме выводится сообщение о том какой из датчиков зафиксировал аварийный режим. В нижнем правом углу расположены кнопки управления, и переключатель в ручной режим (рис.4.38).

Для того что бы в форму выводить необходимое значение необходимо пройти в настройки формы и в вкладке «переменные» в строке «вывод текста» указать переменную значение которой необходимо вывести (рис.4.39).

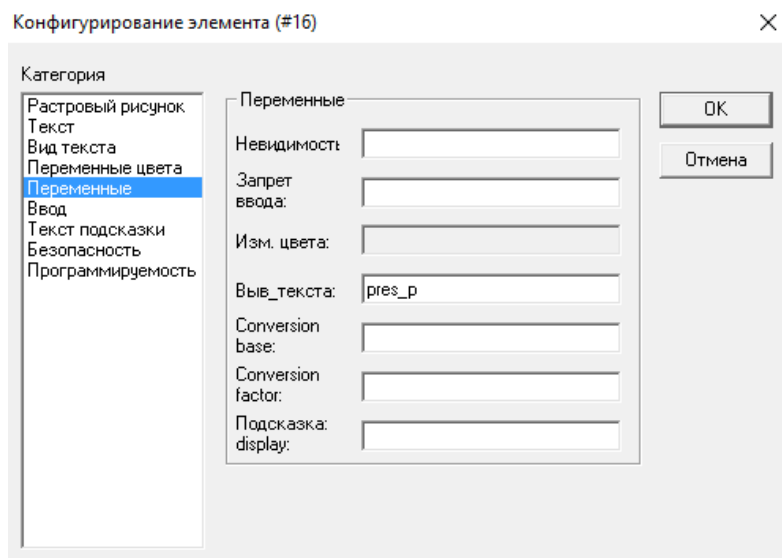


Рисунок 4.39 – Вывод значения на операторскую панель

Для того что бы выводимое число округлялось необходимо в настройках в вкладке «текст» указать сколько знаков после запятой нужно сохранить (рис.4.40).

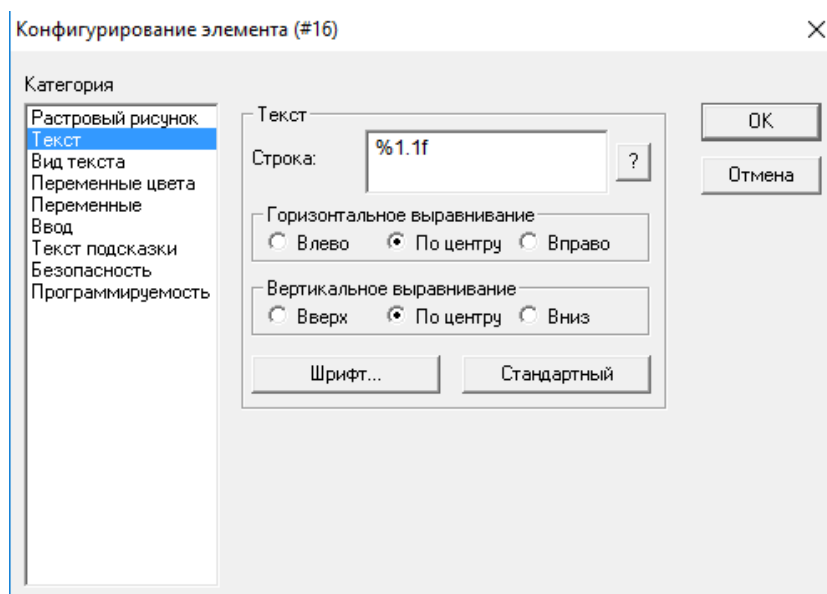


Рисунок 4.40 – Округление выводимого значения на операторскую панель

Для ввода с операторской панели значение необходимо перейти в настройки формы где в вкладке «переменные» в строке «вывод текста» указать переменную в которую будет записано передаваемое значение, далее перейти в вкладку «ввод», где нужно поставить галочку в пункте «ввод в переменную 'вывод текста'» и указать максимальное и минимальное значение ввода

(рис.4.41) после чего перейти в вкладку «текст» и указать что значение будет вводится непосредственно в форму (рис.4.42).

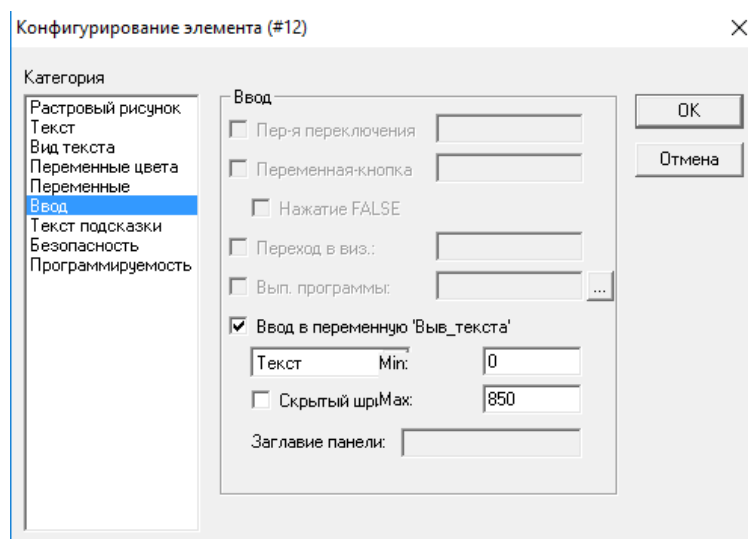


Рисунок 4.41 – Ввод значения с операторской панели

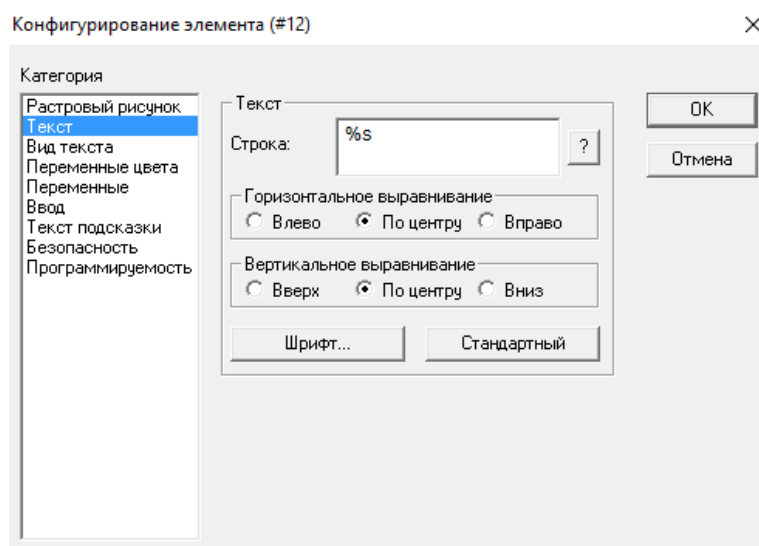


Рисунок 4.42 – Ввод значения с операторской панели

Для работы кнопки необходимо перейти в ее настройки и в вкладке «ввод» установить галочку в пункте «переменная кнопка» и в поле расположенное в этом пункте ввести переменную в которую нужно передать значение (рис.4.43).

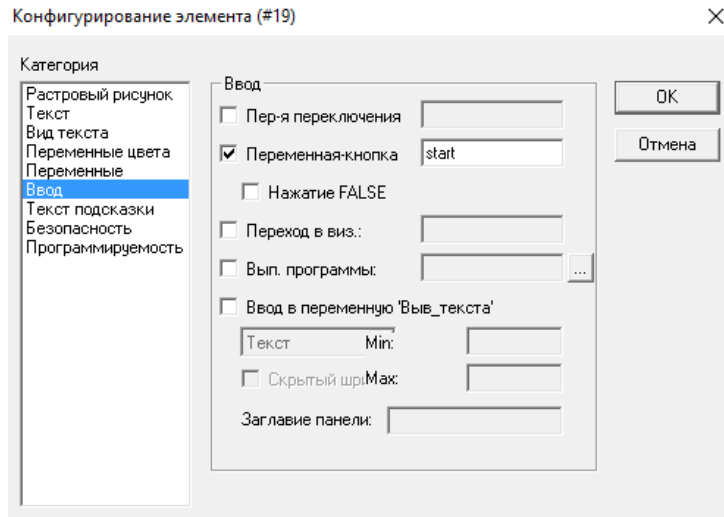


Рисунок 4.43 – Настройка кнопки

#### 4.5 Отладка программы управления

Для отладки программы управления используется модель приточно-вытяжной вентиляции, разработанная в Simulink.

При отладке программы управления удобнее пользоваться операторской панелью. При загрузке программы в виртуальный контроллер, запускается схема моделирование, после этого вводятся задания регулируемых параметров, давления приточного вентилятора, давления вытяжного вентилятора, температура воздуха и влажность воздуха (рис.4.44).

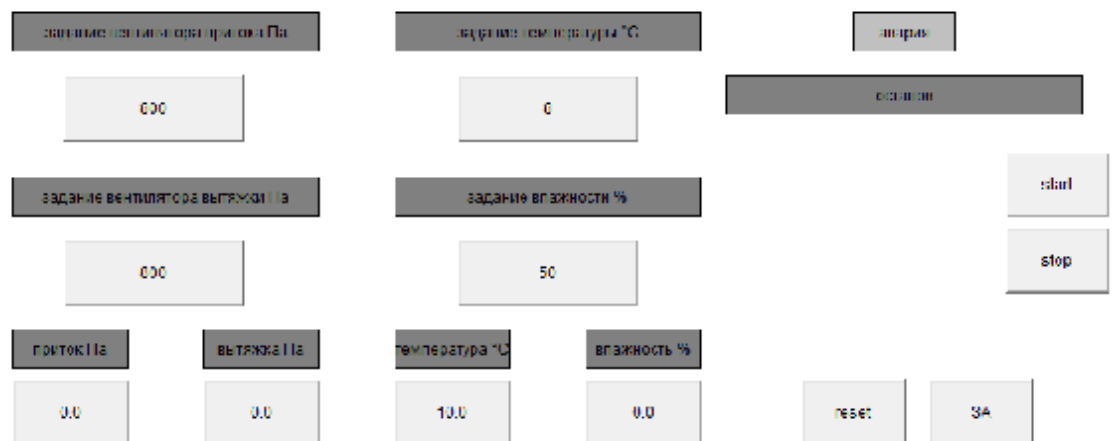


Рисунок 4.44 – Ввод задания регулируемых параметров

При вводе задания регулируемых параметров (рис.4.44) видно, что на момент ввода данных температура составляла 10 градусов, что соответствует

температуре уличного воздуха, а влажность в камере составляет 25.3%.

После ввода задания, запускается программа управления приточно-вытяжной вентиляцией при помощи кнопки старт, спустя время в отображении статуса работы установки видно сообщения о том, что установка работает в автоматическом режиме, давления приточного и вытяжного вентилятора равны заданным величинам, температура воздуха установилась в значение 8.1 градус, с погрешностью в 0.1 градус, влажность воздуха продолжает расти, поскольку она меньше заданного значения влажности (рис.4.45).

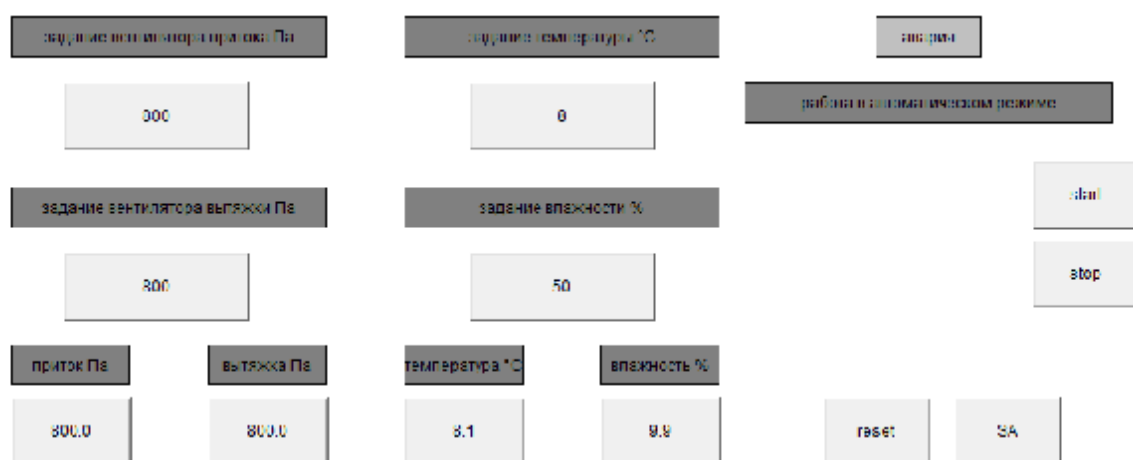


Рисунок 4.45 – Запуск установки приточно-вытяжной вентиляции

В момент когда значение влажности становится больше заданного значения, начинает работать кондиционерная установка, это видно из того что температура воздуха начинает снижаться, поскольку температура поверхности испарителя должна стать меньше двух градусов, и в регулирование температуры вступит калорифер (рис.4.46).

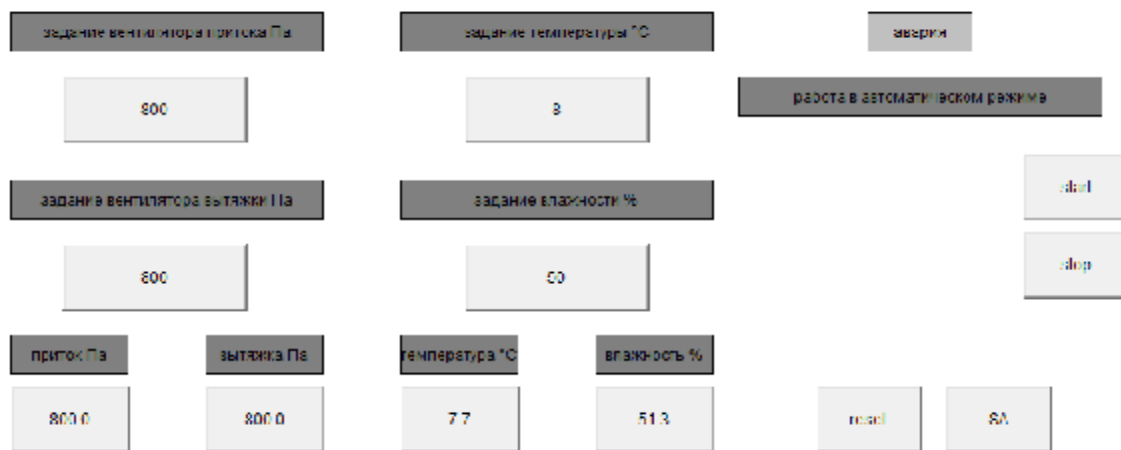


Рисунок 4.46 – Регулирование влажности

Далее видно что температура отрегулирована, так же влажность воздуха соответствует заданному урону (рис.4.47) и система работает стабильно.

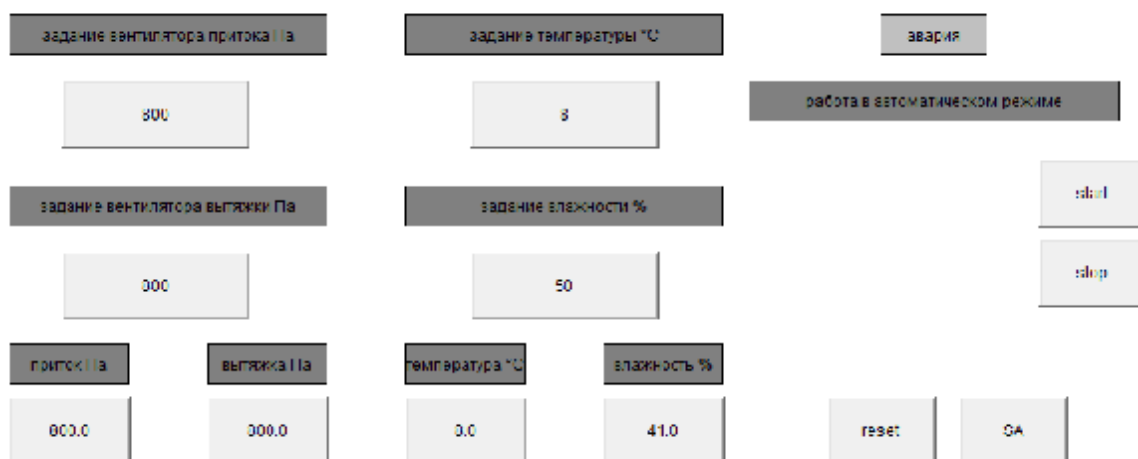


Рисунок 4.47 – Работа установки приточно-вытяжной вентиляции

Далее следует отладить система на возникновение аварийного режима, для этого моделируется аварийная ситуация при помощи модели приточно-вытяжной вентиляции в Simulink.

Переведя выключатель контактного датчика давления всаса компрессора в положение «1», моделируется ситуация срабатывания данного датчика (рис.4.48).



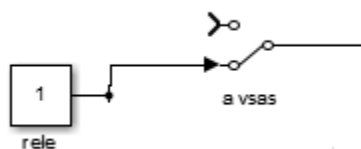


Рисунок 4.48 – Моделирование аварийного режима

При срабатывании датчика система перешла в аварийное состояние, о чем сигнализирует индикатор «авария» светясь красным цветом, так же в строку состояния выведено сообщения что сработал датчик всаса, в аварийном режиме так же отключились все механизмы, что видно из показания давления приточного и вытяжного вентилятора, поскольку давления равно нулю (рис.4.49).

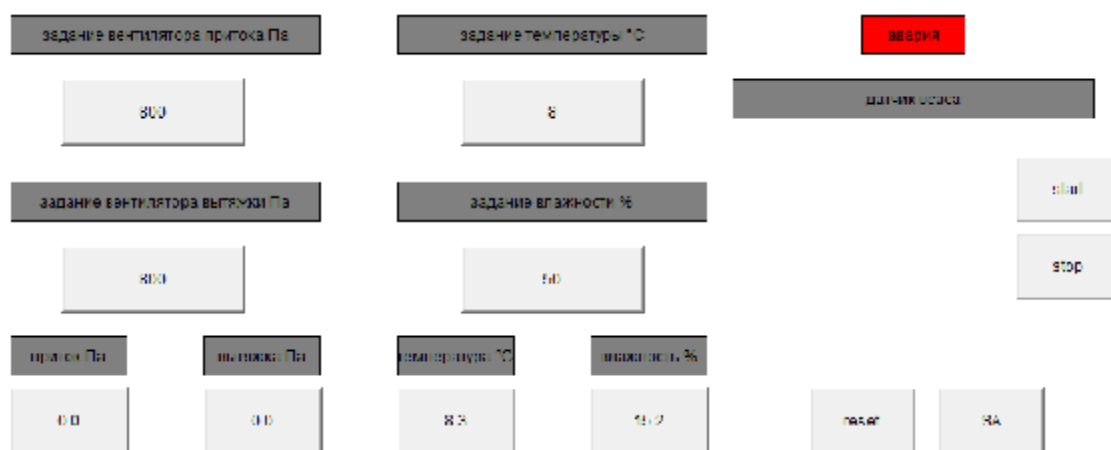


Рисунок 4.49 – Аварийный режим установки приточно-вытяжной вентиляции

Полная отладка системы будет проводится далее при помощи SCADA системы, которая является самым удобным средством для отладки, поскольку в SCADA системе есть возможность без труда просмотреть работу всех механизмов и всех показаний.

На данном этапе отладки можно считать, что система справляется с регулированием всех необходимых параметров и с возникновением аварийных режимов.

## 5 РАЗРАБОТКА SCADA - СИСТЕМЫ

SCADA - система разрабатывается для работы оператора, благодаря которой в режиме реального времени можно следить за работой всей системы автоматизации в целом, а так же иметь удаленный доступ к управлению системой. Кроме этого благодаря SCADA системе возможно архивировать любые технологические данные получаемые от контроллера в базу данных, что позволяет их удобно анализировать.

### 5.1 Разработка интерфейса SCADA-системы

Интерфейс SCADA системы должен полностью отображать систему автоматизации, а так же быть удобен в пользование, так же все средства управления должны размещаться отдельно от основного рабочего пространства.

В данной системе требуется два экрана, на первом экране будет расположена основная схема системы автоматизации, на которой будут отображены все механизмы, а так же датчики. На первом экране должны располагаться органы управления и поля для записи задания, а так же сигнализация аварийного режима. На втором экране необходимо расположить графики на которых отображаются основные регулируемые параметры и управляющие сигналы.

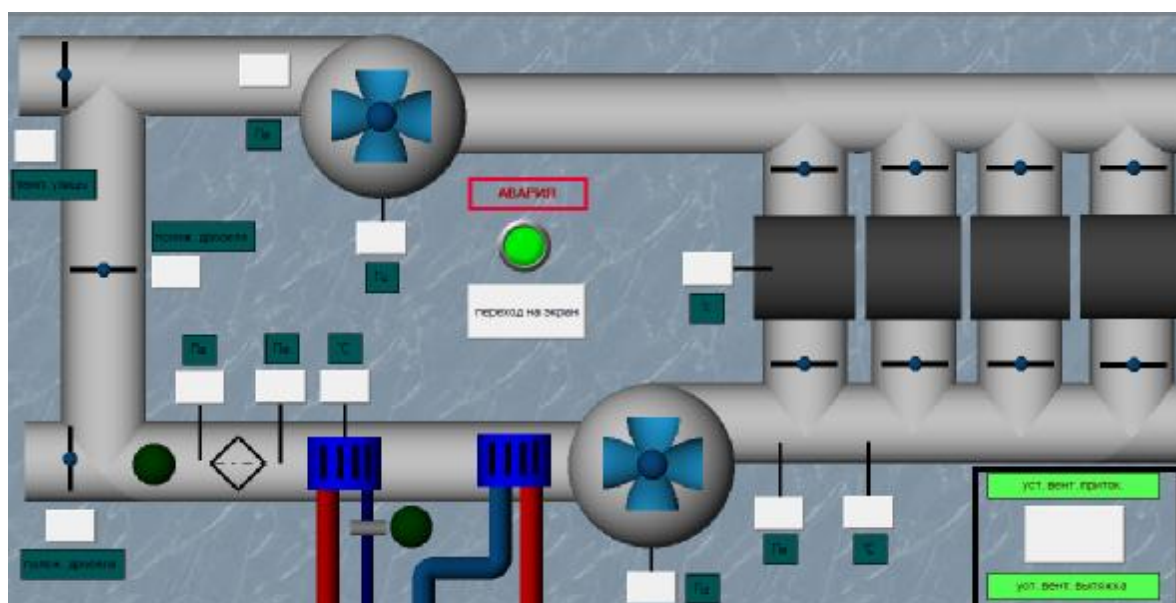


Рисунок 5.1 – Интерфейс экрана №1 часть 1

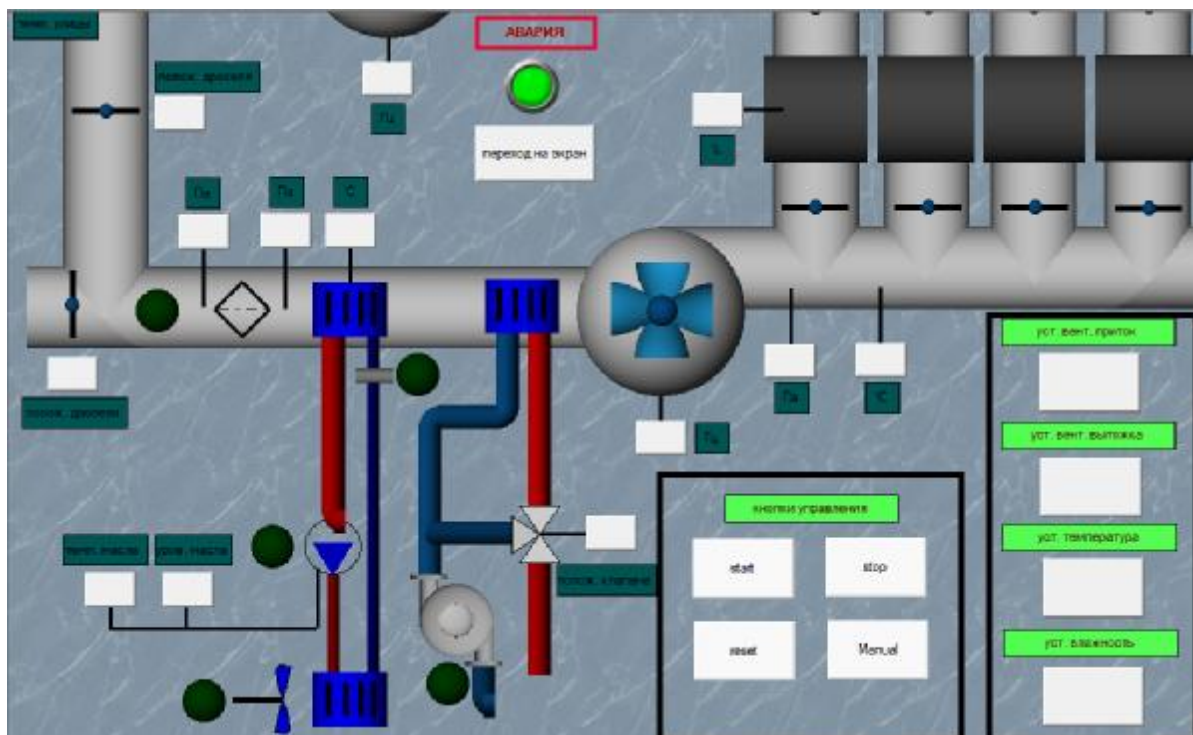


Рисунок 5.2 – Интерфейс экрана №1 часть 2

Из рисунка 5.1 и рисунка 5.2 видно, что в основной рабочей области расположена схема приточно-вытяжной вентиляции, на которой отображены приточный и вытяжной вентилятор, ультрафиолетовая лампа, фильтр, четыре камеры в которые подается приточный воздух и так же вытягивается воздух в вытяжку, кроме этого на схеме расположены дроссели которые в процессе работы должны приводится в движение и отображать их процент открытия, так же на схеме расположены калорифер с обвязкой в которую входит трубопровод, где цвет каждой трубы указывает на температуру теплоносителя проходящего через нее, в этой же обвязки располагается запорно-регулирующий клапан и насос, а перед калорифером изображен испаритель с трубопроводом, где цвет каждой трубы указывает на температуру теплоносителя проходящего через нее, а так же в состав этого трубопровода входят компрессор, конденсатор, вентилятор конденсатора и соленоид. Все выше перечисленные элементы были нарисованы при помощи средств находящийся в панели инструментов программы. В качестве сигнализаторов о работе того или иного исполнительного механизма применена фигура «круг», цвет которой зависит от сигнала переменной, к кото-

рой привязана эта фигура. В качестве датчиков используются кнопки, в которые удобно выводить значение, а так же они всегда попадают во внимания. Рядом с каждым датчиком имеется надпись в которой имеется описание единицы измерения данного сигнала, либо описание принадлежности сигнала. В центре рабочего пространства расположена лампа зеленого цвета которая имеет надпись «авария», при аварийном режиме лампа имеет красный цвет. Рядом с сигнализацией аварийного режима расположена кнопка перехода на второй экран. В нижнем правом углу расположены поля для ввода задания, выполненных кнопкой и имеют функцию подтверждения действия, так же рядом располагаются кнопки управления, для того что бы запустить или остановить систему необходимо нажать кнопку и дождаться, когда ее цвет поменяется на зеленый, это сделано для того что бы избежать потери сигнала, поскольку обмен данными между SCADA системой и контроллером происходит с задержкой.

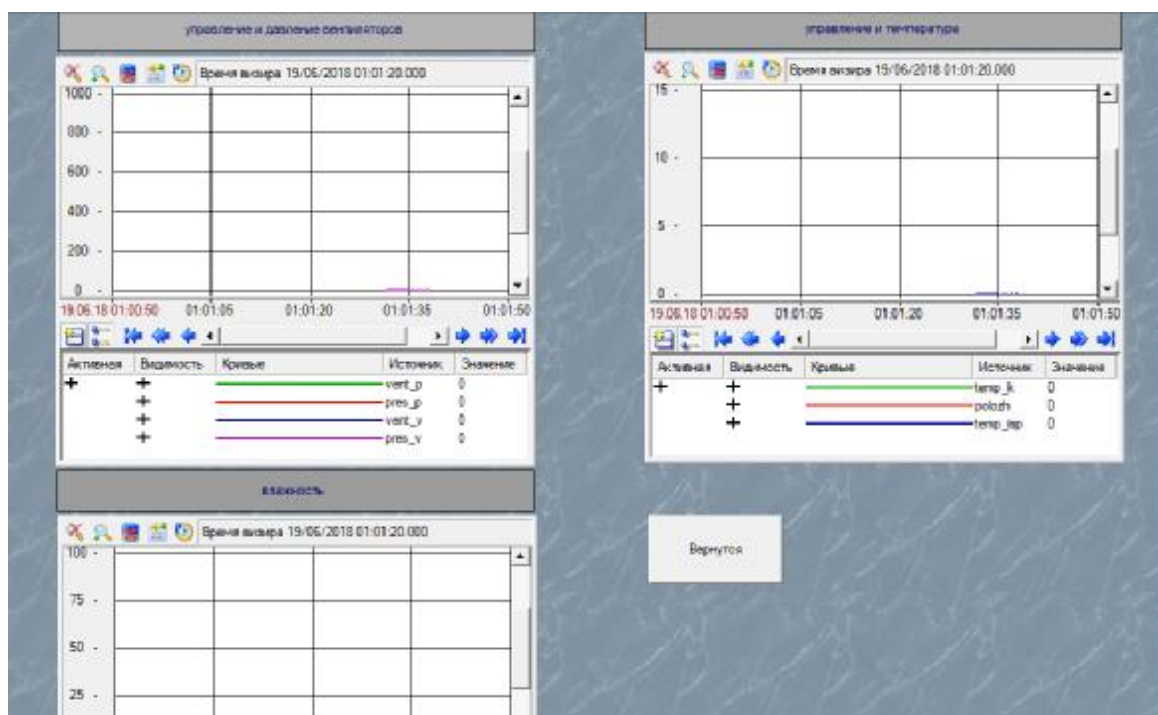


Рисунок 5.3 – Интерфейс экрана №2

На втором экране расположены три графика (рис.5.3), на первый график выводятся значения управления приточным и вытяжным вентилятором и значения давлений, создаваемых этими вентиляторами. На втором графики выведены значения температуры воздуха в воздуховоде, температуры поверхности

испарителя и положения запорно-регулирующего клапана. Каждый из графиков подписан надписью сверху. в свободной рабочей области расположена кнопка перехода на первый экран.

## 5.2 Настройка связи с контроллером

После того как разработан и построен интерфейс экранов, необходимо установить связь с контроллером, то есть перенести необходимые переменные из котроллера в SCADA систему которыми можно пользоваться в SCADA [9].

Для того что бы воспользоваться переменными контроллера необходимо перейти в вкладку «источники/приемники», после этого нажать правой кнопки мыши на вкладку и создать группу OPC, после чего нажать правой кнопкой мыши на «OPC» и создать OPC – сервер (рис.5.4).

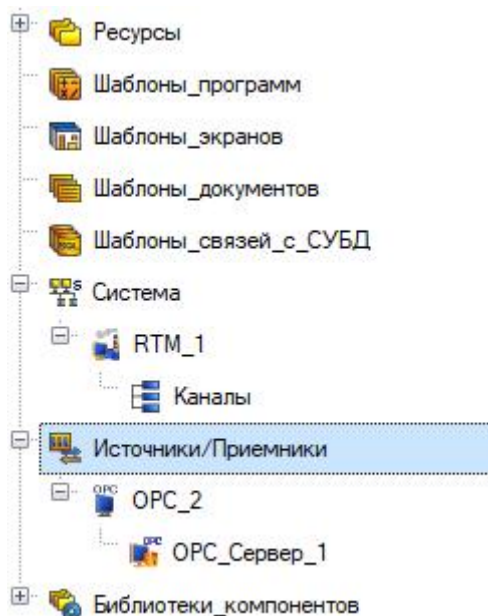


Рисунок 5.4 – Создание OPC сервера в источниках

Следующим шагом является создание компонента OPC, после чего зайти в свойства компонента (рис.5.5), где нужно указать путь к переменной которая хранится в котроллере (рис.5.6), так же в свойствах компонента нужно указать тип сигнала, его направления и имя переменной которая будет иметь компонент.

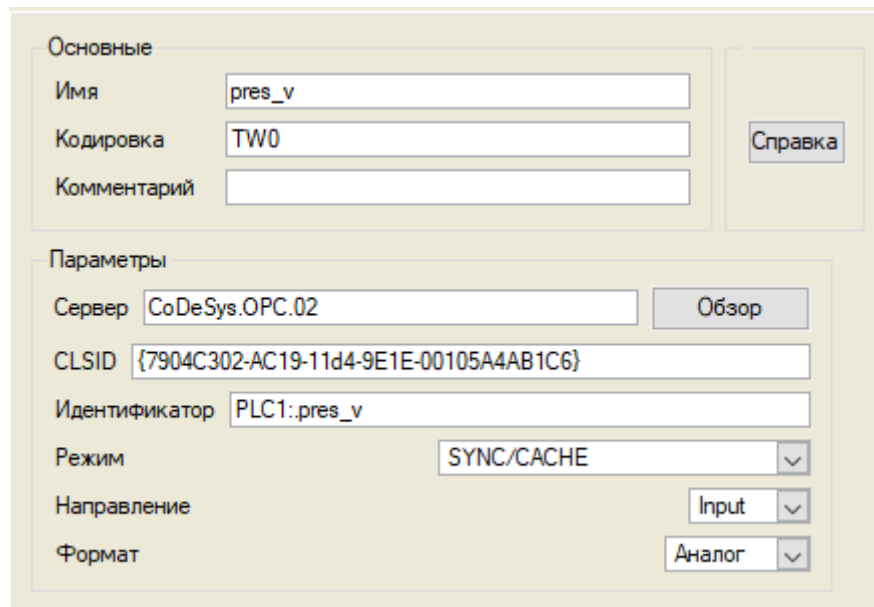


Рисунок 5.5 – Свойства компонента

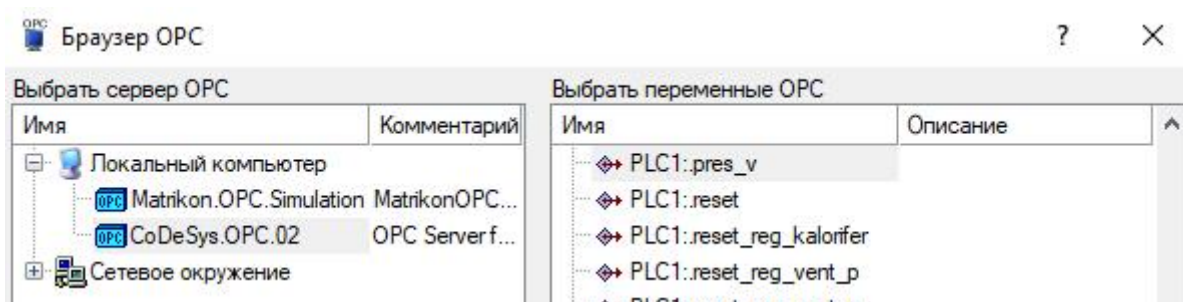


Рисунок 5.6 – Путь переменной

Так в рисунке 5.5 взята переменная давления создаваемого вытяжным вентилятором, тип сигнала выбран аналоговым направление сигнала выбрано входным.

Аналогично добавляются все переменные участвующие в мониторинге и управление.

### 5.3 Привязка переменных к компонентам интерфейса

В начале привязки нужно создать каналы для переменных, значение которых будет выводиться, к ним относятся переменные всех датчиков и сигналов управления.

Для того что бы создать канал нужно перейти в вкладку «система», после перейти в узел «RTM», а далее в группу «каналы» (рис.5.7).

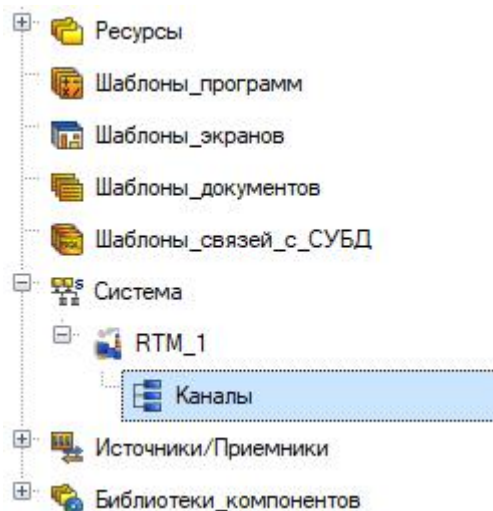


Рисунок 5.7 – Создание каналов

Далее нужно создать компонент типа Float поскольку все переменные для которых создаются каналы имеют аналоговый тип сигнала. После выполняется переход в свойства канала типа float, где в вкладке «дополнительно» создается привязка к соответствующей переменной из «источников» и задается имя канала (рис.5.8).

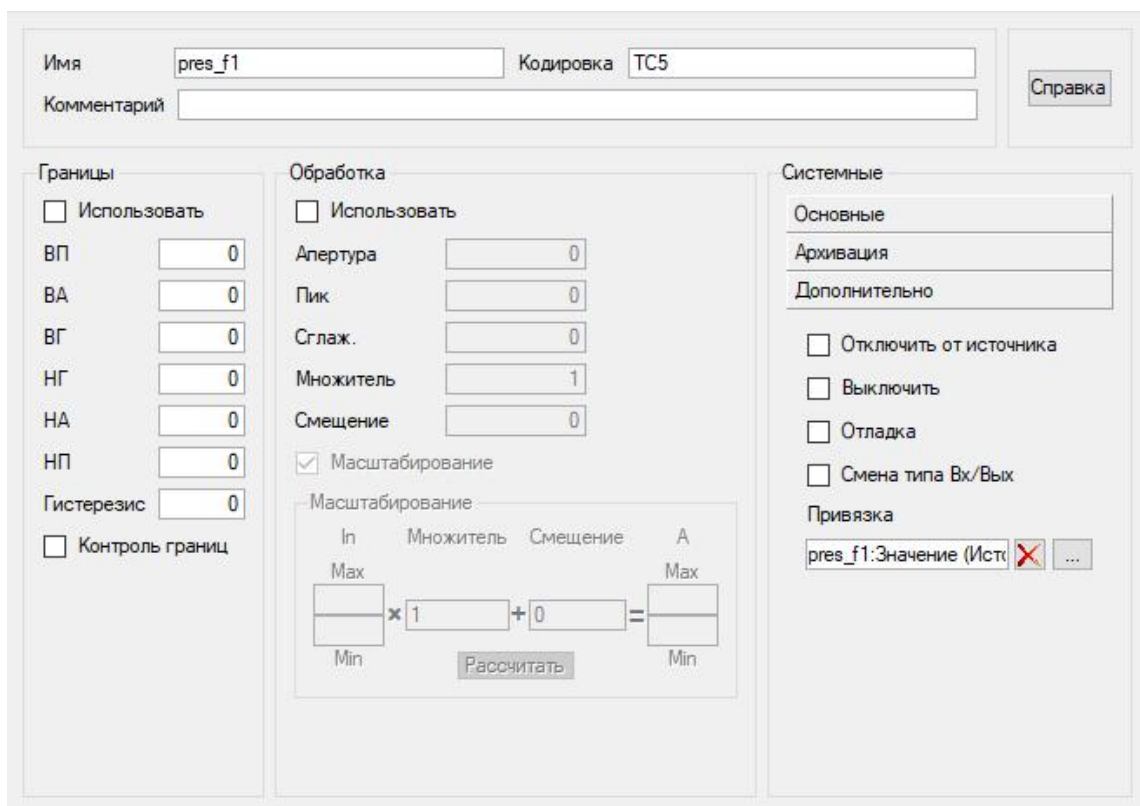


Рисунок 5.8 – Свойства канала

В рисунке 5.8 приведен пример создания канала для датчика давления находящегося перед фильтром. Остальные каналы создаются аналогично.

После того как все каналы созданы можно приступить к привязки переменных к компонентам экрана.

Для начало делается привязка к кнопкам в которые вводятся задания. Для этого нужно зайти в свойства кнопки, где в поле «текст» нужно выбрать поле «индикация» в котором выбирается «значение» (рис.5.9).

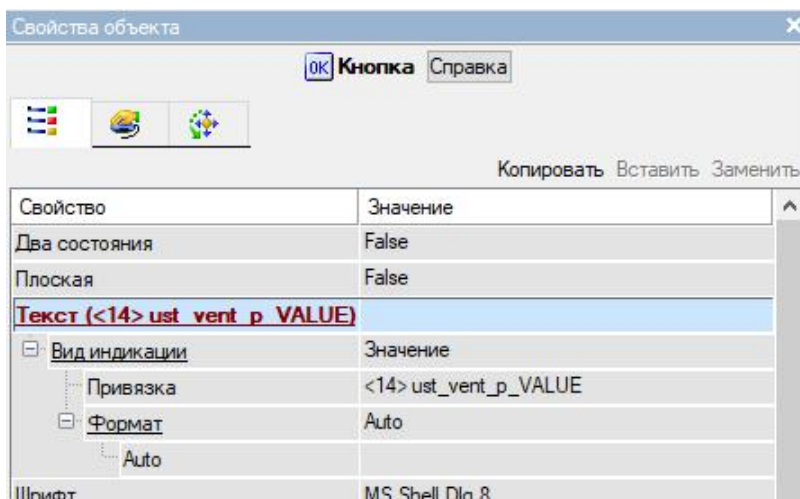


Рисунок 5.9 – Работа с полем текст

После этого нужно пройти в поле «привязка», после его открытия всплывает окно (рис.5.10), в котором нужно создать аргумент и привязать его к соответствующей переменной из «источников».

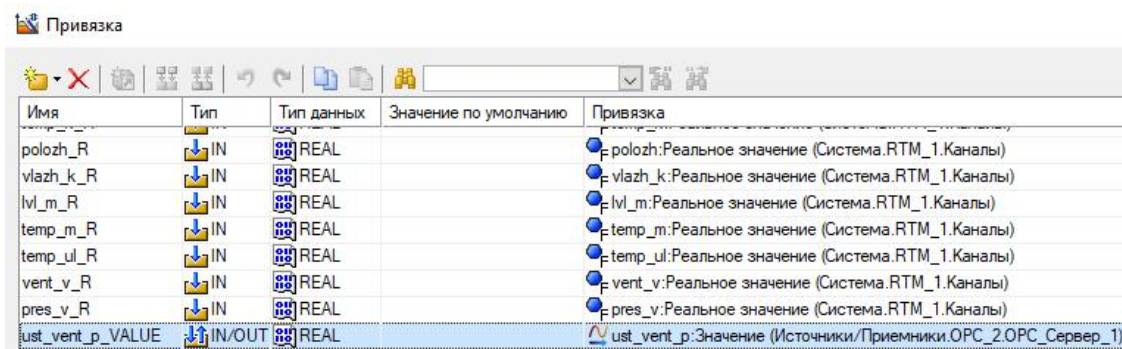


Рисунок 5.10 – Привязка в поле текст

После таких операций в кнопку будет выводиться значение задания.

Для того что бы настроить ввод значения нужно перейти в вкладку собы-



тия, где в поле «MousePress» нужно выбрать «передать значение», далее в поле «тип передачи» выбрать пункт «ввести и передать» и привязать результат к соответствующей переменной, так же в этой вкладке настраивается подтверждение действия (рис.5.11).

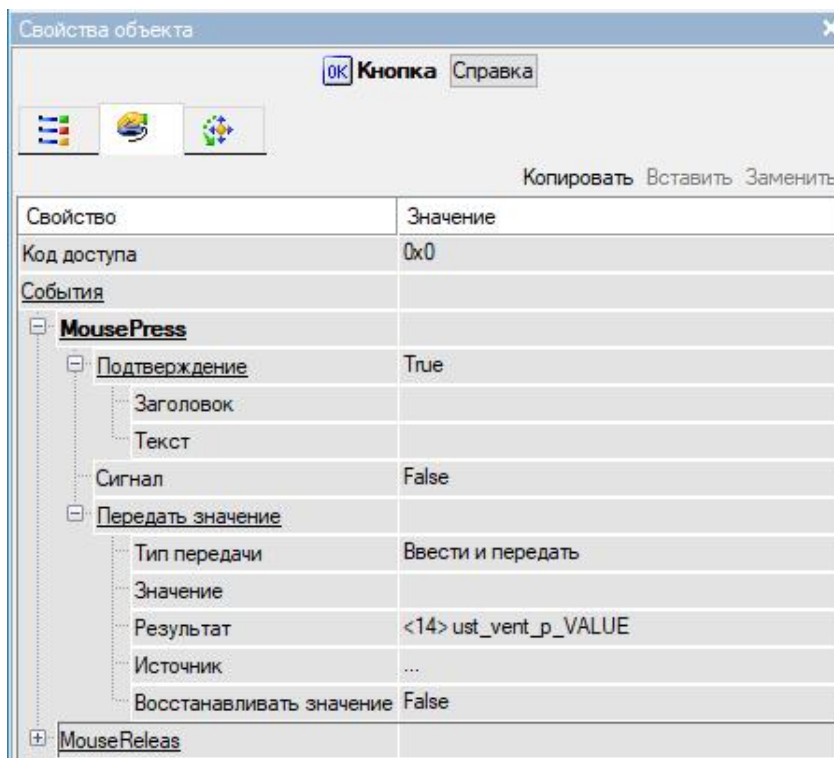


Рисунок 5.11 – Настройка ввода значения

Аналогичным способом настраиваются остальные кнопки отвечающие за ввод задания.

Следующий шаг настройка кнопок управления, для того что бы передать значение в булевскую переменную нужно зайти в свойства кнопки, и перейти в вкладку события, где выбирается «передать значения», в поле «тип передачи» выбирается пункт «прямая», после этого устанавливается значение которое нужно передать, в данном случае во всех кнопках управления передается значение единица и выполняется привязка к переменной в которую будет записан результат (рис.5.12).

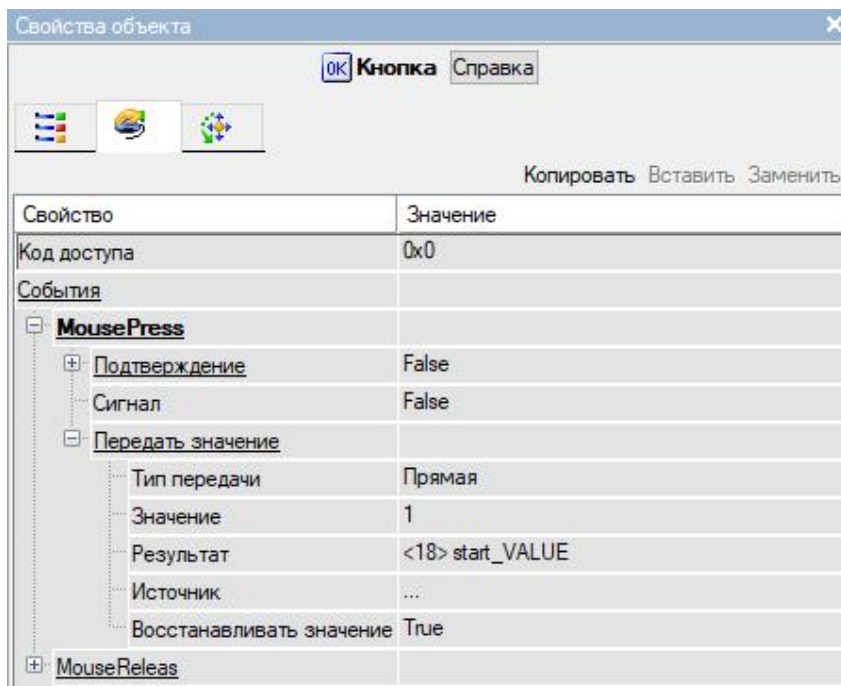


Рисунок 5.12 – Настройка кнопки управления

Поскольку при передачи данных есть задержка, нужно иметь подтверждение что сигнал был доставлен, для этого выполняется подсветка кнопка, которая будет выполняться в том случае если значение переменной установилось в единицу. Для этого в свойствах кнопки нужно перейти в поле «заливка», где выбирается вид индикации «аргумент=константа», после чего выполняется привязка к соответствующей переменной, устанавливается цвет заливки кнопки при истинном значении переменной и указывается константа, в данном случае во всех кнопках управления это значения равно единицы (рис.5.13).

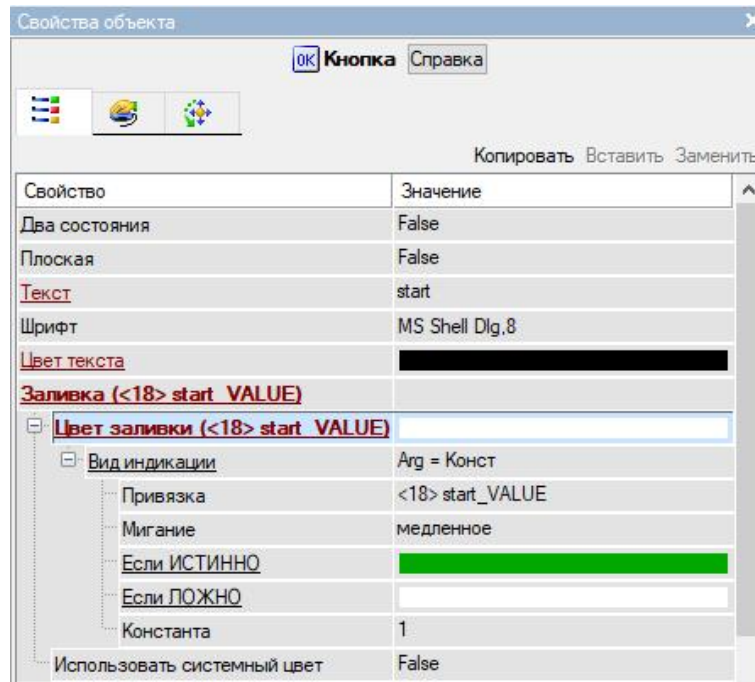


Рисунок 5.13 – Настройка подсветки кнопки

Аналогичным способом настраиваются остальные кнопки управления.

Сигналы, указывающие на работу механизмов организованы аналогичным способ (рис.5.13)

Далее выполняется привязка к датчикам, для этого нужно пройти в свойства кнопки и выполнить привязку в поле «текст» с видом индикации «значения», в случае датчиков привязка осуществляется не напрямую к переменным с «источника», а к каналам.

Привязка переменной срабатывания лампы сигнализирующая аварию, для этого нужно перейти в свойства лампы и привязать ее к переменной «signal» и «источников», после чего необходимо указать вид индикации выбрав пункт «аргумент=>константа» в качестве константы указывается единица (рис.5.14).

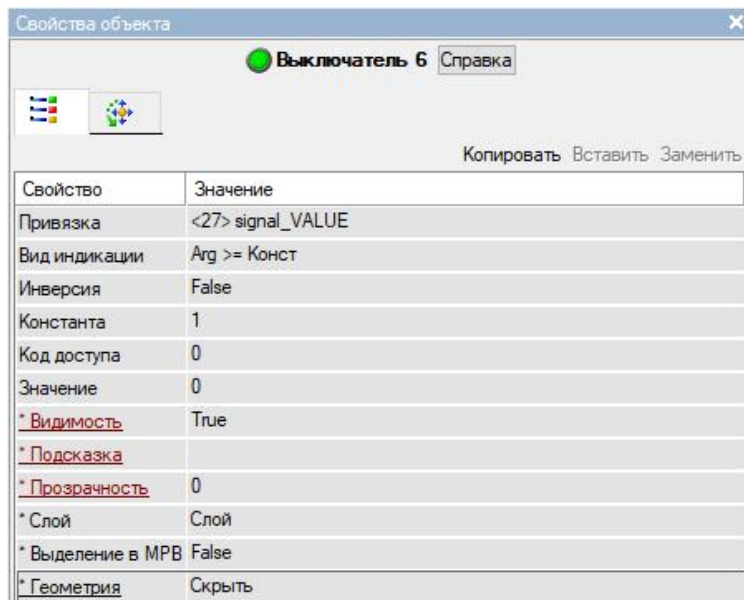


Рисунок 5.14 – Настройка сигнализации аварийного режима

Следующий шаг привязка дросселей, дросселя должны поворачиваться на заданный угол, для этого необходимо перейти в свойства объекта, и перейти в вкладку «динамическая трансформация», далее выставляется галочка в пункте вращения и выполняется привязка к соответствующей переменной, в данном случае привязка выполняется к канал «status» логика которых описана в пункте 4.3.6. Далее необходимо указать начальный и конечный угол поворота объекта от 0 до 90 и минимальное и максимальное значение переменной от 0 до 100 (рис.5.15).

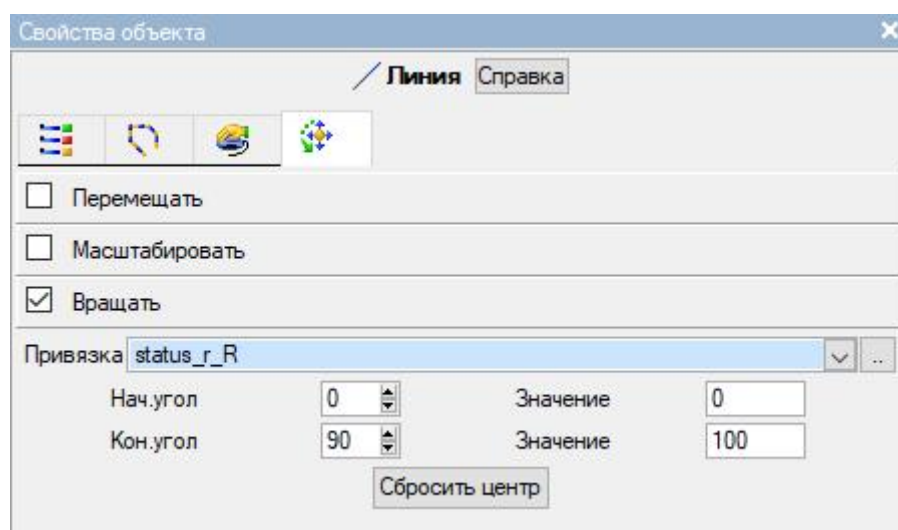


Рисунок 5.15 – Настройка вращения дросселей

При настройке вращения дросселей нужно указать точку вокруг которой будет осуществляться вращение объекта.

Вращение остальных дросселей выполняется аналогично.

Для перехода на второй экран, выполняется переход в свойства кнопки отвечающей за переход на второй экран, далее открывается вкладка события, где в поле «MousePress» выбирается пункт «перейти на экран», после чего выбирается экран на который необходим переход (рис.5.16).

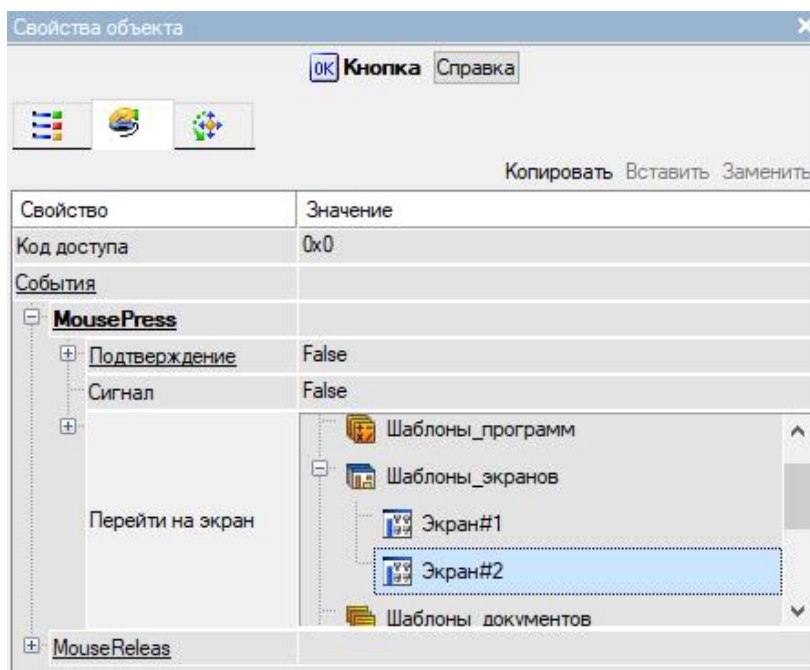


Рисунок 5.16 – Настройка перехода на экран №2

На втором экране расположены тренды с управляющими воздействиями и регулируемые параметры.

Для настройки тренда, в свойствах объекта выполняется переход в вкладку «кривые», где создается необходимое количество кривых, далее к кривым привязываются каналы, выставляется толщина и цвет линии, а так же максимальное и минимальное значение переменной, от значений которых зависит масштаб на графиках (рис.5.17).

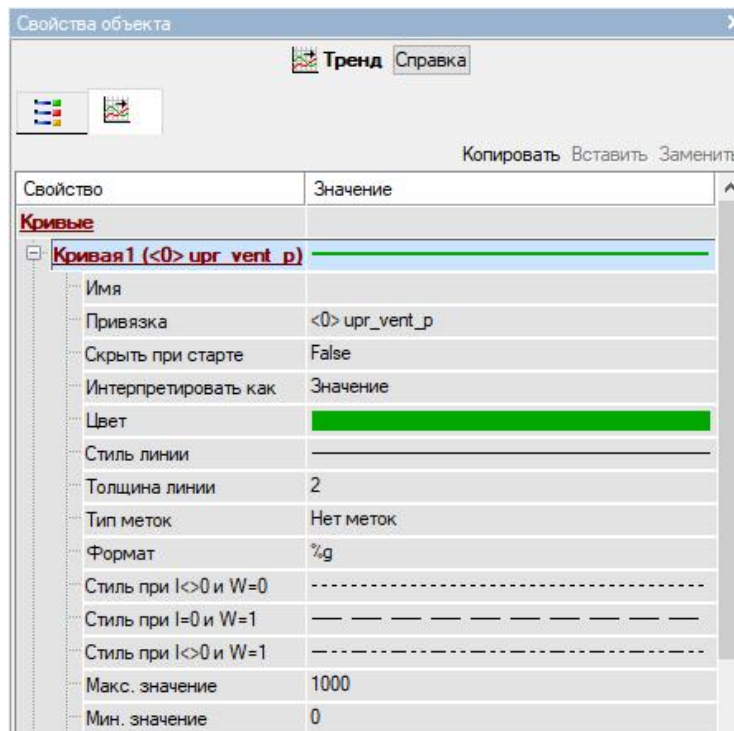


Рисунок 5.17 – Настройка тренда

Аналогичным способом проходит настройка остальных трендов.

#### 5.4 Отладка работы системы

Ранее отладка программы управления была сделана, частично причиной чего было сложность просматривания состояние всех переменных. SCADA система позволяет провести отладку программы управления и самой SCADA системы поскольку в ней видно работу всех исполнительных механизмов и состояние датчиков.

Запустим программу управления с модель приточно-вытяжной вентиляции построенную в Simulink и запустим SCADA систему.

В начале работы (приложение Б) видно, что все находится в выключенном положении, работает только датчик температуры воздуха в воздуховоде, датчик влажности, датчик температуры поверхности испарителя, датчики давления расположение перед и после фильтра, а так же датчики температуры и уровня масла.

Далее устанавливается задания, где давление приточного и вытяжного вентилятора устанавливается 800 Па, температура воздуха 8 градусов и влаж-

ность воздуха 50%. После этого нажимается кнопка старт, начало работы установки (приложение В).

После этого наблюдается что температура воздуха в воздуховоде стабилизировалась за счет работы кондиционерной установки и равна 8.1 градус, по датчикам давления видно, что давление находится в норме и равно заданию. Так же видно, что все дроссели открылись соответственно своему положению, поскольку разница между уличной температурой и заданной температурой меньше 10, то дроссель приточного воздуховода открыт на 70%, а дроссель рециркуляционного воздуховода открыт на 30%, что является нормой. Так же видно, что в работе находится ультрафиолетовая лампа (приложение Г).

Далее видно, что значение влажности в камере превысило заданное значение из-за чего включилась кондиционерная установка, механизмы которой работают исправно, так же из-за работы кондиционерной установки начала падать температура воздуха в воздуховоде, поэтому в работу включился регулятор калорифера и начал открывать запорно-регулирующий клапан, в обвязке калорифера работает насос (приложение Д).

Спустя некоторое время видно, что температура поверхности испарителя стала меньше двух градусов и кондиционерная установка отключилась, калорифер продолжает регулировать температуру (приложение Е).

Спустя промежуток времени можно наблюдать что температура воздуха в воздуховоде стабилизировалась, температура поверхности испарителя увеличилась, но кондиционерная установка находится в отключенном режиме, поскольку значение влажности пришло в норму, система работает стабильно и правильно, перейдя на второй экран можно просмотреть как изменялись регулируемые параметры, где видно что регуляторы температуры отрабатывают все возмущения, давления создаваемое вентиляторами поддерживается стабильно, а значение влажности находится в допустимой норме (приложение Ж).

Далее в модели приточно-вытяжной вентиляции было изменено значение уличной температуры на -20, при этом поскольку разница между значением уличной температуры и значением заданной температуры, дроссель приточного

воздуховода закрылся до 30%, а дроссель рециркуляционного воздуховода открылся на 70%. Запорно-регулирующий клапан открылся на 50% для того чтобы стабилизировать температуру воздуха в воздуховоде. Все элементы системы при этом работают в нормальном режиме без каких-либо нарушений. Перейдя на второй экран по второму тренду можно проследить как изменялось положение клапана и температура воздуха в воздуховоде, из графика видно, что значение температуры пришло к заданному значению (приложение 3).

После проверки всех возможных ситуаций была смоделирована авария, срабатыванием теплового реле насоса, после чего сработала сигнализация аварийного режима, после чего прекратилась работа всех механизмов, все дроссели были закрыты (приложение 4).

При проведении отладки работы автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции, не было выявлено некорректных режимов работы, все механизмы работают правильно в нормальном режиме, программа четко регулирует необходимые параметры, положение дросселя устанавливается верно, аварийный режим работает верно. SCADA система информативна и правильно предоставляет все необходимые данные.



## 6 ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

При вводе в эксплуатацию автоматизированной системы управления точно-вытяжной вентиляции необходимо провести некоторое количество мероприятий.

Перед включением реальной системы, с реальными механизмами необходимо провести конфигурацию промышленного логического контроллера, а также модулей ввод аналоговых сигналов. Перед загрузкой программы в контроллер необходимо все глобальные переменные привязать к реальным входам и выходам контроллера, большая часть переменных должна быть привязана к модулям ввода-вывода дискретных сигналов и модулям ввода аналоговых сигналов через интерфейс RS-485.

Для того что бы присвоить переменные к реальным входам и выходам контроллера, нужно создать новый проект и в настройках указать модель контроллера, после чего поместить в новый проект готовый исходный код, после чего в вкладке «ресурсы» в разделе «конфигурация ПЛК» установить переменные на реальные входы и выходы контроллера (рис.6.1) согласно электрической схемы управления (работа часть №1).

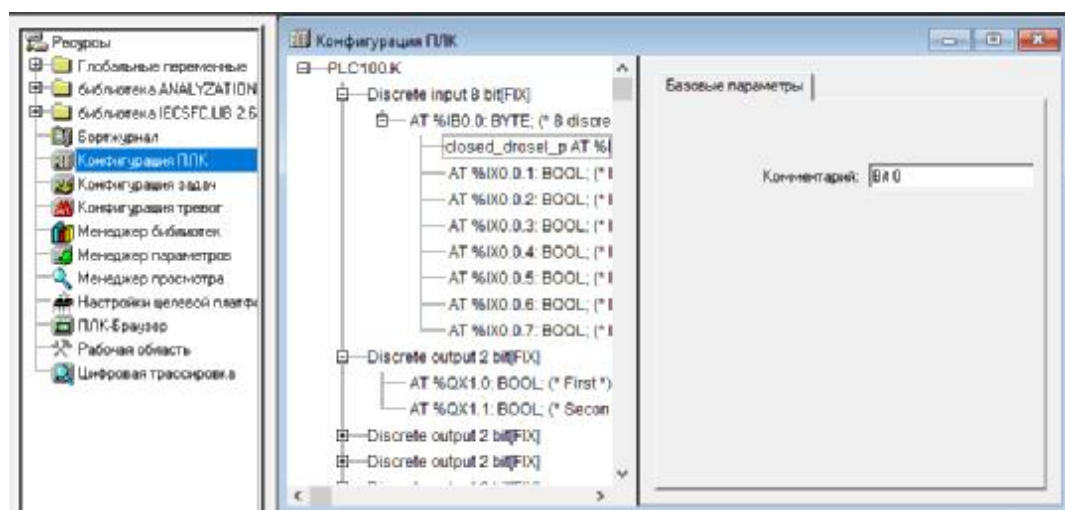


Рисунок 6.1 – Конфигурация входов выходов контроллера

В том же разделе «конфигурация ПЛК» устанавливаются переменные сетевого обмена, создав группу протокола обмена Owen(Master)выбрав интер-

фейс обмена «RS-485». В вкладке интерфейса приводится настройка, соответствующего параметра модулей с которыми необходимо работать ПЛК(рис.6.2).

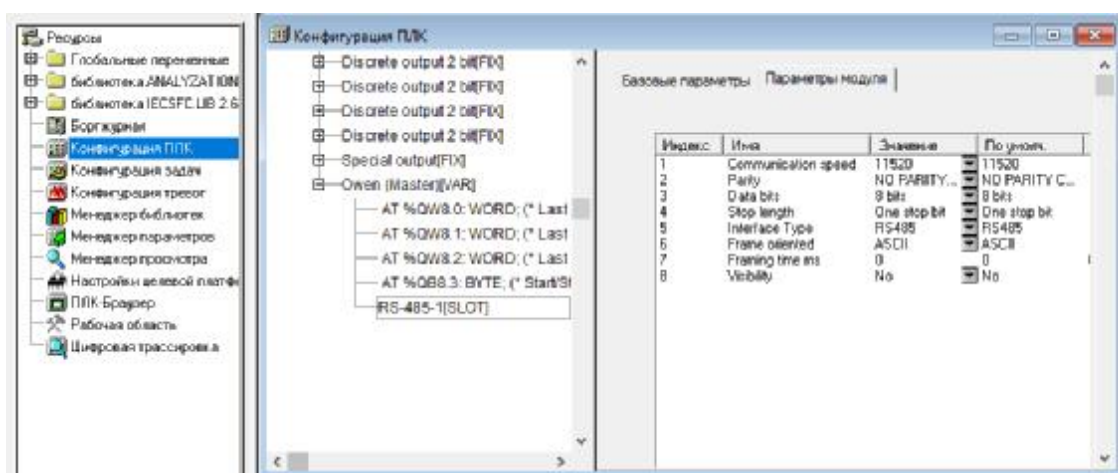


Рисунок 6.2 – Настройка сети обмена

При привязки переменных по протоколу Owen необходимо добавить новый элемент, подчиненный модулю Owen (Master), переменные модуля имеют два типа Listen(чтение) и Write (запись). В настройках переменной вводится адрес устройства, сетевое имя переменной, индекс прибора и определения режима работы (рис.6.3).

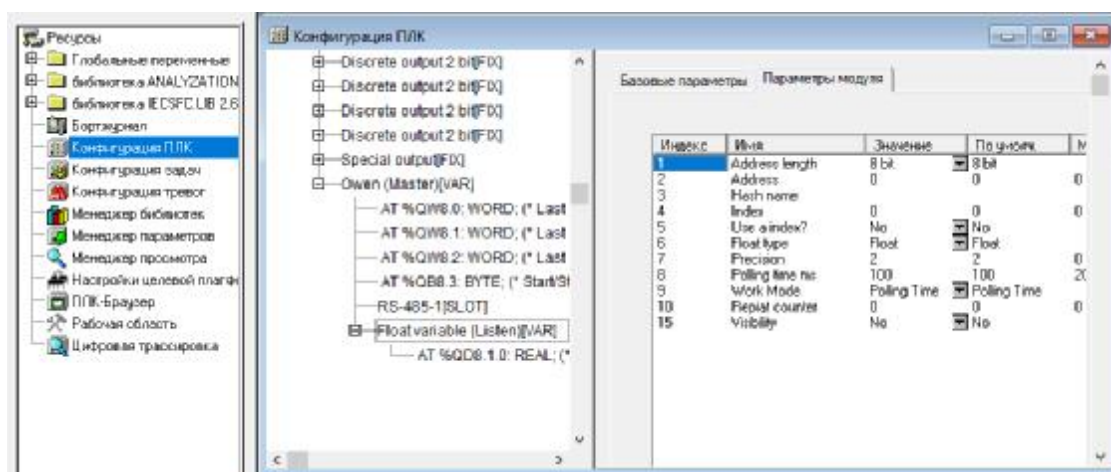


Рисунок 6.3 – Привязка переменной сетевого обмена

SCADA– система является мастером в сети, поскольку в сети не может быть два мастера, необходимо организовать связь по иному интерфейсу и протоколу обмена. Связь организовывается по интерфейсу Ethernet, по протоколу ModbusTCP/IP. Для этого в конфигурации контроллера необходимо добавить

модуль Modbus (Slave) и настроить интерфейс передачи TCP/IP. В настройках порта TCP/IP указывается IP и MAC адрес (рис.6.4).

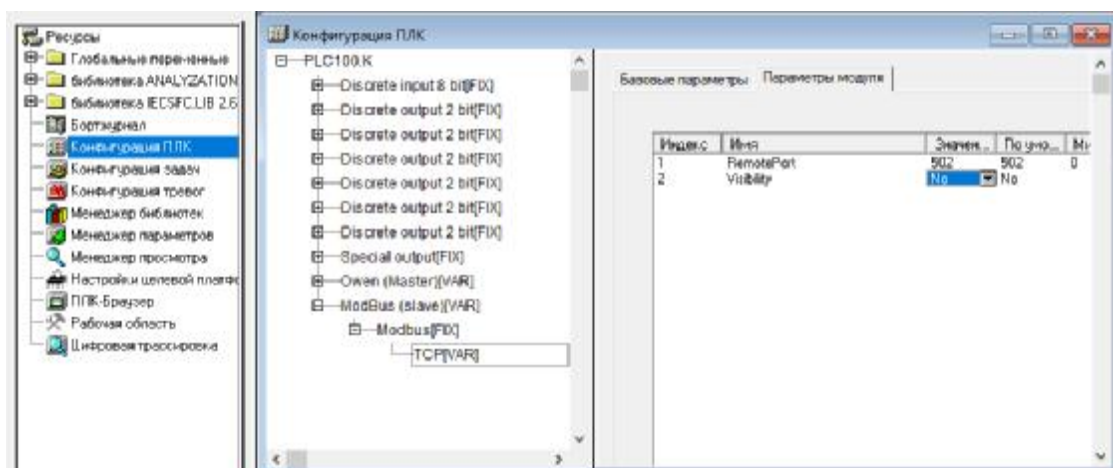


Рисунок 6.4 – Настройка порта TCP

Далее создаются переменные типа Real 2 byte для передачи данных в SCADA– систему, эти переменные должны содержать значения внутренних переменных программы управления.

Так же поскольку в исходном тексте программы использовались кнопки старт, стоп, сброс и переключатель ручного режима только на операторской панели, то стоит завести копии этих переменные которые будут привязаны к реальным кнопкам, располагающиеся на двери шкафа управления.

После того как закончена конфигурация ПЛК необходимо сконфигурировать модули ввода-вывода дискретных сигналов и модули ввода аналоговых сигналов. Для того что бы провести конфигурацию, устройство подключается к компьютеру через COM порт и на компьютеру устанавливается программное обеспечения для конфигурации устройства. После подключения при открытие конфигуратора появляется окно в котором нужно настроить адрес устройства и скорость передачи данных (рис.6.5).

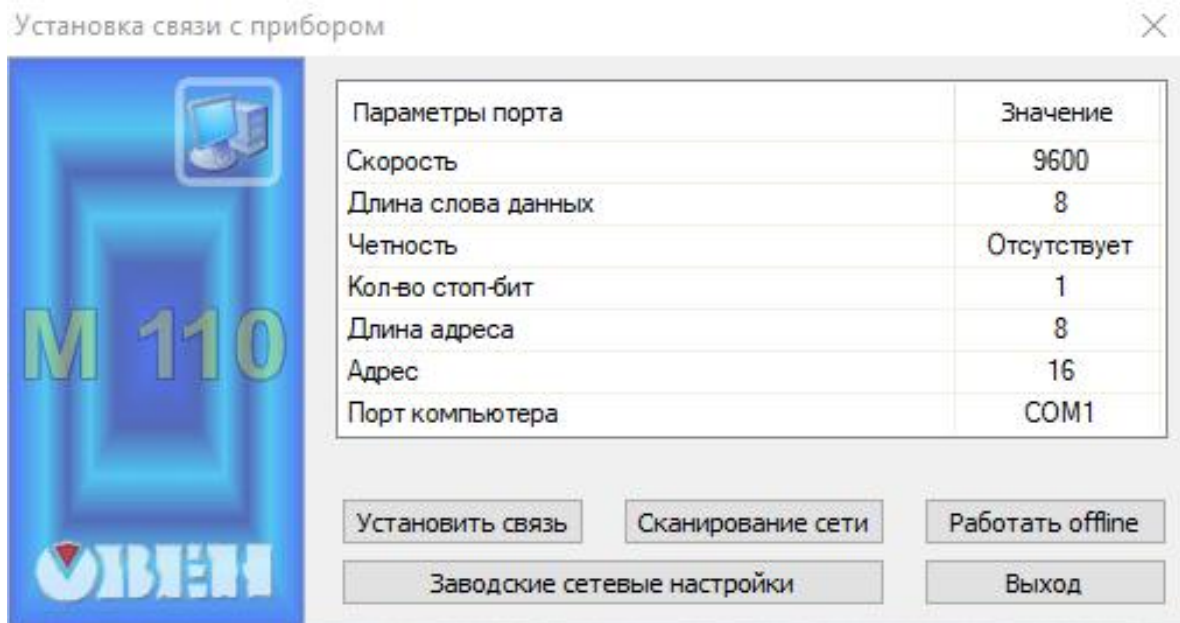


Рисунок 6.5 – Конфигуратор модуля ввода аналоговых сигналов

После настройки открывается более подробная конфигурация, в которой настраивается каждый вход и выход устройства, в настройках устанавливается тип датчика, так же в этих настройках можно сразу провести масштабирование сигналов, для передачи их в удобной для себя форме (рис.6.6).

Описание	▲	Параметр	Значение	Атрибут редак...	Владелец
Конфигурация M110 (Имя не задано)					
Параметры прибора					
Общие параметры					
Сетевые параметры					
Входы					
Режим работы автоматической коррекции ...		Cj-C	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Вход 1					
Тип датчика		in-t	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Постоянная времени цифрового фильтра		in.Fd	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Интервал между измерениями		ltrl	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Коррекция «сдвиг характеристики»		in.SH	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Коррекция «наклон характеристики»		in.SL	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Полоса цифрового фильтра		in.FG	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Нижнее значение параметра, измеряем...		Ain.L	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Верхнее значение параметра, измеряем...		Ain.H	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Смещение десятичной точки		dP	Нет данных	Редактируемый	Пользователь
Вход 2					
Вход 3					
Вход 4					
Вход 5					
Вход 6					
Вход 7					
Вход 8					

Рисунок 6.6 – Конфигурация входов модуля ввода аналоговых сигналов

После конфигурирования модулей ввода-вывода дискретных сигналов и модулей ввода аналоговых сигналов, следует настроить частотные преобразо-

ватели. Настроить частотный преобразователь можно пользуясь панелью, расположенной на его фронтальной части корпуса.

Следующим шагом является настройка SCADA системы, поскольку контроллер и SCADA система работают по сети, то необходимо заменить получение переменных по OPC– серверу, на обмен по протоколу ModbusTCP/IP. Для этого необходимо в вкладке «источники/приемники» создать группу Modbus, после создается компонент необходимого типа. Далее выполняется переход в свойства компонента, где задается имя переменной, указывается номер порта, адрес устройства с которым необходимо работать и канал. Так же устанавливается тип сигнала, его направления и протокол обмена с IP адресом устройства. Для дальнейшей работы нужно изменить привязки каналов и аргументов к новым переменным (рис.6.7).

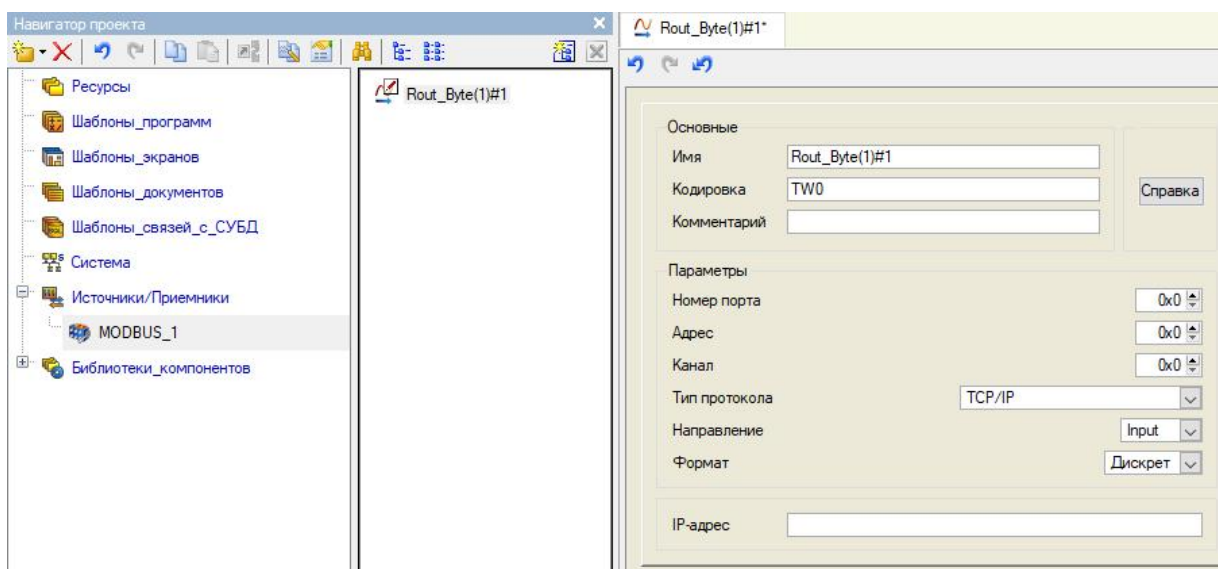


Рисунок 6.7 – Создание переменной обмена по сети ModbusTCP/IP

Когда произвелась конфигурация всех устройств и программ, остается определить параметры регуляторов. В связи с отсутствием реальных механизмов возможность получить реальные разгонные характеристики было невозможно. Поэтому были использованы примерно похожие разгонные характеристики из-за чего определенные параметры регуляторов не будут эффективными.

Для того что бы определить разгонную характеристику реального объекта

управления, можно воспользоваться двумя способами. Завести архиватор на ПЛК в который будут записываться значения с датчика в массив, через фиксированный промежуток времени, после чего имея массив чисел при помощи методов описанных в главе №3. Так же разгонную характеристику можно получить создав архив измеряемого значения в SCADA системе, после чего рассчитать регулятор при помощи методов описанных в главе №3.

После расчета регуляторов, нужно пересчитать зону нечувствительности трехпозиционного реле, которая зависит от времени поворота запорно-регулирующего клапана на 1 % и скорости опроса датчика. В модуле ввода аналоговых сигналов MB – 110 – 8A, скорость опроса датчика 0.4 сек, следует что зона нечувствительности в таком случае будет 0.5 – 0.8 [8].

Проведя все выше перечисленные действия организуется отладочный пуск, если в процессе отладки не выявлены неполадки, система готова к работе.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 7.1 Безопасность

Автоматизированное рабочее место (АРМ) – это программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида, которым управляет оператор. Работа оператора заключается в работе с ПЭВМ, поэтому главным фактором обеспечения безопасности является правильная организация рабочего места пользователя ПЭВМ и освещения рабочего места.

Интерфейс АРМ выполнен в светлом сером цвете, что не напрягает глаза и не снижает уровень внимания, все элементы которые требуют внимание имеют темные цвета что позволяет всегда держать их во внимании, так же работа механизмов обозначается сигнальными лампами зеленого цвета что позволяет увидеть какой механизм находится в работе. Показания датчиков выполнены отдельными блоками и имеют надпись темного цвета с обозначением единицы измерения, что позволяет быстро просмотреть интересующий параметр и быстрый его поиск на основном фоне. Для удобства наблюдения за положением дросселей они поворачиваются в зависимости от реального положения что помогает избежать установки лишних элементов которые бы напрягали глаза и снижали внимания оператора. Сигнализация аварийного состояния расположена четко по центру рабочего пространства и в активном состоянии горит красным цветом, что безусловно помогает быстро обратить на нее внимания. Кнопки управления и поля для задания регулируемых параметров выделены в черную рамку и смещены в нижний правый угол рабочей области, с помощью этого органы управления визуально ограждены от основной зоны, и исключает ошибочно нажать на них, так же при вводе задания в поле стоит подтверждение действия, которое может предотвратить ошибочное действия оператора (рис.7.1), (рис.7.2), так же по центру рабочей области располагается кнопка перехода на второй экран на котором расположены графики с управляющими воздействиями и регулируемыми параметрами, что позволяет при изменении

какого либо параметра, быстро перейти на второй экран и просмотреть графики.

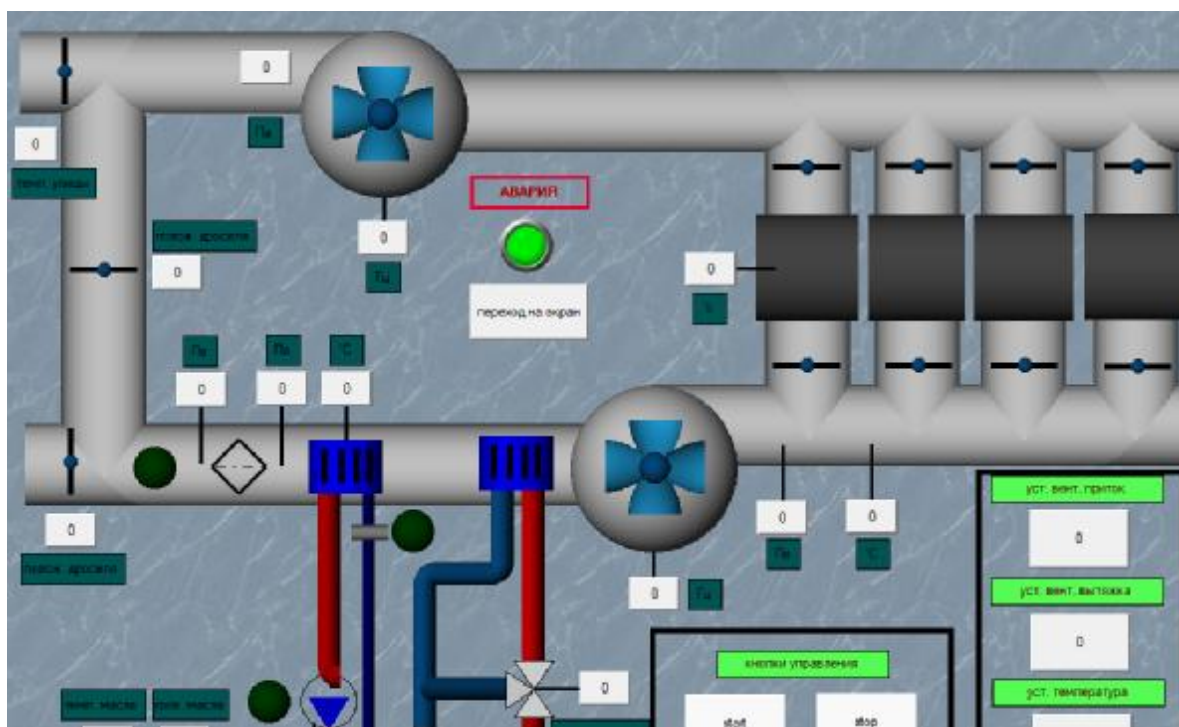


Рисунок 7.1 – Интерфейс АРМ экран №1 часть 1

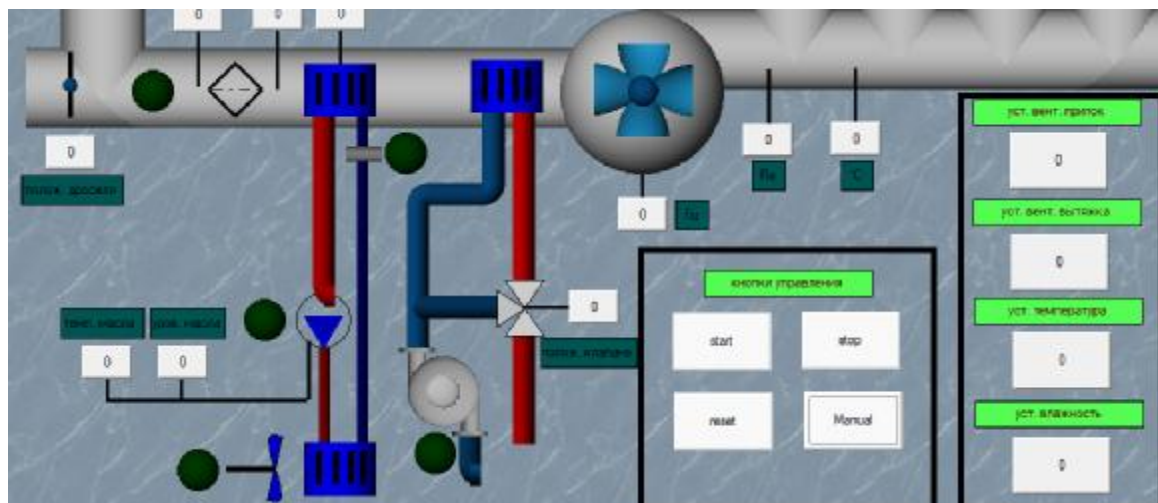


Рисунок 7.2 – Интерфейс АРМ экран №1 часть 2

Графики расположенные на втором экране имеют белый фон который не создает напряжение на глаза, кривые имеют два типа цвета для того что бы быстро различать их, регулируемые параметры имеют светлые цвета, а управляющие воздействия имеют темные цвета, так же в центральной свободной области имеется кнопка возврата на главный экран (рис.7.3).



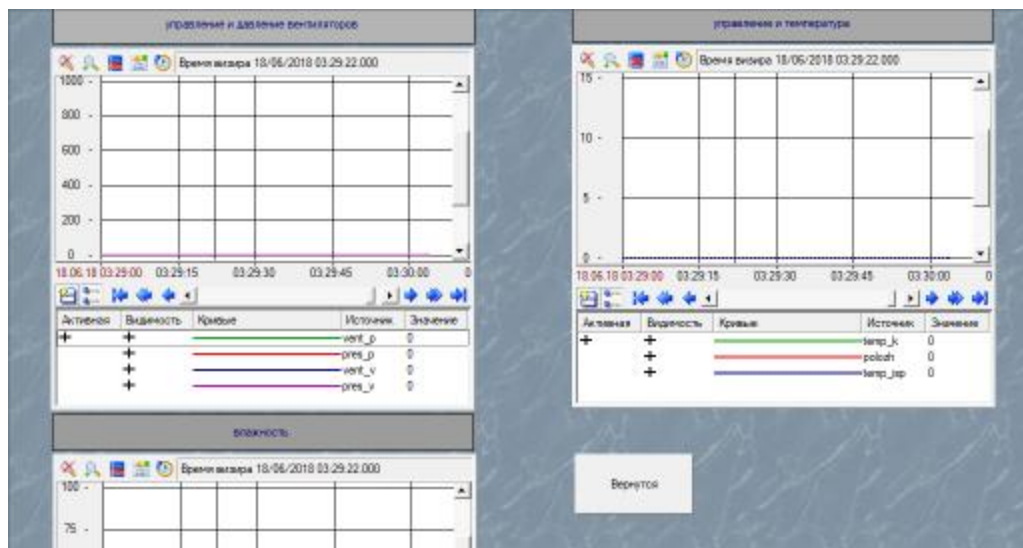


Рисунок 7.3 – Интерфейс АРМ экран №2

Для организации рабочего места, необходимо учесть требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ для взрослых пользователей, регламентируемые в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[10]:

1 - при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м;

2 - рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинках с организованным воздухообменом;

3 - экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

4 - поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7;

5 - конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула

(кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

6 - рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию;

7 - высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм;

8 - модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм;

9 - рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм;

10 - рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Так же для организации рабочего места, необходимо учесть требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ, регламентируемые в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[11]:

1 - рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева;

2 - искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В произ-

водственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов);

3 - освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк;

4 - яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м<sup>2</sup>, защитный угол светильников должен быть не менее 40°;

5 - светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40°;

6 - следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1;

7 - общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении видеодисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализованно над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору;

8 - коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

## **7.2 Экологичность**

Большую роль в экологичности играет ТБО (твердые бытовые отходы), основными бытовыми отходами при работе с ПЭВМ являются канцелярские

товары такие как бумага, ручки и т.п. Правильной утилизацией таких отходов является их выброс в специально предназначенные контейнеры, вывозом которых занимается организация по вывозу ТБО, которая должна вывозить отходы в летний период раз в два дня, а в зимний период раз в 5 дней и вывозить в специально отведенные места где эти отходы быстро разлагаются не принося вреда.

Так же отходами, которые требуют повышенные правила утилизации являются электронные устройства и ПЭВМ, огнетушители и лампы в которых содержатся вредные вещества например как ртутные лампы.

В ПЭВМ и электронных устройствах содержатся драгоценные металлы, которые требуют особую переработку, для дальнейшего использования в производстве. При неисправности или износе ПЭВМ его требуется утилизировать, для того что бы утилизировать старое или нерабочее оборудование, на предприятие собирается комиссия, которая принимает решение о списании старой или нерабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения. Далее разрабатывается приказ о списании устройства, для проведения экспертизы привлекается квалифицированное лицо или организация. После чего составляется акт утилизации, основанный на результате технического анализа, который подтверждает неисправность и не пригодность оборудования для дальнейшего применения. Далее формируется приказ на утилизацию. Утилизацией техники обязательно должна заниматься специализированная фирма. После оформления всех необходимых документов техника вывозится на перерабатывающую фабрику.

При неисправности, повреждении или выхода из срока годности огнетушителей, появляется необходимость в их утилизации. Утилизация огнетушителей является опасным и сложным действием поскольку в их состав входит корпус или элементы конструкции, находящийся под давлением. При обнаружении неисправности огнетушителя или его повреждений, инженер составляет докладную записку, после чего на предприятии собирается оценочная комиссия, которая оформляет акт утилизации, если состояние огнетуши-

теля не соответствует нормам, позволяющих его дальнейшую эксплуатацию. После чего составляется акт на списания и огнетушитель отправляют в специализированную организацию по утилизации огнетушителей.

Люминесцентные и ртутные лампы содержат в себе вредные вещества, поэтому к их утилизации нужен особый подход. При выходе лампы из строя, лампы помещаются в специальные контейнеры хранения, при накоплении определенного количества ламп, они сортируют и помещают в отдельные ячейки и отправляют в специализированную организацию для последующей утилизации и переработки.

### **7.3 Чрезвычайные ситуации**

Опасная обстановка на определенной территории или объекте, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного явления, стихийного или иного бедствия, в том числе применения возможным противником средств поражения, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при работе с ПЭВМ является пожар, источником которого может стать короткое замыкание в токоведущих частях ПЭВМ.

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, возникший произвольно или по злому умыслу, в ходе которого происходит выделения тепла и дыма, который сопровождается материальным ущербом и угрозой для здоровья и жизни живых организмов. Так же при пожаре угрозу здоровья или жизни живого организма представляют наличие взрывоопасных веществ вблизи очага возгорания и строительные конструкции которые могут обрушиться.

Согласно Нормам пожарной безопасности НПБ 105-103, помещения с ЭВМ и ПЭВМ относятся к категории В (пожароопасные) [5].

В используемом помещении для работы оператора на ПК «Серышевский», рядом с ПЭВМ не проходят сети большого напряжения и отсутствуют

трансформаторы, а так же отсутствуют источники сильного электромагнитного поля которое может создавать помехе влияющие на работу ПЭВМ. Помещение в котором располагается ПЭВМ оборудовано аптечкой первой помощи, а так же углекислотными и порошковыми огнетушителями размещенными не более чем в 20 м от возможного источника возгорания и пожарный кран. Помещение оборудовано пожарной сигнализацией, работа которой проверяется каждые пол года, так же присутствует эвакуационный выход, который ведет прямо на улицу, что позволяет во время пожара быстро выбраться на открытое безопасное пространство. Эвакуационные выходы проходят проверку не менее двух раз в год, так же проводиться плановые инструктажи по пожарной безопасности с персоналом работающих на ПЭВМ.

Исходя из анализа помещения, можно сделать вывод о том, что помещения в котором располагается рабочее место оператора, соответствует требованиям пожарной безопасности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны принципы регулирования требуемых параметров приточно-вытяжной вентиляции, так же проведена работа по разработке алгоритма программы управления и была проведена разработка исходного текста программы и его частичная отладка. Так же была разработана SCADA - система и при ее помощи была полностью отлажена программа управления. Проведен анализ системы при вводе в эксплуатацию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматические регуляторы в системах управления и их настройки. сайт «Рынок микроэлектроники»[электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/>. – 20.05.2018.
2. Ананьев, В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика/ М.: Евроклимат, 2003 – 416 с.
3. ГОСТ 19.701 -90 «Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения»
4. ГОСТ 21.404 – 85 введ. 1985-18-04. – Москва :«Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов средств автоматизации в схемах. Изд-во стандартов, 2007.
5. НПБ 105-103. – Взамен НПБ 105-95 ;введ. 2003-08-01. Определение категорий помещений, зданий и наружных участков по взрывопожарной и пожарной опасности.
6. Описания метода Орманса. сайт «StudFiles»[электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/734156/page:5/>. – 5.04.2018.
7. Руководство по программированию ПЛК 100. сайт «Овен» [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.owen.ru/uploads/rp\\_plc100-plc150-plc154\\_25.pdf](http://www.owen.ru/uploads/rp_plc100-plc150-plc154_25.pdf). – 10.04.2018.
8. Руководство пользователя МВ – 100 – 220 – 8А. сайт «Овен» [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.owen.ru/uploads/rie\\_mv110-x.2a\\_m01\\_2567.pdf](http://www.owen.ru/uploads/rie_mv110-x.2a_m01_2567.pdf). – 10.04.2018.
9. Руководства пользователя TraceMode. сайт «TraceMode» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adastra.ru/products/rukovod/>. – 1.06.2018.
10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электро-вычислительным машинам и организации работы.
11. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиениче-



ские требования к микроклимату производственных помещений.

12. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. 2-е изд. СПб.: Политехника, 2006 – 423 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Техническое задание

#### 1.1 Введение

Наименование система: Автоматизированная система управления precisely-вытяжной вентиляцией производственного помещения

Плановые сроки начала и окончания по созданию системы:

Начало: 20 января 2018 г.

Окончание: 29 июня 2018 г.

Заказчик : ПК «Сервышевский»

Исполнители: Тищенко С.В., Криворучко В.М.

#### 1.2 Основания для разработки

Учебный план ФГБОУ ВО «АмГУ» направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

#### 1.3 Назначения и цели создания разработки

АСУ ТП предназначена для создания без вредной и комфортной работы персонала трудящегося в производственном цехе, упаковочном цехе, цехе формирования погрузки и склада готовой продукции.

Так же система предназначена для отображения информации о регулируемых параметрах и состоянии механизмов в реальном времени, а так же фиксации аварийных режимах и их предупреждения.

Целью создания разработки является, определения принципов регулирования каждого требуемого параметра, расчет регуляторов для поддержания регулируемых параметров, разработка программного обеспечения и SCADA системы.

Разработка аппарата определения и вывода причины аварии, для упрощения работы ремонтного персонала.

Обеспечение безопасной работы при управлении системой.

## **1.4 Характеристика объекта автоматизации**

Объектом автоматизации является приточно-вытяжная вентиляция с рециркуляцией, состоящая из приточного и вытяжного вентилятора, которые создают избыточное давление в системе воздуховодов обеспечивая этим требуемый расход воздуха, при этом расход воздуха приточного и вытяжного вентилятора должен быть одинаковым. Для распределения необходимого количества воздуха в каждую из камер, в ответвления воздуховода установлены дроссели, при открытии которых в разном положении есть возможность регулировать необходимое количество подаваемого воздуха. В системе вентиляции установлена бактерицидная ультрафиолетовая лампа, кондиционерная установка в состав которой входит: теплообменник (испаритель); компрессор; теплообменник (конденсатор); вентилятор обдувающий конденсатор. В системе вентиляции так же установлен водяной калорифер, в состав которого входит: трехходовой запорно-регулирующий клапан; насос. Так же в системе приточного воздуховода установлен фильтр.

Регулируемыми параметрами являются давления созданное вентиляторами равно 800 Па, температура воздуха равная 8 градусам и влажность воздуха 50%.

## **1.5 Требования к системе**

### **1.5.1 Требования к функциональным характеристикам**

Система должна справляться с задачей регулирования требуемых параметров.

Компоненты системы должны быть легко заменяемы и иметь аналоги.

Система должна осуществлять контроль всех параметров и работы механизмов и предупреждать о выходе из строя какого либо механизма или выходе за границы измеряемого параметра.

Контроллер должен связываться с SCADA системой по интерфейсу

## Продолжение Приложения А

Ethernet и работать в сети с другими устройствами ввода - вывода сигналов через интерфейс RS-485.

### 1.5.2 Требования к надежности

Система должна сохранять стабильную работу при сбоях в электроснабжении.

Программное обеспечение должно контролировать работу всех исполнительных механизмов, сохраняя долгую работоспособность.

Все элементы системы должны быть выбраны с запасом по мощности, а так же иметь большой срок эксплуатации.

Каналы измерения должны быть помехоустойчивы.

### 1.5.3 Условия эксплуатации

Для работы с АСУ ТП должен быть персонал категории:

Оперативно-технический персонал – оператор АСУ ТП, имеющий техническое образование относящийся к системам управления. Оператор технологического процесса должен быть ознакомлен с инструкцией по эксплуатации, а так же обязан знать функциональную схему системы и причины влияющие на технологические параметры.

Технический обслуживающий персонал, имеющий техническое образование относящийся к системам управления и электроэнергетики, с группой допуска по электробезопасности не ниже 3.

### 1.5.4 Требования к информационной и программной совместимости

Программное обеспечение должно быть написано на язык программирования, соответствующих стандарту МЭК 61131, к которым относятся языки программирования IL, CFC, ST, FBD, LD, SFC. Что позволяет с минимальной модернизацией обеспечить логику работы системы на других устройствах.

Датчики, используемые в системе должны иметь унифицированные сигналы, что дает гибкость системе.

Контроллер должен осуществлять обмен информацией с SCADA-систе

## Продолжение Приложения А

мой по средством распространённых интерфейсов и протоколов обмена.

### 1.5.5 Требования к эргономике и технической эстетике

АРМ должно отображать технологический процесс в целом, для удобного восприятия технологического процесса разработанный интерфейс должен соответствовать функциональной схеме.

Интерфейс АРМ должен отображать все измеряемые величины, а так же отображать работу всех механизмов в системе, так же иметь в рабочем пространстве органы управления и возможность изменять задания. Так же в рабочей области должен быть сигнализатор аварийного режима и располагаться в центральной части рабочего пространства которое концентрирует на себе внимания. Цвета в рабочей области должны быть светлые и не яркие для того чтобы не напрягать зрения оператора.

Все элементы системы должны размещаться в удобных и легко доступных местах.

### 1.5.6 Безопасность системы

Все токоведущие элементы системы находящийся в открытом пространстве или элементы которые могут быть подвержены воздействию с токоведущими элементами должны быть заземлены. Помещение где работает оператор, должно соответствовать требованиям организации рабочего места, а так же пожарной безопасности.

## **1.6 Стадии и этапы разработки**

Этапы работы:

1. Исследование объекта автоматизации;
2. Разработка принципов регулирования технологических параметров;
3. Определение передаточных функций объектов управления и расчет регуляторов;
4. Разработка программы управления;
5. Разработка SCADA системы;
6. Анализ проделанной работы и отладка системы управления;

7. Ввод в эксплуатацию.

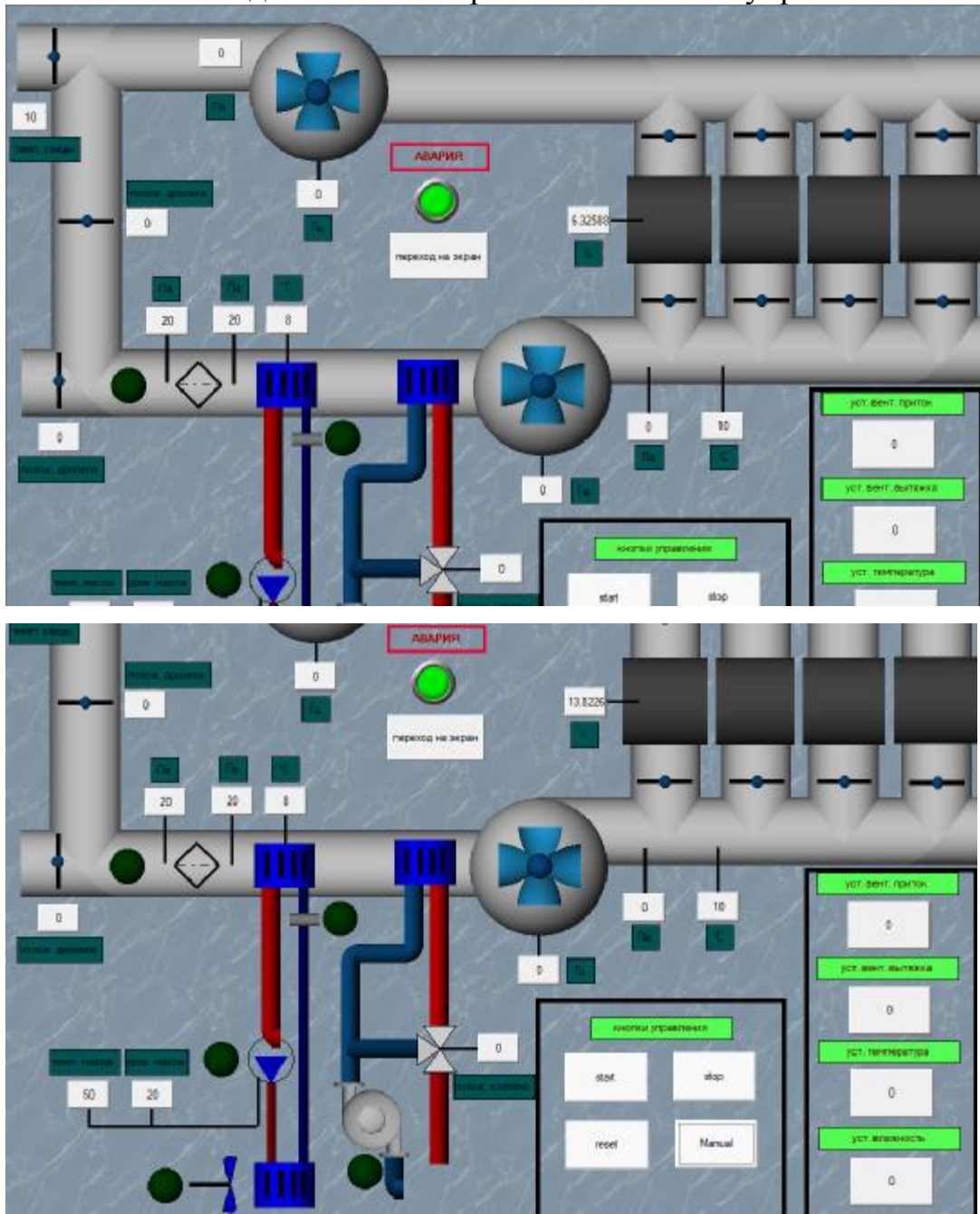
**1.7 Порядок контроля и приемки системы**

Порядок контроля осуществляется предоставлением отчета о проделанной работе руководителю выпускной квалификационной работы.

Прием разработанной автоматизированной системы управления осуществляется в виде защиты выпускной квалификационной работы.

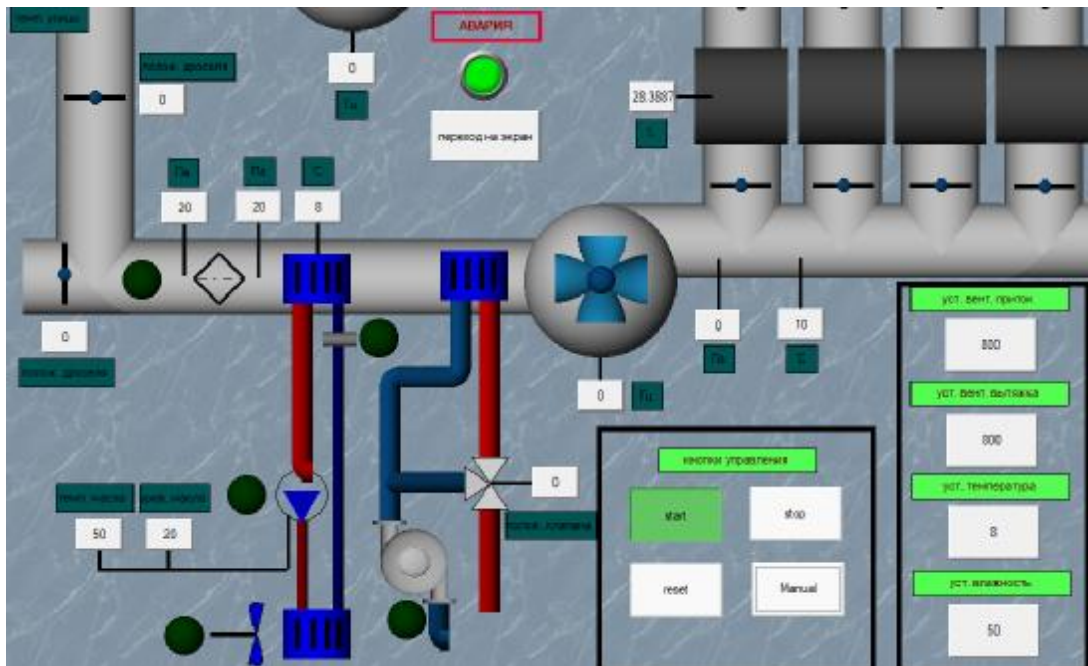
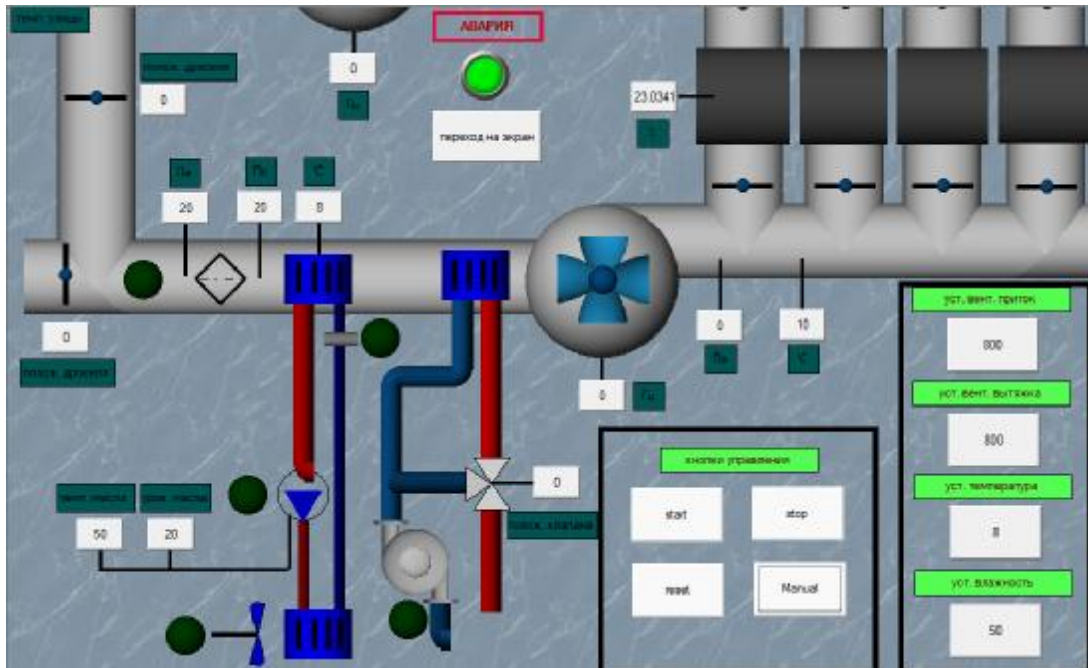
## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Отладка автоматизированной системы управления



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

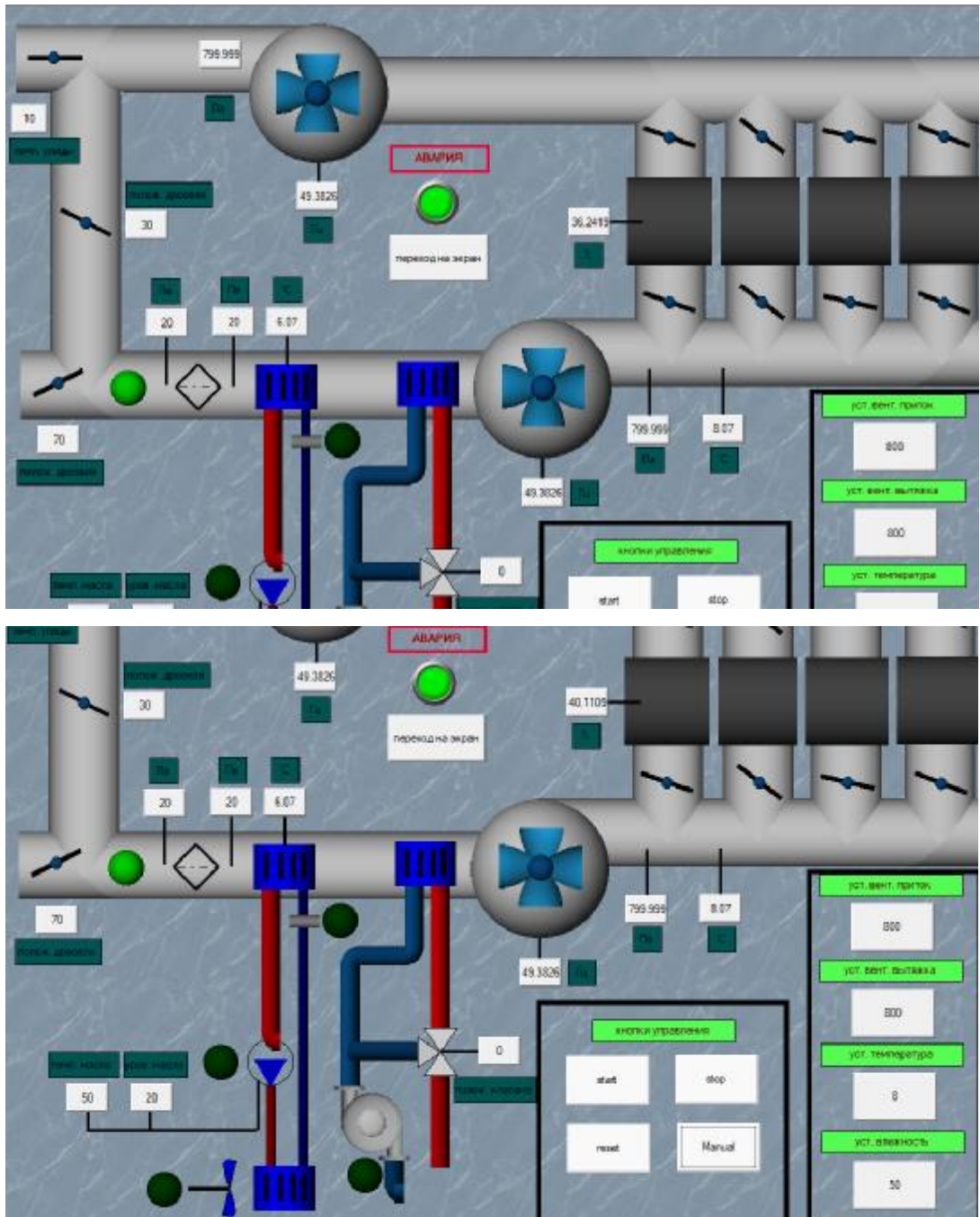
### Отладка автоматизированной системы управления





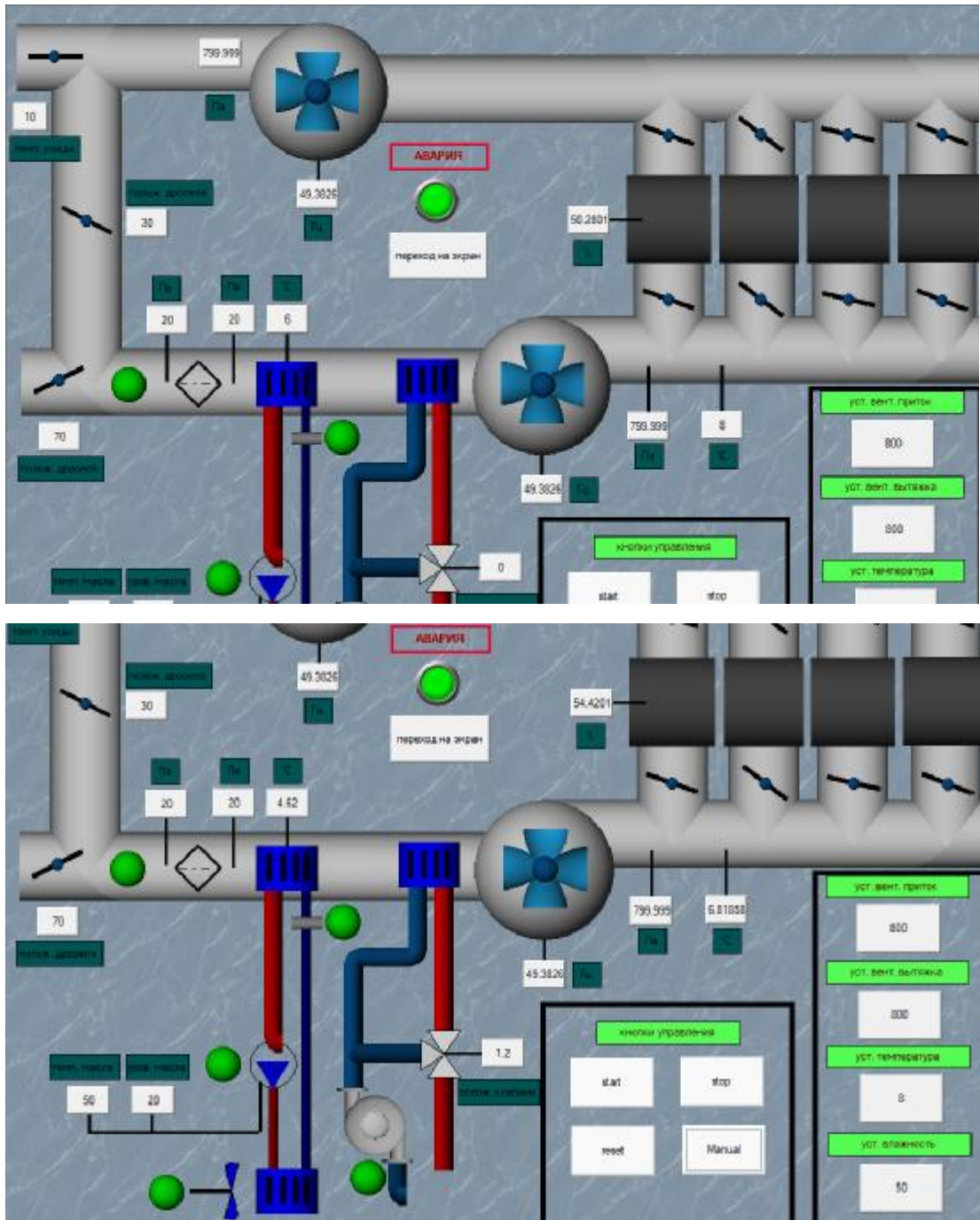
# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Отладка автоматизированной системы управления



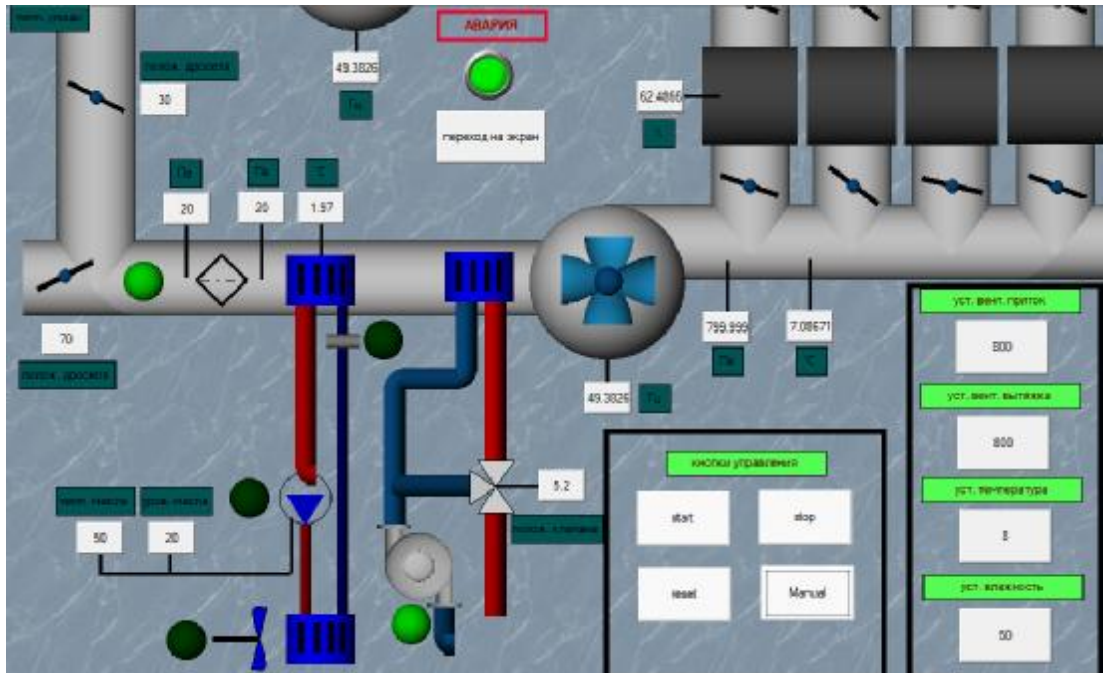
# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

## Отладка автоматизированной системы управления



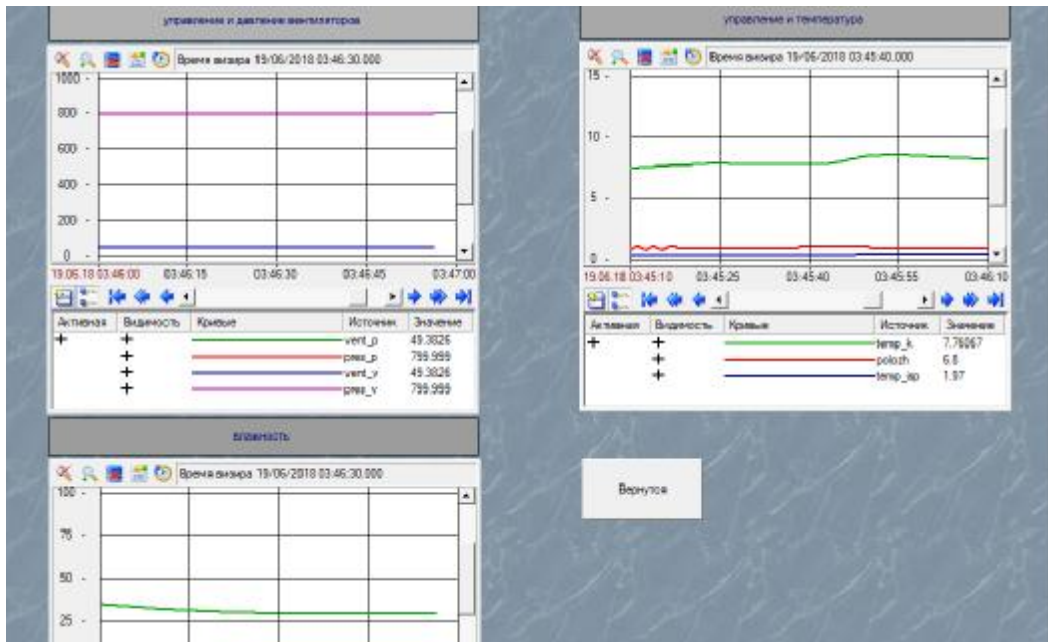
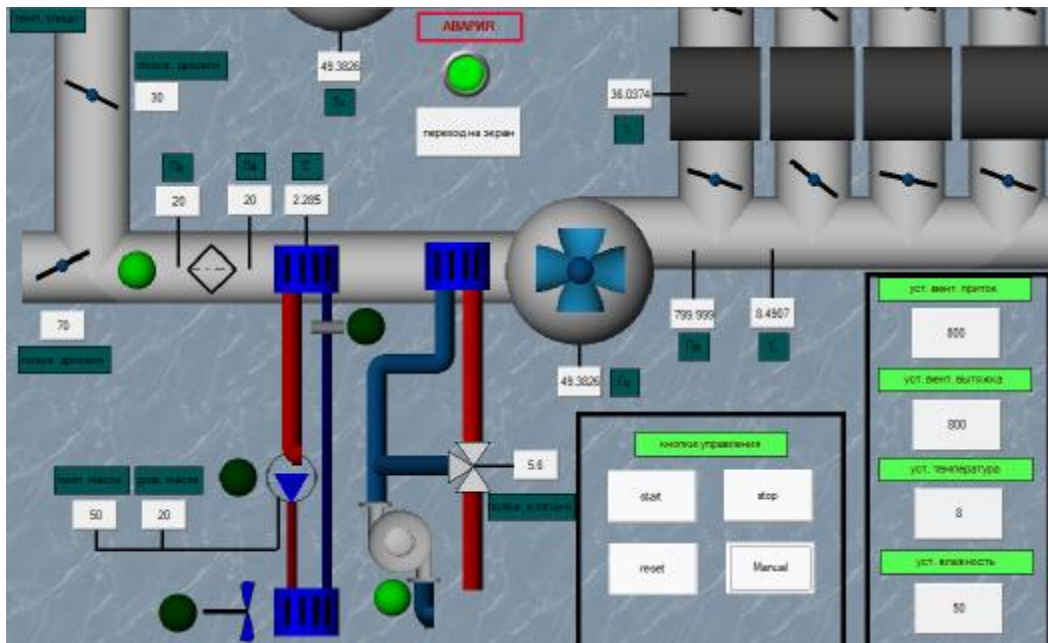
# ПРИЛОЖЕНИЕ Е

## Отладка автоматизированной системы управления



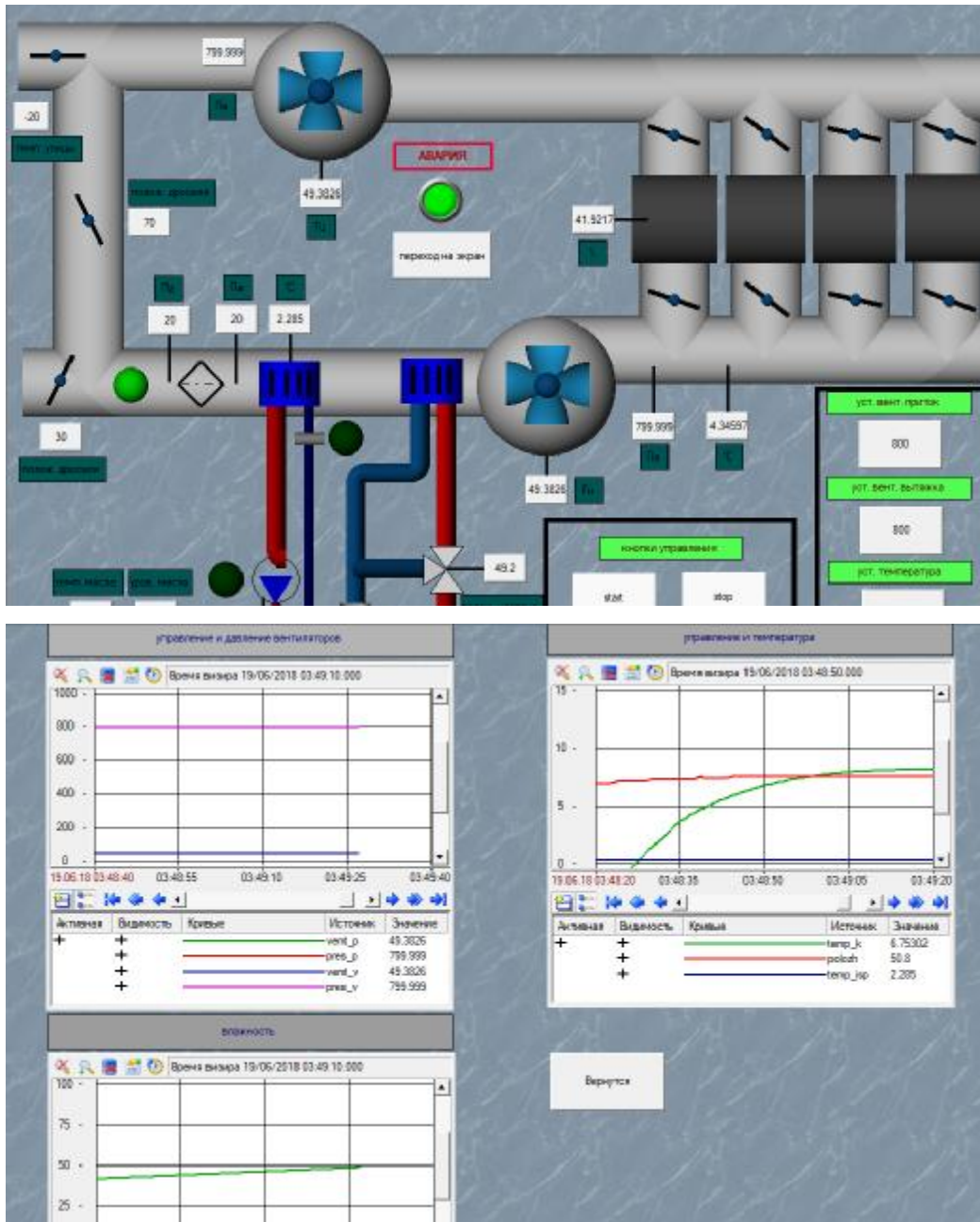
# ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

## Отладка автоматизированной системы управления



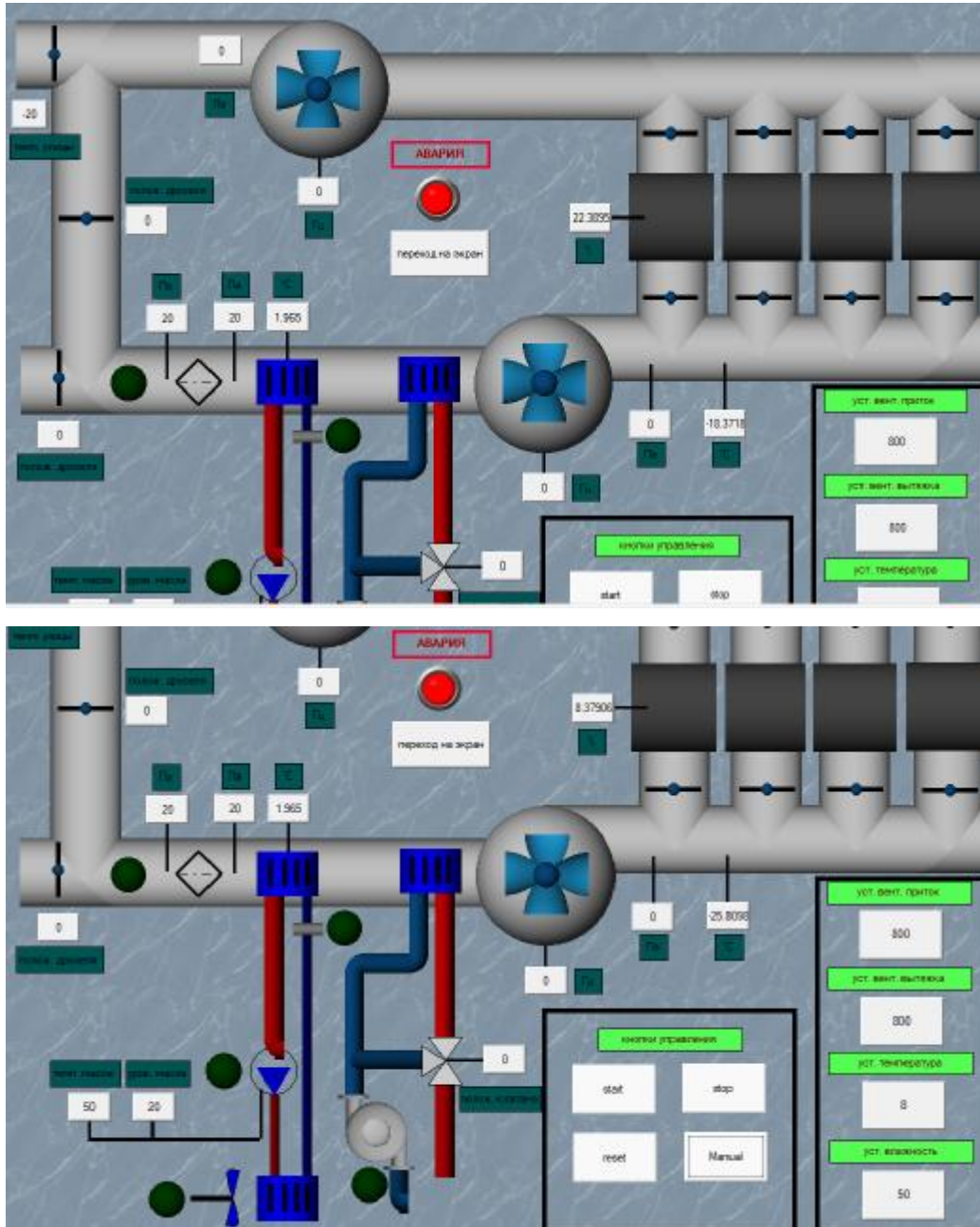
# ПРИЛОЖЕНИЕ К

## Отладка автоматизированной системы управления



# ПРИЛОЖЕНИЕ Л

## Отладка автоматизированной системы управления



## ПРИЛОЖЕНИЕ М

### Листинг программы

#### Объявление глобальных переменных

VAR\_GLOBAL

(\*дросели\*)

open\_drosel\_k1,open\_drosel\_k2,open\_drosel\_k3,open\_drosel\_k4,open\_drosel\_p,open\_drosel\_v,open\_drosel\_r:BOOL;

close\_drosel\_k1,close\_drosel\_k2,close\_drosel\_k3,close\_drosel\_k4,close\_drosel\_p,close\_drosel\_v,close\_drosel\_r:BOOL;

opened\_drosel\_k1,opened\_drosel\_k2,opened\_drosel\_k3,opened\_drosel\_k4,opened\_drosel\_p30,opened\_drosel\_v,opened\_drosel\_r30,opened\_drosel\_p70,opened\_drosel\_r70:BOOL;

closed\_drosel\_k1,closed\_drosel\_k2,closed\_drosel\_k3,closed\_drosel\_k4,closed\_drosel\_p,closed\_drosel\_v,closed\_drosel\_r:BOOL;

open\_drosel\_v\_k1,open\_drosel\_v\_k2,open\_drosel\_v\_k3,open\_drosel\_v\_k4:BOOL;

close\_drosel\_v\_k1,close\_drosel\_v\_k2,close\_drosel\_v\_k3,close\_drosel\_v\_k4:BOOL;

opened\_drosel\_v\_k1,opened\_drosel\_v\_k2,opened\_drosel\_v\_k3,opened\_drosel\_v\_k4:BOOL

;

closed\_drosel\_v\_k1,closed\_drosel\_v\_k2,closed\_drosel\_v\_k3,closed\_drosel\_v\_k4:BOOL;

(\*датчики\*)

pres\_p,pres\_v,pres\_f\_1,pres\_f\_2:REAL;

temp\_ul,temp\_ust,temp\_k,temp\_isp:REAL;

vlazh\_ust,vlazh\_k:REAL;

(\*холодильник\*)

solinoid,kompresor,vent\_kond:BOOL;

vsas,nagnet,rks,int\_p:BOOL;

lvl\_m,temp\_m:REAL;

KK1,KK2:BOOL;

(\*вентеляторы\*)

vent\_p,vent\_v:REAL;

ust\_vent\_p,ust\_vent\_v:REAL;

(\*калорифер\*)

open\_k,close\_k:BOOL;

polozh:REAL;

## Продолжение Приложения М

```
nasos:BOOL;
KK3:BOOL;
(*лампа*)
lamp:BOOL;
(*кнопки*)
start,SA,stop:BOOL;
reset:BOOL;
(*аварии*)
a_nagnet:BOOL;
a_vsas,a_rks,a_int_p,a_KK1,a_KK2,a_KK3,a_lvl_m,a_t_m,a_f:BOOL;
t_t_m,t_lvl_m,t_f:BOOL;
A:STRING(50);
(*сигнализация*)
signal:BOOL;
(*регуляторы*)
manual_vent_p>manual_vent_v>manual_kalorifer:BOOL;
reset_reg_vent_p,reset_reg_vent_v,reset_reg_kalorifer:BOOL;
sta-
tus_p,status_v,status_r,status_p_k1,status_p_k2,status_p_k3,status_p_k4,status_v_k1,status_v_k2,sta-
tus_v_k3,status_v_k4:REAL;
END_VAR
```

### **Главная программа управления**

```
PROGRAMPLC_PRG
```

```
VAR
```

```
state:INT:=0;
status_drosel_p_70:RS;
status_drosel_r_70:RS;
status_p_70,status_r_70:BOOL;
```

```
END_VAR
```

```
(*старт*)
```

```
trace_mode;
control_kalorifer;
```



## Продолжение Приложения М

```
control_vent_p;
control_vent_v;
alarm;
IF NOT SA THEN
CASE state OF
0:
    manual_vent_p:=TRUE;
    manual_vent_v:=TRUE;
    manual_kalorifer:=TRUE;
IF start AND NOT stop THEN
    state:=1;
END_IF
(*открытие всех дроселей, кроме притока и рециркуляции*)
1:
signal:=FALSE;
close_drosel_k1:=FALSE;
close_drosel_k2:=FALSE;
close_drosel_k3:=FALSE;
close_drosel_k4:=FALSE;
close_drosel_v:=FALSE;
close_drosel_p:=FALSE;
close_drosel_r:=FALSE;
close_drosel_v_k1:=FALSE;
close_drosel_v_k2:=FALSE;
close_drosel_v_k3:=FALSE;
close_drosel_v_k4:=FALSE;
open_drosel_k1:=TRUE;
IF opened_drosel_k1 THEN
    open_drosel_k1:=FALSE;
END_IF
open_drosel_k2:=TRUE;
IF opened_drosel_k2 THEN
    open_drosel_k2:=FALSE;
```

## Продолжение Приложения М

```
END_IF
open_drosel_k3:=TRUE;
IF opened_drosel_k3 THEN
    open_drosel_k3:=FALSE;
END_IF
open_drosel_k4:=TRUE;
IF opened_drosel_k4 THEN
    open_drosel_k4:=FALSE;
END_IF
open_drosel_v:=TRUE;
IF opened_drosel_v THEN
    open_drosel_v:=FALSE;
END_IF
open_drosel_v_k1:=TRUE;
IF opened_drosel_v_k1 THEN
    open_drosel_v_k1:=FALSE;
END_IF
open_drosel_v_k2:=TRUE;
IF opened_drosel_v_k2 THEN
    open_drosel_v_k2:=FALSE;
END_IF
open_drosel_v_k3:=TRUE;
IF opened_drosel_v_k3 THEN
    open_drosel_v_k3:=FALSE;
END_IF
open_drosel_v_k4:=TRUE;
IF opened_drosel_v_k4 THEN
    open_drosel_v_k4:=FALSE;
END_IF
(*открытие дроселя притока и рециркуляции вкл вент*)
IF temp_ul-temp_ust<10 AND temp_ul-temp_ust>-10 THEN
    open_drosel_p:=TRUE;
    IF opened_drosel_p70 THEN
```

## Продолжение Приложения М

```
        open_drosel_p:=FALSE;
    END_IF
status_drosel_r_70(SET:=opened_drosel_r70,RESET1:=closed_drosel_r);
status_r_70:=status_drosel_r_70.Q1;
    IF status_r_70 THEN
        close_drosel_r:=TRUE;
        open_drosel_r:=FALSE;
            IF closed_drosel_r THEN
                close_drosel_r:=FALSE;
            END_IF
        END_IF
    IF NOT status_r_70 THEN
        open_drosel_r:=TRUE;
            IF opened_drosel_r30 THEN
                open_drosel_r:=FALSE;
            END_IF
        END_IF
    ELSE
status_drosel_p_70(SET:=opened_drosel_p70,RESET1:=closed_drosel_p);
status_p_70:=status_drosel_p_70.Q1;
    IF status_p_70 THEN
        close_drosel_p:=TRUE;
        open_drosel_p:=FALSE;
            IF closed_drosel_p THEN
                close_drosel_p:=FALSE;
            END_IF
        END_IF
    IF NOT status_p_70 THEN
        open_drosel_p:=TRUE;
            IF opened_drosel_p30 THEN
                open_drosel_p:=FALSE;
            END_IF
        END_IF
    END_IF
```

## Продолжение Приложения М

```
open_drosel_r:=TRUE;
    IF opened_drosel_r<70 THEN
        open_drosel_r:=FALSE;
    END_IF
END_IF
lamp:=TRUE;
manual_vent_p:=FALSE;
manual_vent_v:=FALSE;
(*определение режима нагреватель-холодильник*)
IF temp_k>temp_ust AND polozh<0.05 THEN
    kompresor:=TRUE;
    solinoid:=TRUE;
    vent_kond:=TRUE;
    reset_reg_kalorifer:=TRUE;
    reset_reg_kalorifer:=FALSE;
    manual_kalorifer:=TRUE;
    nasos:=FALSE;
    IF temp_k-temp_ust<0.1 THEN
        kompresor:=FALSE;
        solinoid:=FALSE;
        vent_kond:=FALSE;
        manual_kalorifer:=TRUE;
        nasos:=FALSE;
    END_IF
ELSE
    kompresor:=FALSE;
    solinoid:=FALSE;
    vent_kond:=FALSE;
    reset_reg_kalorifer:=TRUE;
    reset_reg_kalorifer:=FALSE;
    manual_kalorifer:=FALSE;
    nasos:=TRUE;
END_IF
```

## Продолжение Приложения М

```
IFvlazh_k>vlazh_ustTHEN
    kompresor:=TRUE;
    solinoid:=TRUE;
    vent_kond:=TRUE;
        IF temp_isp<2 THEN
            kompresor:=FALSE;
            solinoid:=FALSE;
            vent_kond:=FALSE;
        END_IF
    END_IF

IF stop THEN
    state:=2;
END_IF

(*аварии*)
IF    a_nagnet OR a_vsas OR a_rks OR a_int_p OR a_KK1 OR a_KK2 OR a_KK3 OR
a_lvl_m OR a_t_m OR a_f THEN
    nasos:=FALSE;
    manual_vent_p:=TRUE;
    manual_vent_v:=TRUE;
    manual_kalorifer:=TRUE;
    kompresor:=FALSE;
    solinoid:=FALSE;
    vent_kond:=FALSE;
    lamp:=FALSE;
    close_drosel_k1:=TRUE;
        IF closed_drosel_k1 THEN
            close_drosel_k1:=FALSE;
        END_IF
    close_drosel_k2:=TRUE;
        IF closed_drosel_k2 THEN
            close_drosel_k2:=FALSE;
        END_IF
```

## Продолжение Приложения М

```
close_drosel_k3:=TRUE;
    IF closed_drosel_k3 THEN
        close_drosel_k3:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_k4:=TRUE;
    IF closed_drosel_k4 THEN
        close_drosel_k4:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_v:=TRUE;
    IF closed_drosel_v THEN
        close_drosel_v:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_p:=TRUE;
    IF closed_drosel_p THEN
        close_drosel_p:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_r:=TRUE;
    IF closed_drosel_r THEN
        close_drosel_r:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_v_k1:=TRUE;
    IF closed_drosel_v_k1 THEN
        close_drosel_v_k1:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_v_k2:=TRUE;
    IF closed_drosel_v_k2 THEN
        close_drosel_v_k2:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_v_k3:=TRUE;
    IF closed_drosel_v_k3 THEN
        close_drosel_v_k3:=FALSE;
    END_IF
close_drosel_v_k4:=TRUE;
```

## Продолжение Приложения М

```
        IFclosed_drosel_v_k4 THEN
            close_drosel_v_k4:=FALSE;
        END_IF
open_drosel_k1:=FALSE;
open_drosel_k2:=FALSE;
open_drosel_k3:=FALSE;
open_drosel_k4:=FALSE;
open_drosel_v:=FALSE;
open_drosel_p:=FALSE;
open_drosel_r:=FALSE;
open_drosel_v_k1:=FALSE;
open_drosel_v_k2:=FALSE;
open_drosel_v_k3:=FALSE;
open_drosel_v_k4:=FALSE;
signal:=TRUE;
IF reset THEN
    signal:=FALSE;
    state:=0;
END_IF
END_IF
2:(*ОСТАНОВ*)
    nasos:=FALSE;
    kompresor:=FALSE;
    solinoid:=FALSE;
    vent_kond:=FALSE;
    lamp:=FALSE;
    close_drosel_k1:=TRUE;
        IF closed_drosel_k1 THEN
            close_drosel_k1:=FALSE;
        END_IF
    close_drosel_k2:=TRUE;
        IF closed_drosel_k2 THEN
            close_drosel_k2:=FALSE;
```

## Продолжение Приложения М

```
END_IF
close_drosel_k3:=TRUE;
  IF closed_drosel_k3 THEN
    close_drosel_k3:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_k4:=TRUE;
  IF closed_drosel_k4 THEN
    close_drosel_k4:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_v:=TRUE;
  IF closed_drosel_v THEN
    close_drosel_v:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_p:=TRUE;
  IF closed_drosel_p THEN
    close_drosel_p:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_r:=TRUE;
  IF closed_drosel_r THEN
    close_drosel_r:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_v_k1:=TRUE;
  IF closed_drosel_v_k1 THEN
    close_drosel_v_k1:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_v_k2:=TRUE;
  IF closed_drosel_v_k2 THEN
    close_drosel_v_k2:=FALSE;
  END_IF
close_drosel_v_k3:=TRUE;
  IF closed_drosel_v_k3 THEN
    close_drosel_v_k3:=FALSE;
  END_IF
```



## Продолжение Приложения М

```
close_drosel_v_k4:=TRUE;
    IF closed_drosel_v_k4 THEN
        close_drosel_v_k4:=FALSE;
    END_IF
open_drosel_k1:=FALSE;
open_drosel_k2:=FALSE;
open_drosel_k3:=FALSE;
open_drosel_k4:=FALSE;
open_drosel_v:=FALSE;
open_drosel_p:=FALSE;
open_drosel_r:=FALSE;
open_drosel_v_k1:=FALSE;
open_drosel_v_k2:=FALSE;
open_drosel_v_k3:=FALSE;
open_drosel_v_k4:=FALSE;
manual_vent_p:=TRUE;
manual_vent_v:=TRUE;
manual_kalorifer:=TRUE;
IF start THEN
    state:=0;
END_IF
END_CASE
END_IF
```

### **Подпрограммаalarm**

```
PROGRAM alarm
```

```
VAR
```

```
    alarm_nagnet:RS;
    alarm_vsas:RS;
    alarm_rks:RS;
    alarm_int_p:RS;
    alarm_KK1:RS;
    alarm_KK2:RS;
```

## Продолжение Приложения М

```
    alarm_KK3:RS;
    alarm_f:RS;
    alarm_lvl_m:RS;
    alarm_t_m:RS;
END_VAR
IF pres_f_1-pres_f_2>50 THEN
    t_f:=TRUE;
ELSE
    t_f:=FALSE;
END_IF
IF lvl_m<10 THEN
    t_lvl_m:=TRUE;
ELSE
    t_lvl_m:=FALSE;
END_IF
IF temp_m>95 THEN
    t_t_m:=TRUE;
ELSE
    t_t_m:=FALSE;
END_IF
alarm_nagnet(SET:=nagnet, RESET1:=reset);
a_nagnet:=alarm_nagnet.Q1;
alarm_vsas(SET:=vsas, RESET1:=reset);
a_vsas:=alarm_vsas.Q1;
alarm_rks(SET:=rks, RESET1:=reset);
a_rks:=alarm_rks.Q1;
alarm_int_p(SET:=int_p, RESET1:=reset);
a_int_p:=alarm_int_p.Q1;
alarm_KK1(SET:=KK1, RESET1:=reset);
a_KK1:=alarm_KK1.Q1;
alarm_KK2(SET:=KK2, RESET1:=reset);
a_KK2:=alarm_KK2.Q1;
alarm_KK3(SET:=KK3, RESET1:=reset);
```

## Продолжение Приложения М

```
a_KK3:=alarm_KK3.Q1;
alarm_f(SET:=t_f, RESET1:=reset);
a_f:=alarm_f.Q1;
alarm_lvl_m(SET:=t_lvl_m, RESET1:=reset);
a_lvl_m:=alarm_lvl_m.Q1;
alarm_t_m(SET:=t_t_m, RESET1:=reset);
a_t_m:=alarm_t_m.Q1;
IF a_nagnet THEN
    A:='датчикнагнетания';
END_IF
IF a_vsas THEN
    A:='датчиквсаса';
END_IF
IF a_rks THEN
    A:='ркс';
END_IF
IF a_int_p THEN
    A:='интпитания';
END_IF
IF a_KK1 THEN
    A:='теплоерелекомпрессор';
END_IF
IFa_KK2THEN
    A:='теплоерелевентильатор';
END_IF
IF a_KK3 THEN
    A:='теплоереленасос';
END_IF
IF a_f THEN
    A:='фильтр';
END_IF
IFa_lvl_mTHEN
    A:='датчик уровня масла';
```

## Продолжение Приложения М

```
END_IF
IF a_t_m THEN
    A:='датчик температуры масла';
END_IF
IF reset THEN
    A:='готов к работе';
END_IF
IF start THEN
    A:='работает в автоматическом режиме';
END_IF
IF stop THEN
    A:='останов';
END_IF
IF SA THEN
    A:='ручной режим';
END_IF
```

### **Подпрограмма trace mode**

```
PROGRAM trace_mode
VAR
END_VAR
IF closed_drosel_p THEN
    status_p:=0;
ELSIF opened_drosel_p30 AND NOT opened_drosel_p70 THEN
    status_p:=30;
ELSIF opened_drosel_p70 AND opened_drosel_p30 THEN
    status_p:=70;
END_IF
IF closed_drosel_r THEN
    status_r:=0;
ELSIF opened_drosel_r30 AND NOT opened_drosel_r70 THEN
    status_r:=30;
ELSIF opened_drosel_r70 AND opened_drosel_r30 THEN
```

## Продолжение Приложения М

```
        status_r:=70;
    END_IF
    IF closed_drosel_k1 THEN
        status_p_k1:=0;
    ELSIF opened_drosel_k1 THEN
        status_p_k1:=21;
    END_IF
    IF closed_drosel_k2 THEN
        status_p_k2:=0;
    ELSIF opened_drosel_k2 THEN
        status_p_k2:=41;
    END_IF
    IF closed_drosel_k3 THEN
        status_p_k3:=0;
    ELSIF opened_drosel_k3 THEN
        status_p_k3:=14;
    END_IF
    IF closed_drosel_k4 THEN
        status_p_k4:=0;
    ELSIF opened_drosel_k4 THEN
        status_p_k4:=24;
    END_IF
    IF closed_drosel_v_k1 THEN
        status_v_k1:=0;
    ELSIF opened_drosel_v_k1 THEN
        status_v_k1:=21;
    END_IF
    IF closed_drosel_v_k2 THEN
        status_v_k2:=0;
    ELSIF opened_drosel_v_k2 THEN
        status_v_k2:=41;
    END_IF
    IF closed_drosel_v_k3 THEN
```

## Продолжение Приложения М

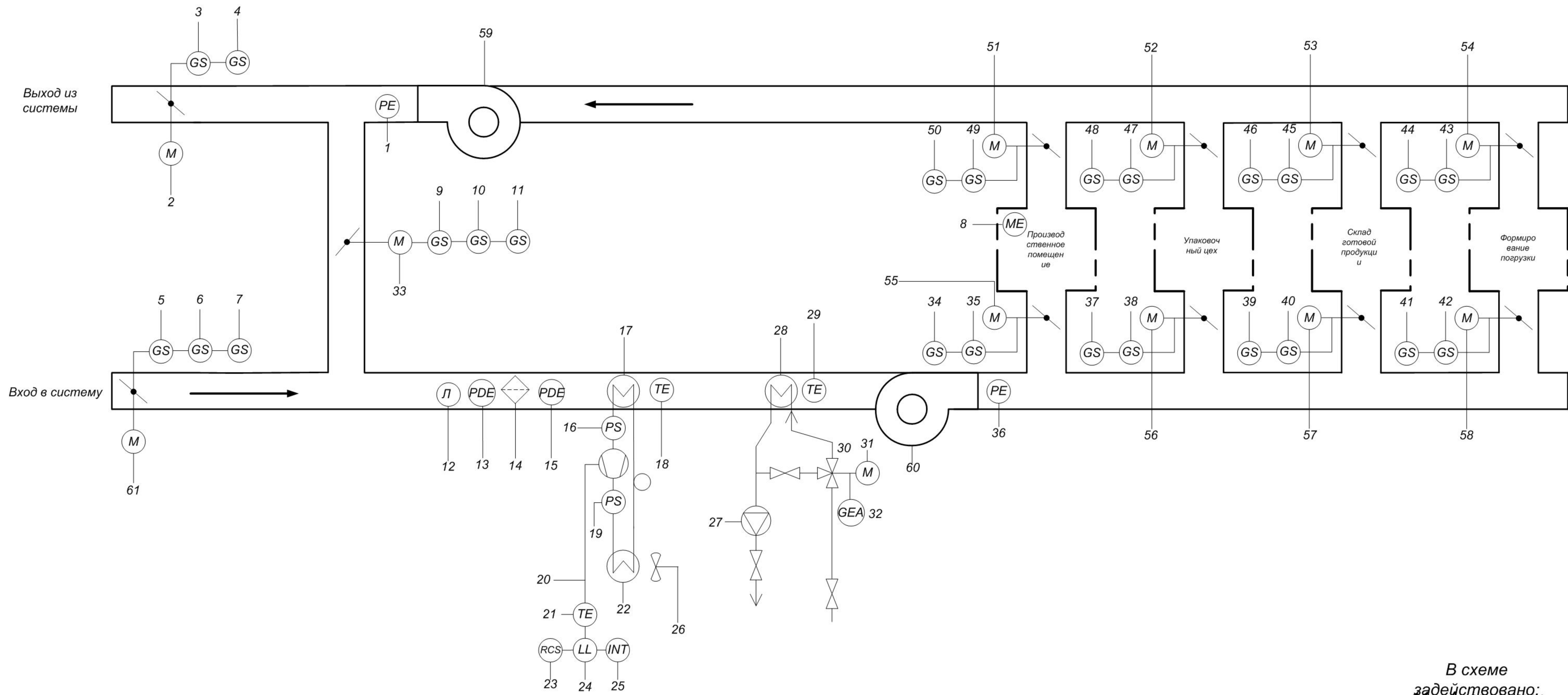
```
        status_v_k3:=0;
ELSIF opened_drosel_v_k3 THEN
        status_v_k3:=14;
END_IF
IF closed_drosel_v_k4 THEN
        status_v_k4:=0;
ELSIF opened_drosel_v_k4 THEN
        status_v_k4:=24;
END_IF
IF closed_drosel_v THEN
        status_v:=0;
ELSIF opened_drosel_v THEN
        status_v:=100;
END_IF
```

### **Функциональный блок rele**

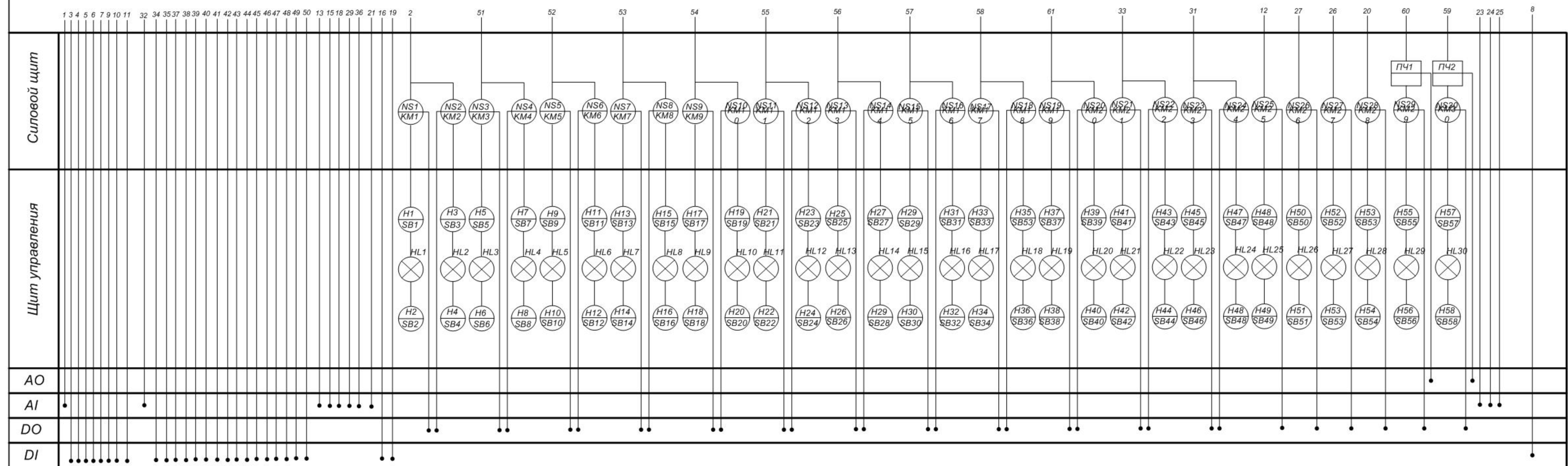
```
FUNCTION_BLOCK rele
VAR_INPUT
        y_zad,y,turn_off,turn_on:REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
        open:BOOL:=FALSE;
        close:BOOL:=FALSE;
END_VAR
VAR
        out:INT:=0;
        error:REAL;
END_VAR
error:=y_zad-y;
CASE out OF
-1:
        close:=TRUE;
        open:=FALSE;
```

## Продолжение Приложения М

```
IF error>-turn_off THEN
    out:=0;
    close:=FALSE;
END_IF
0:
IF error<-turn_off THEN
    out:=-1;
    close:=FALSE;
    open:=FALSE;
ELSIF error>turn_on THEN
    open:=FALSE;
    close:=FALSE;
    out:=1;
END_IF
1:
open:=TRUE;
close:=FALSE;
IF error<turn_off THEN
    out:=0;
    close:=FALSE;
    open:=FALSE;
END_IF
END_CASE
```



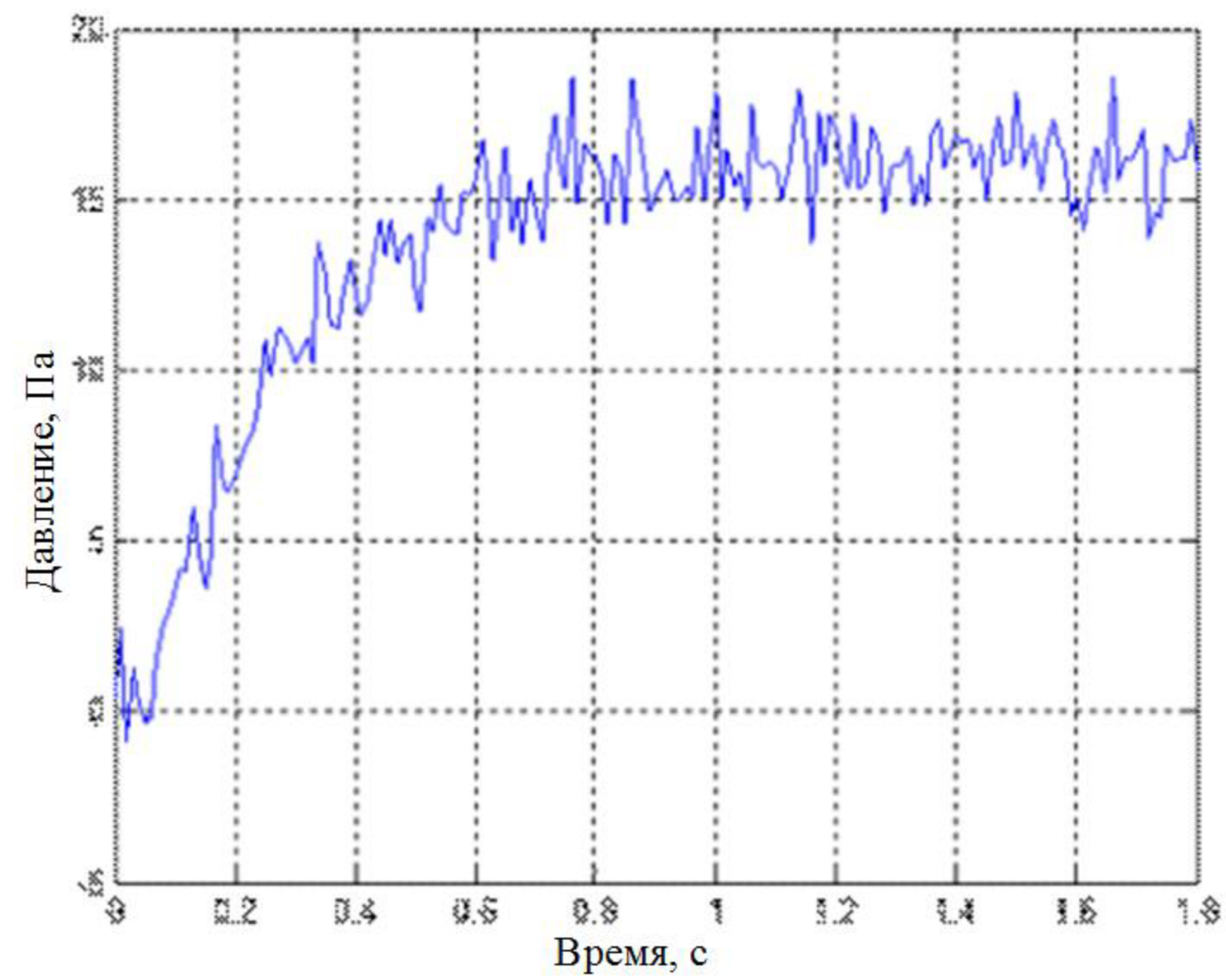
В схеме  
 задействовано:  
 11 – Аналоговых  
 входов;  
 30 – Дискретных  
 выходов;  
 27 – Дискретных  
 входов.



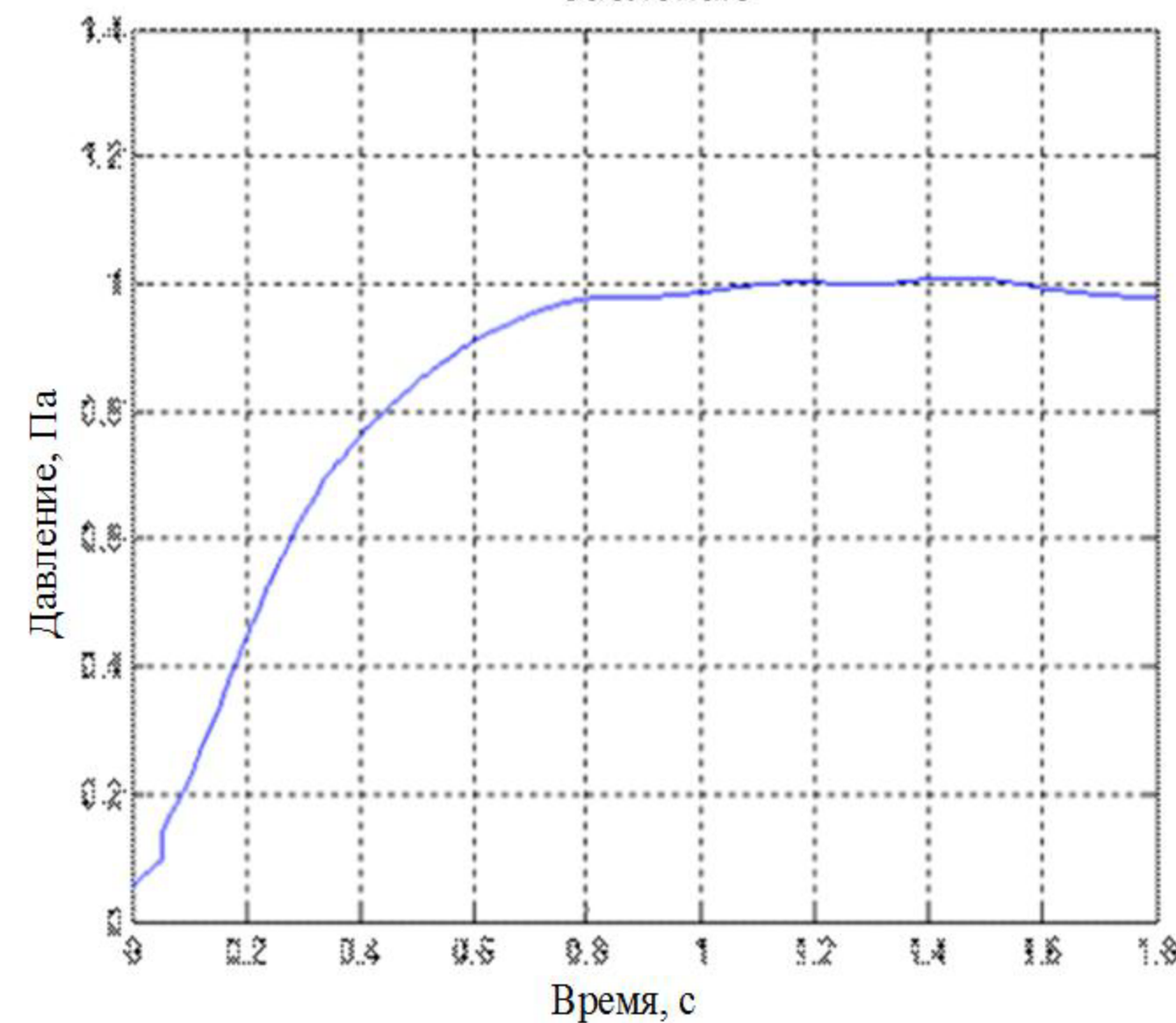
				ВКР.144016.150304 .Сх		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Функциональная схема	Листера
Разраб.	Шт	Шт	Шт	Шт	приточно-вытяжной	Масса
Провер.	Шт	Шт	Шт	Шт	вентиляции	Масштаб
Т.Контр.	Шт	Шт	Шт	Шт	Автоматизированная система	1:1
Рецензент	Шт	Шт	Шт	Шт	управления приточно-вытяжной	Лист 1
Н.Контр.	Шт	Шт	Шт	Шт	вентиляцией производственного	Листов 6
Утвержд.	Шт	Шт	Шт	Шт	помещения	АМ У
						Кафедра
						АППиЭ



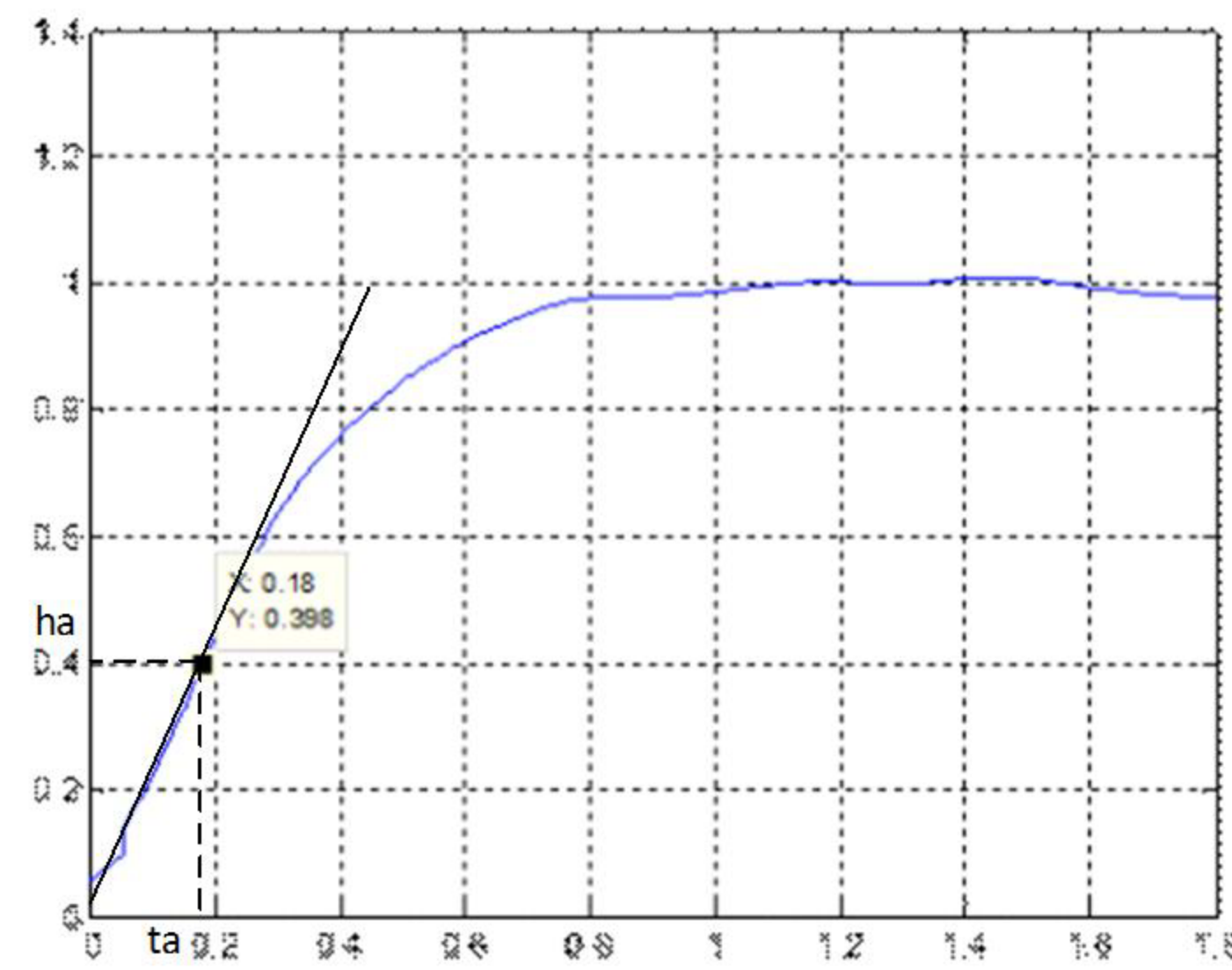
Разгонная характеристики объекта по давлению



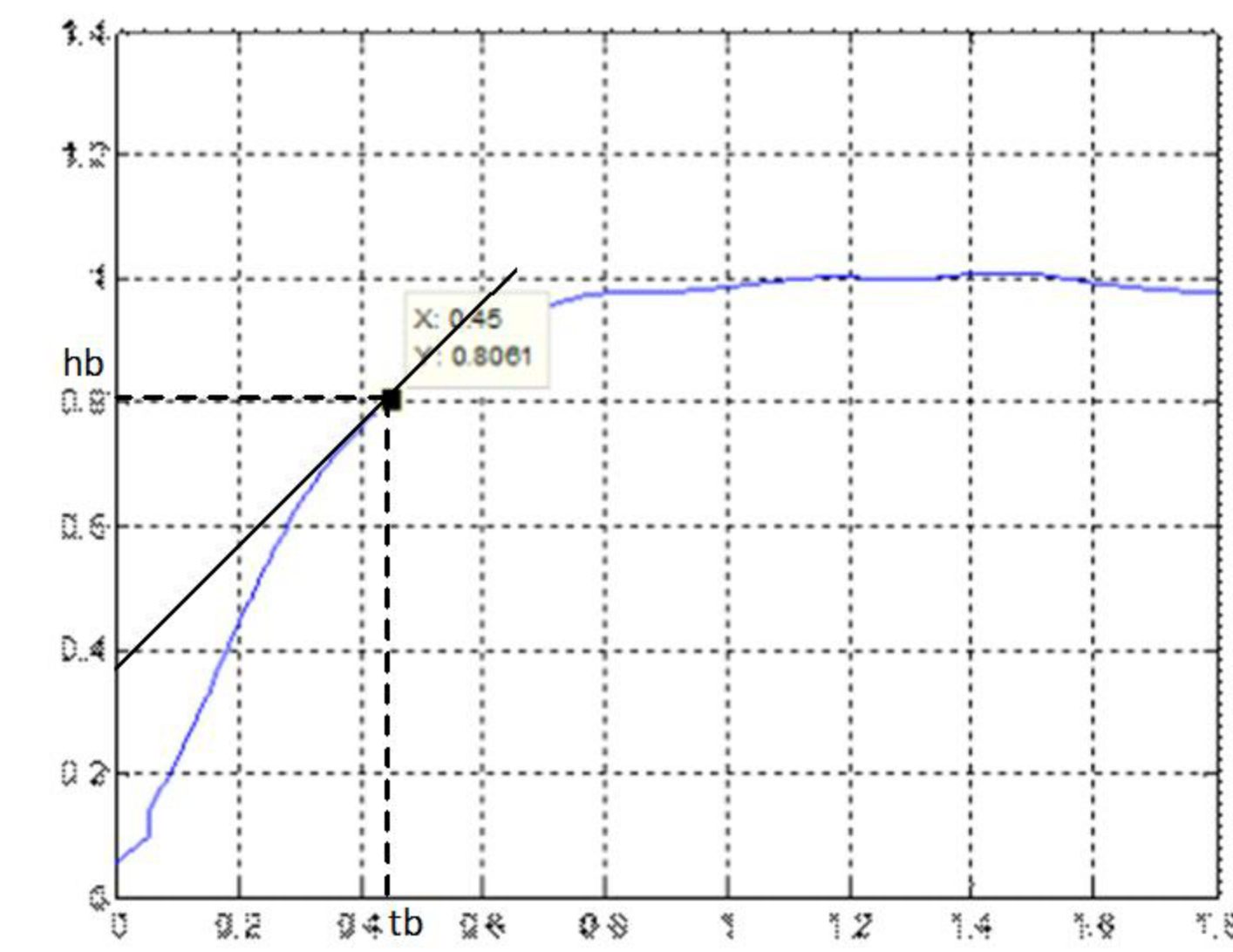
Отфильтрованная разгонная характеристики объекта по давлению



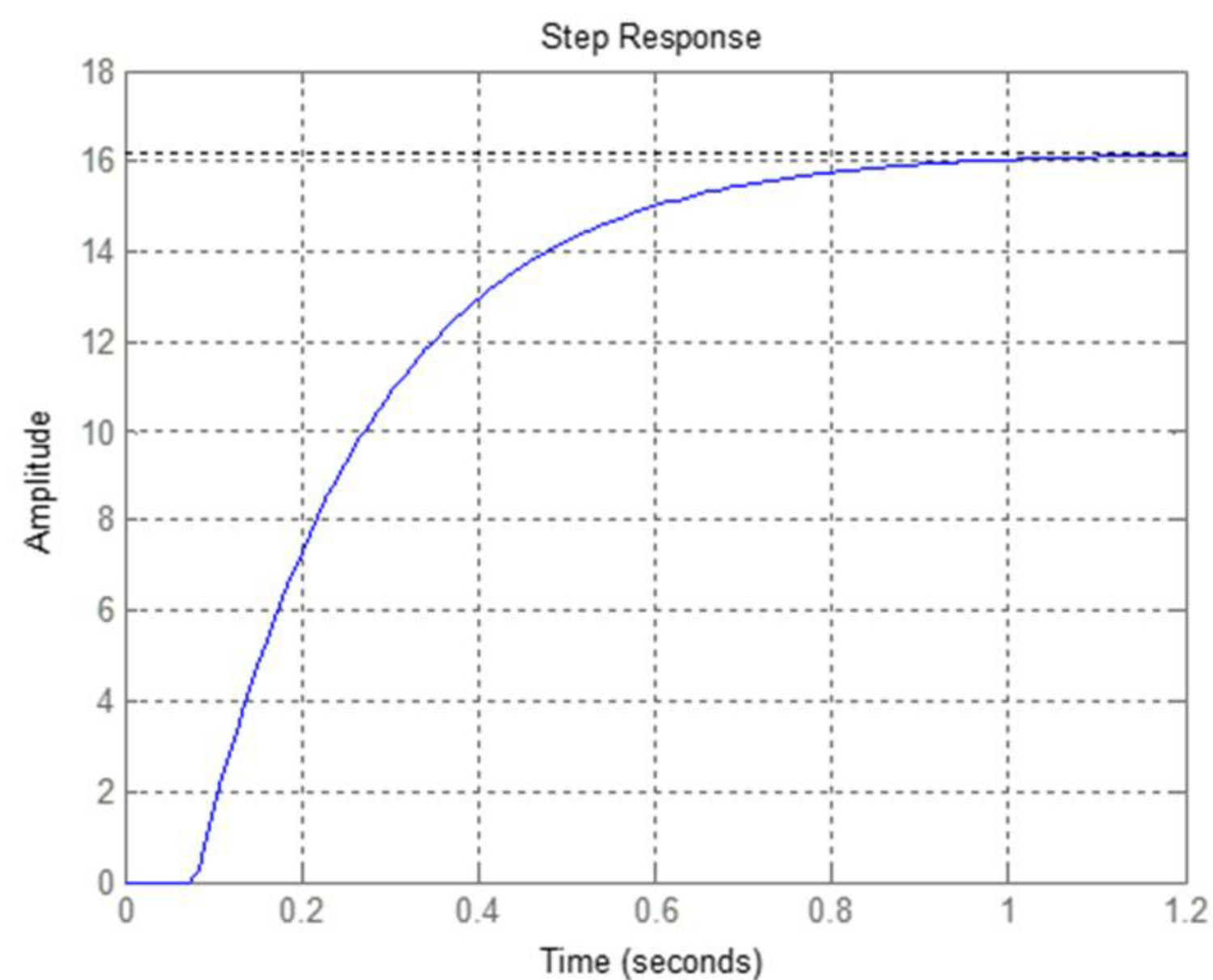
Поиск первой точки перегиба



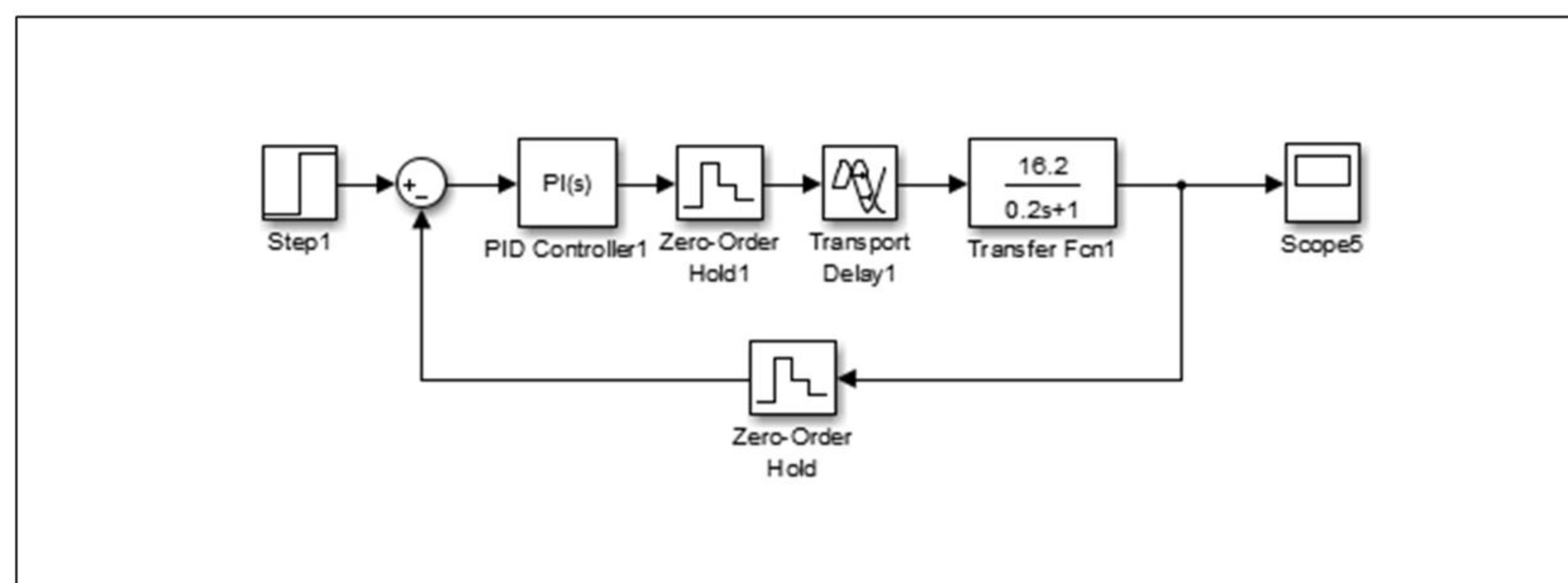
Точка равная 0.8



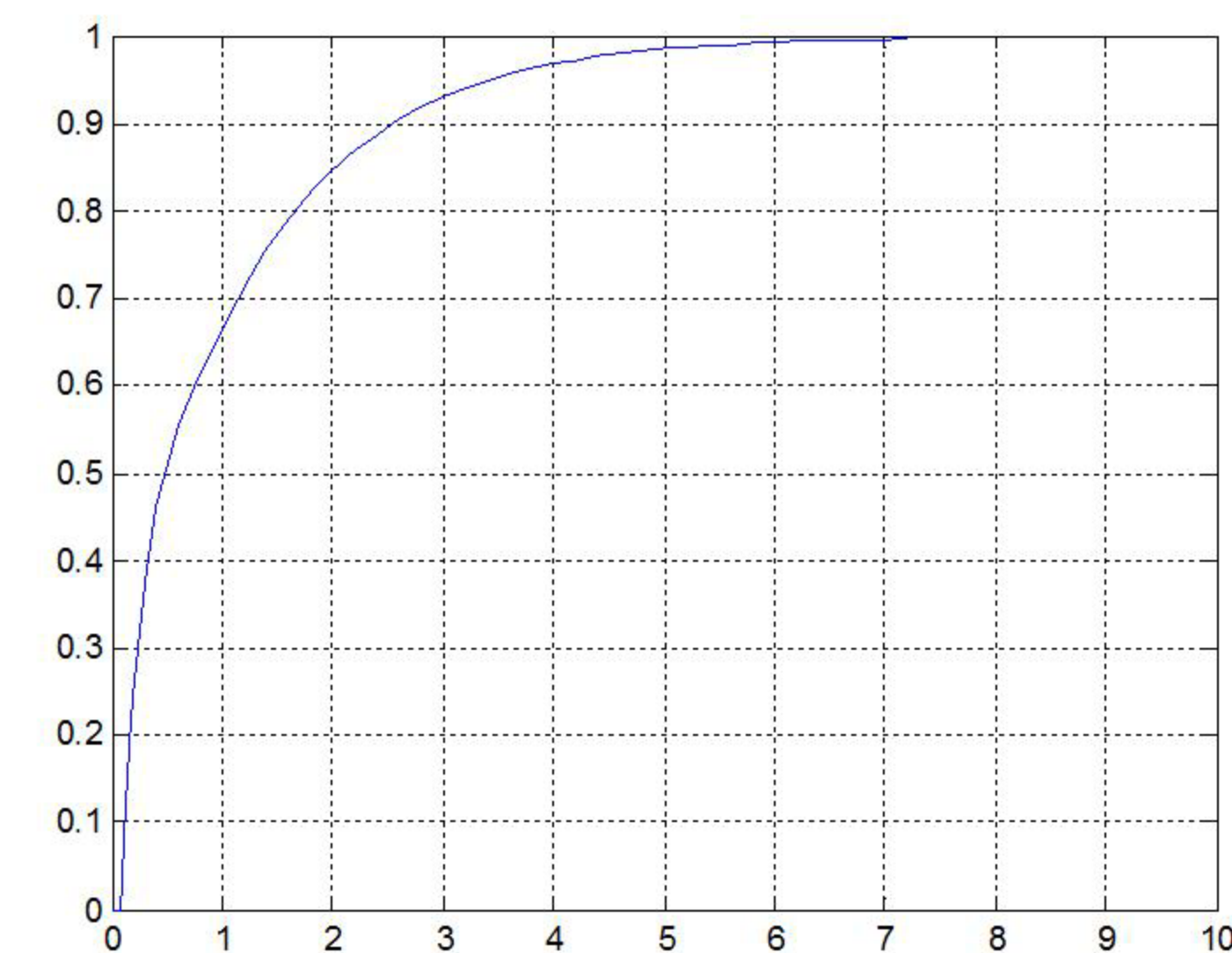
Переходная характеристика объекта по давлению



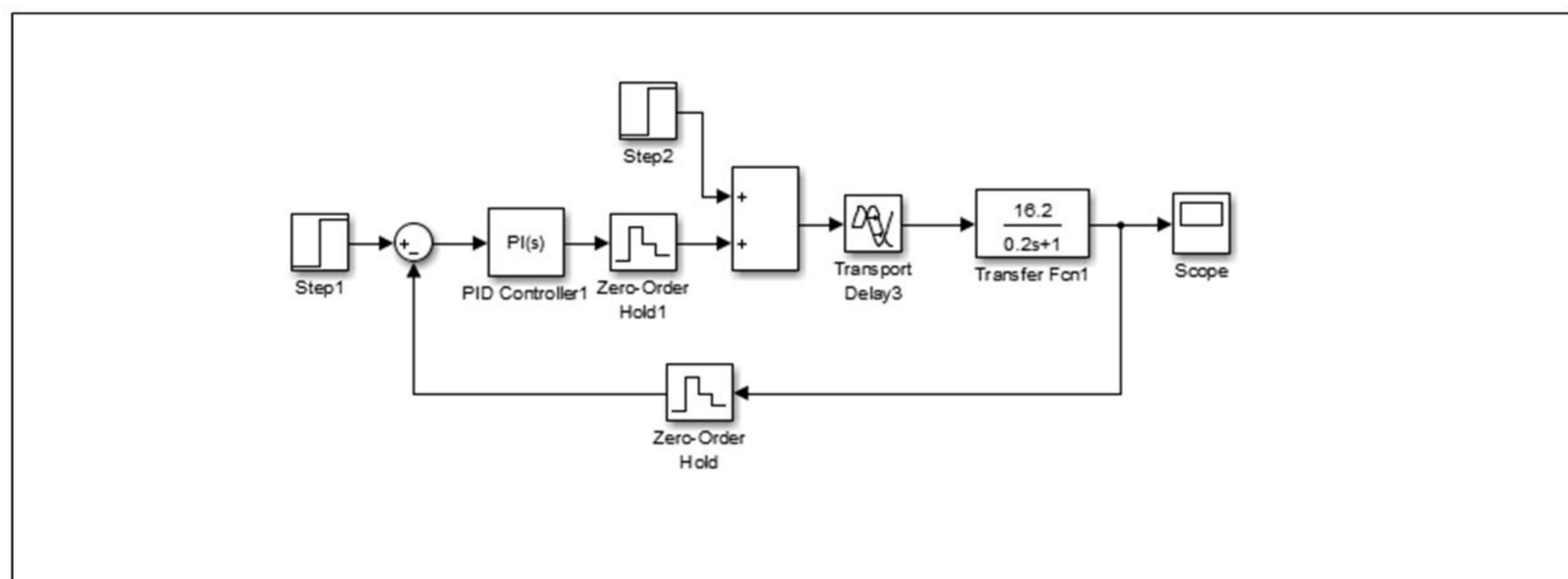
Модель САР



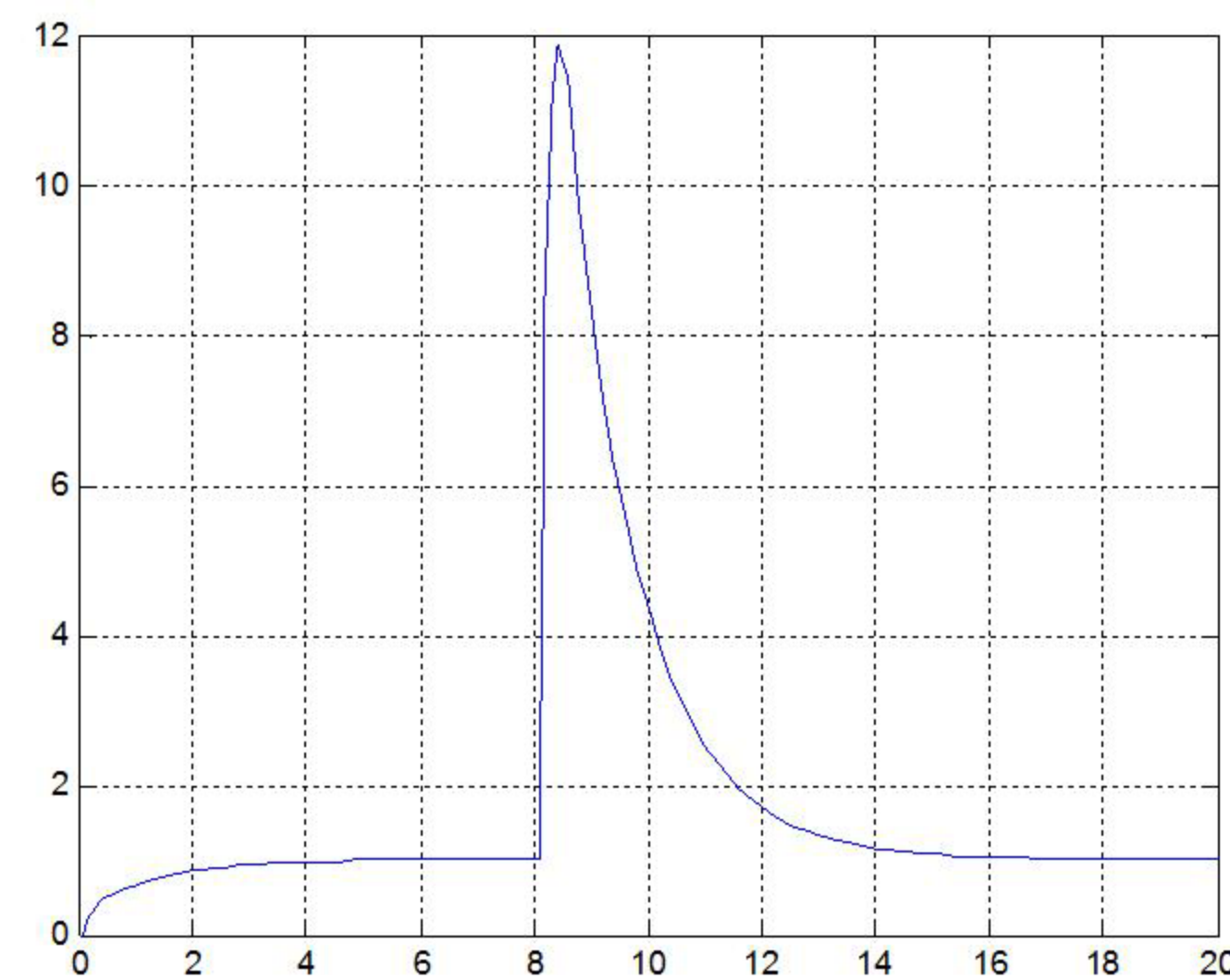
Результат моделирования



Модель САР с возмущением

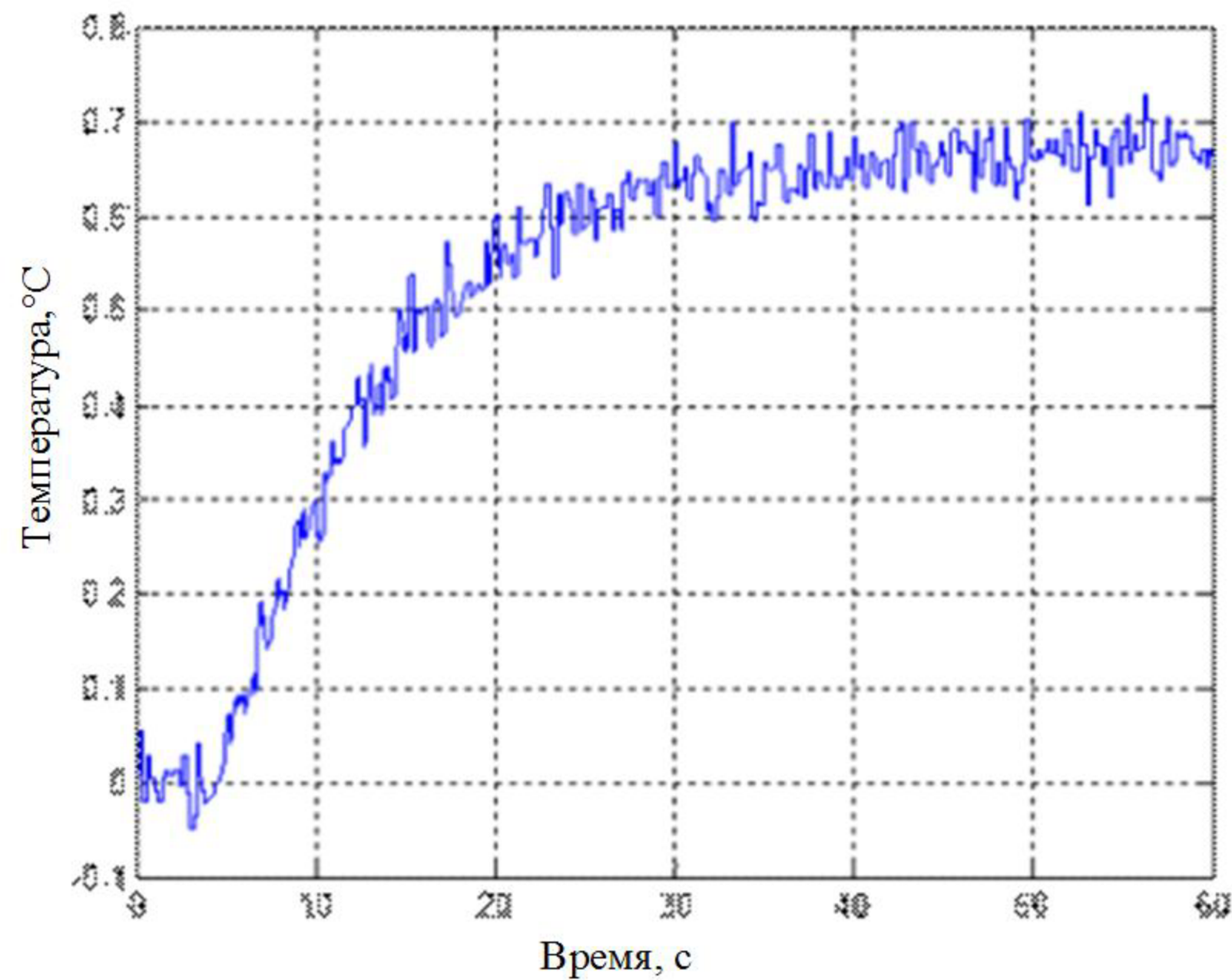


Результат моделирования с возмущением

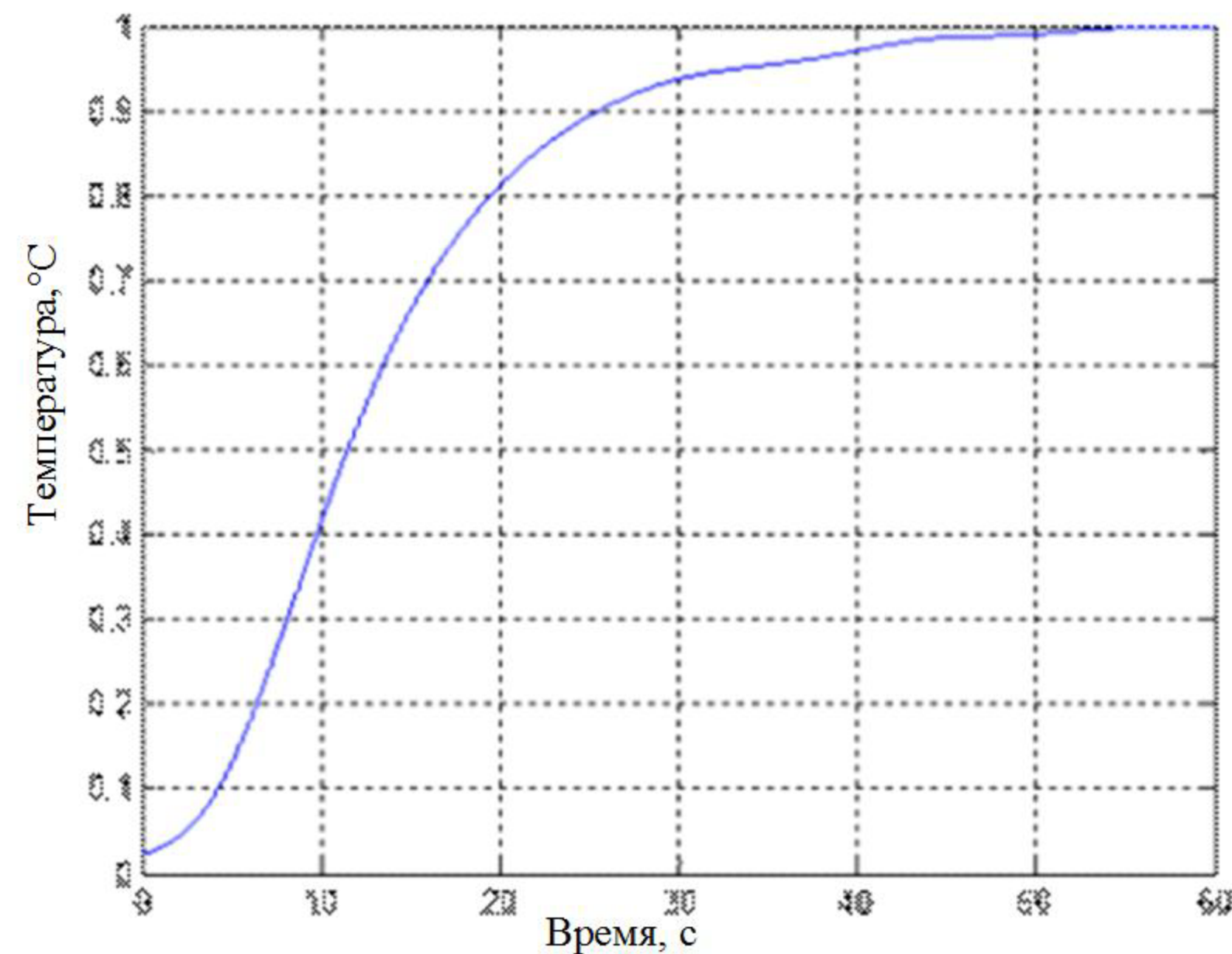


				ВКР.144016.150304 .Cx		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масштаб
Разраб.		Исполн.			y	1:1
Провер.		Штуккин				
Т.Контр.		М.Д.			Лист 2	Листов 6
Рецензент		Скрипко			АМГУ Кафедра АПЛиЭ	
Н.Контр.		С.В.Яков				
Утвержд.		О.В.			Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляцией производственного помещения	

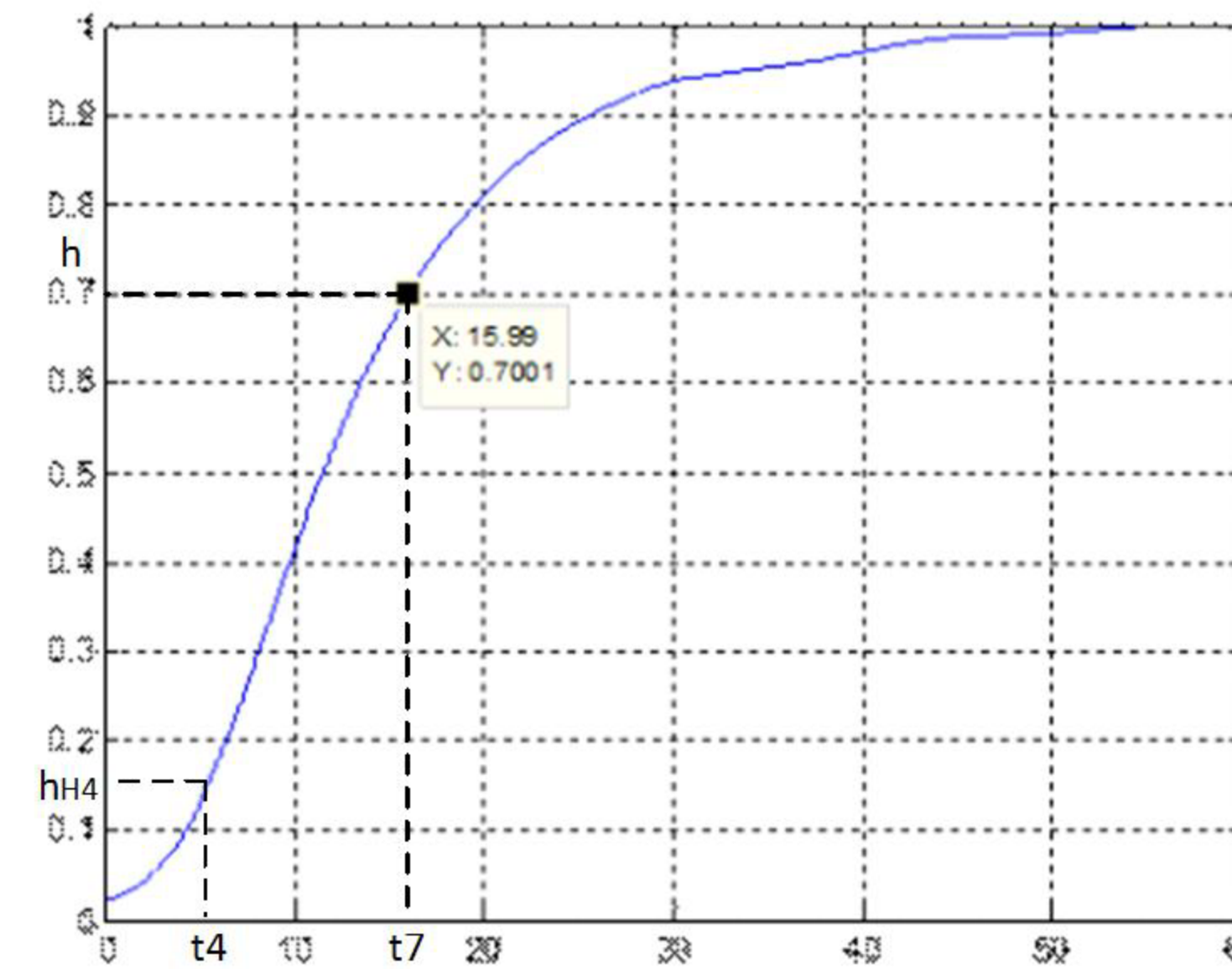
Разгонная характеристика объекта по температуры



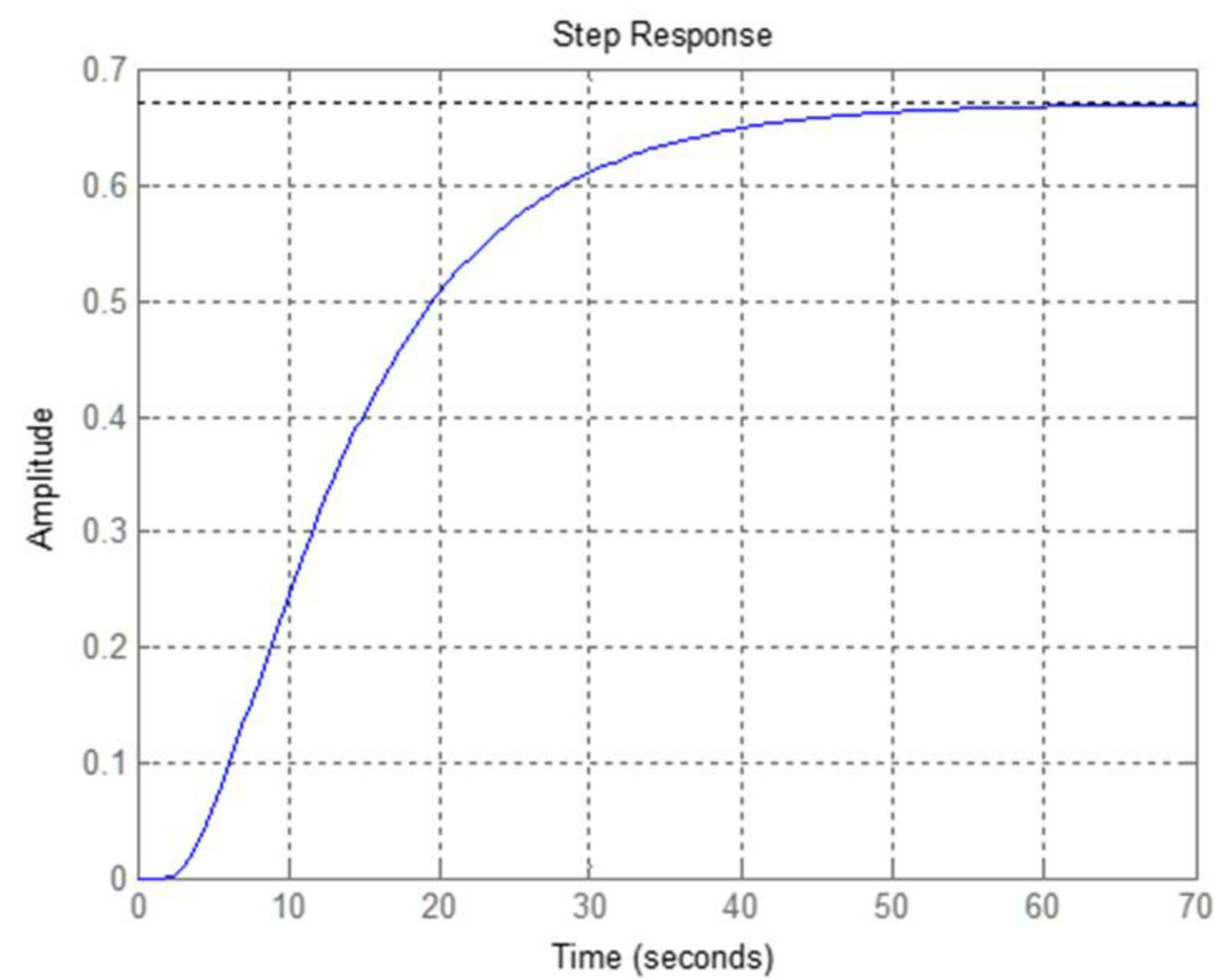
Отфильтрованная разгонная характеристика объекта по температуре



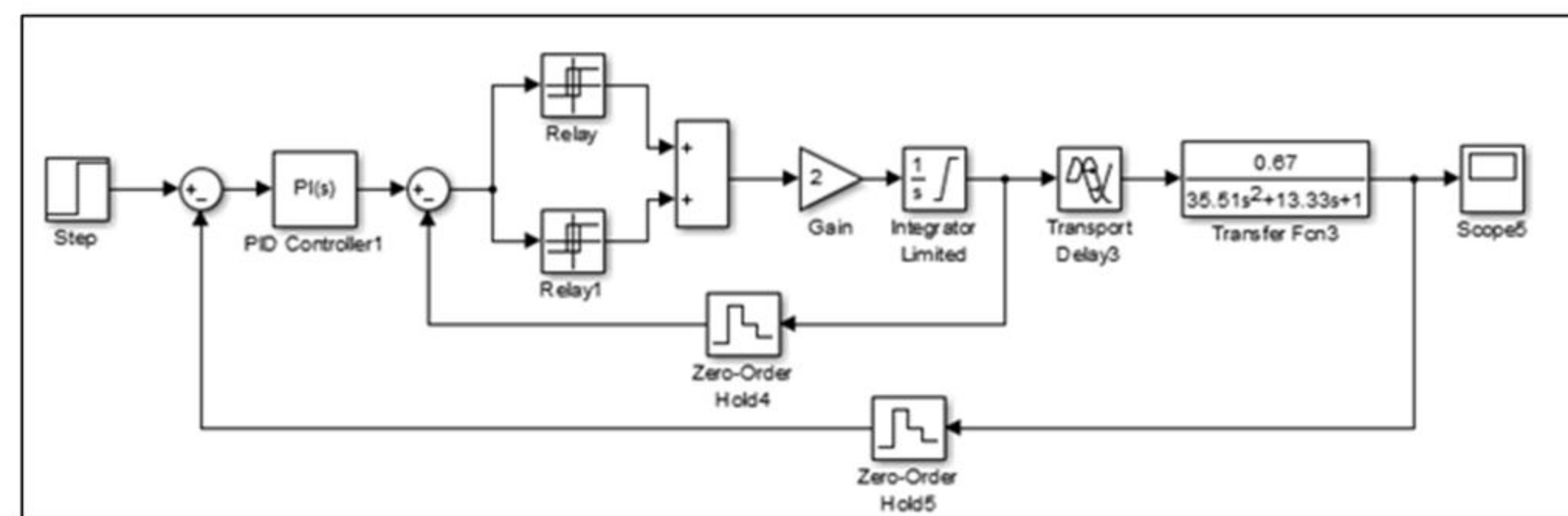
Поиск точек t7, t4, hH4



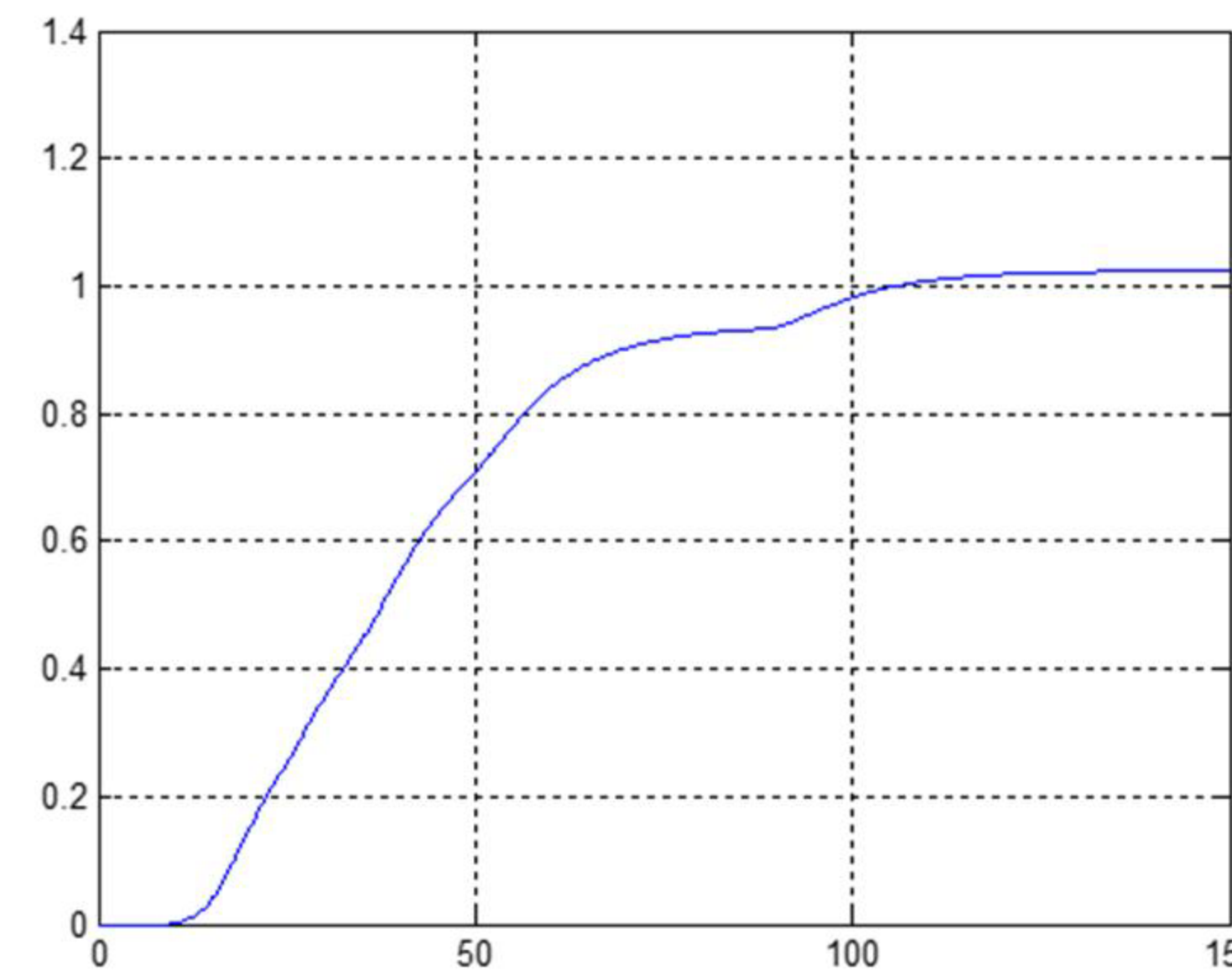
Переходная характеристика объекта по температуре



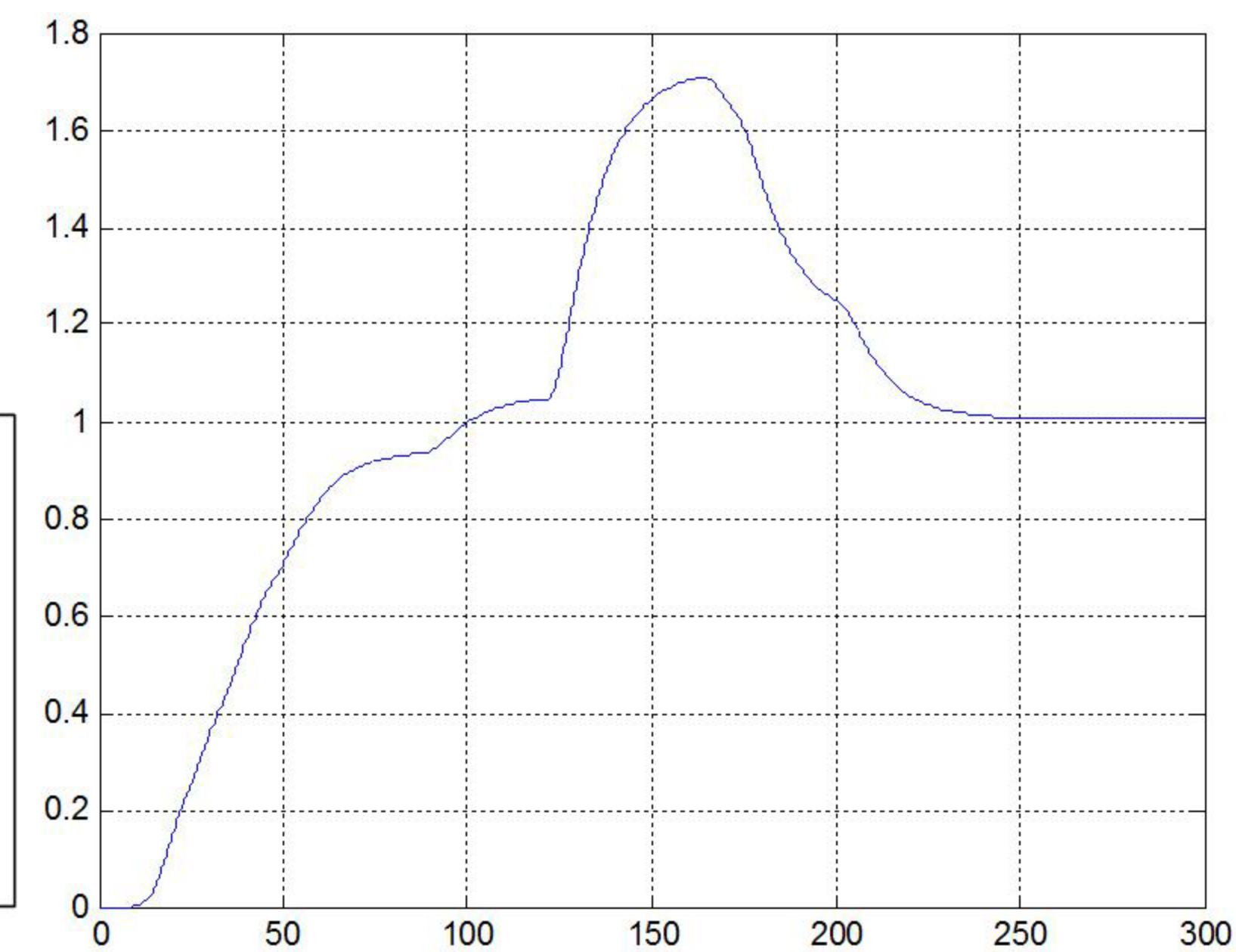
Модель САР с исполнительным механизмом



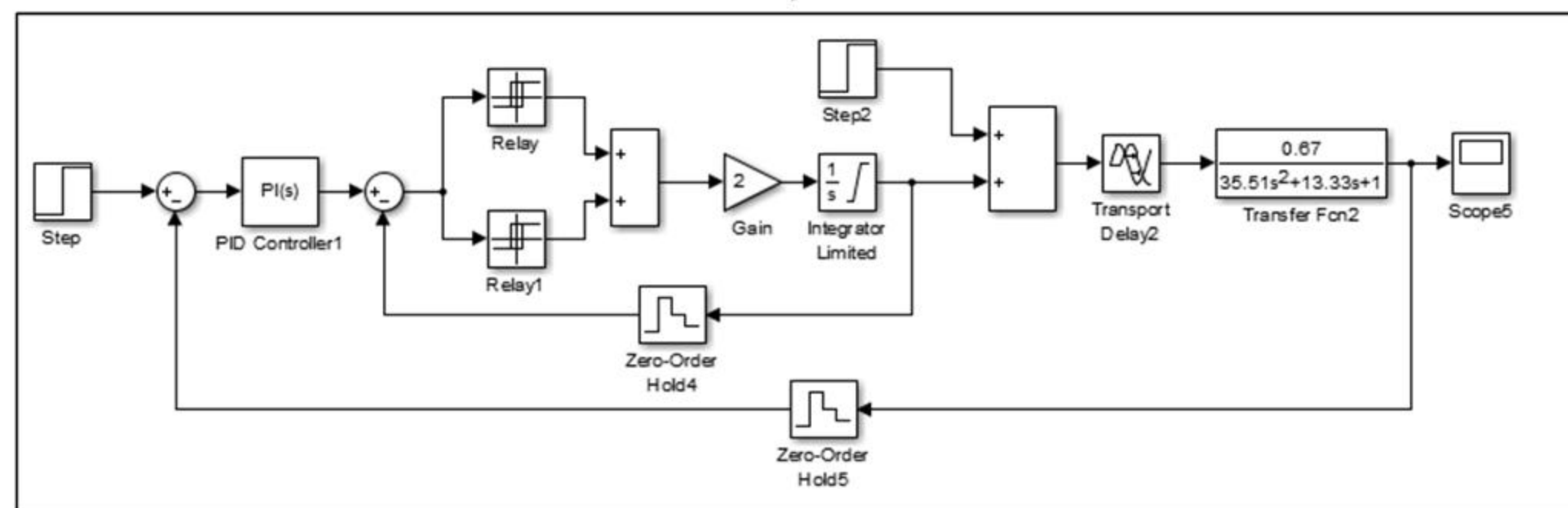
Результат моделирования



Результат моделирования с возмущением

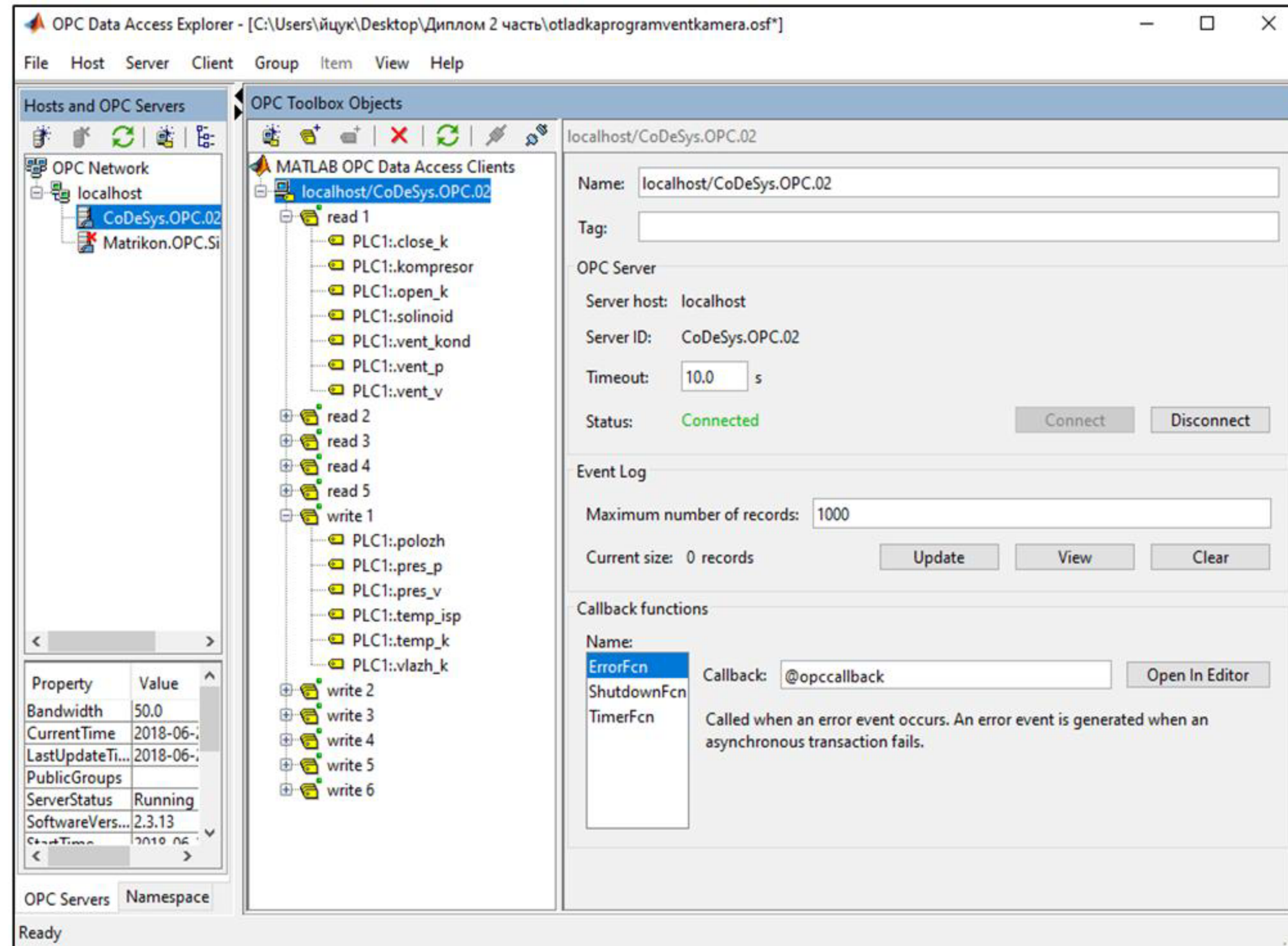


Модель САР с исполнительным механизмом и возмущением

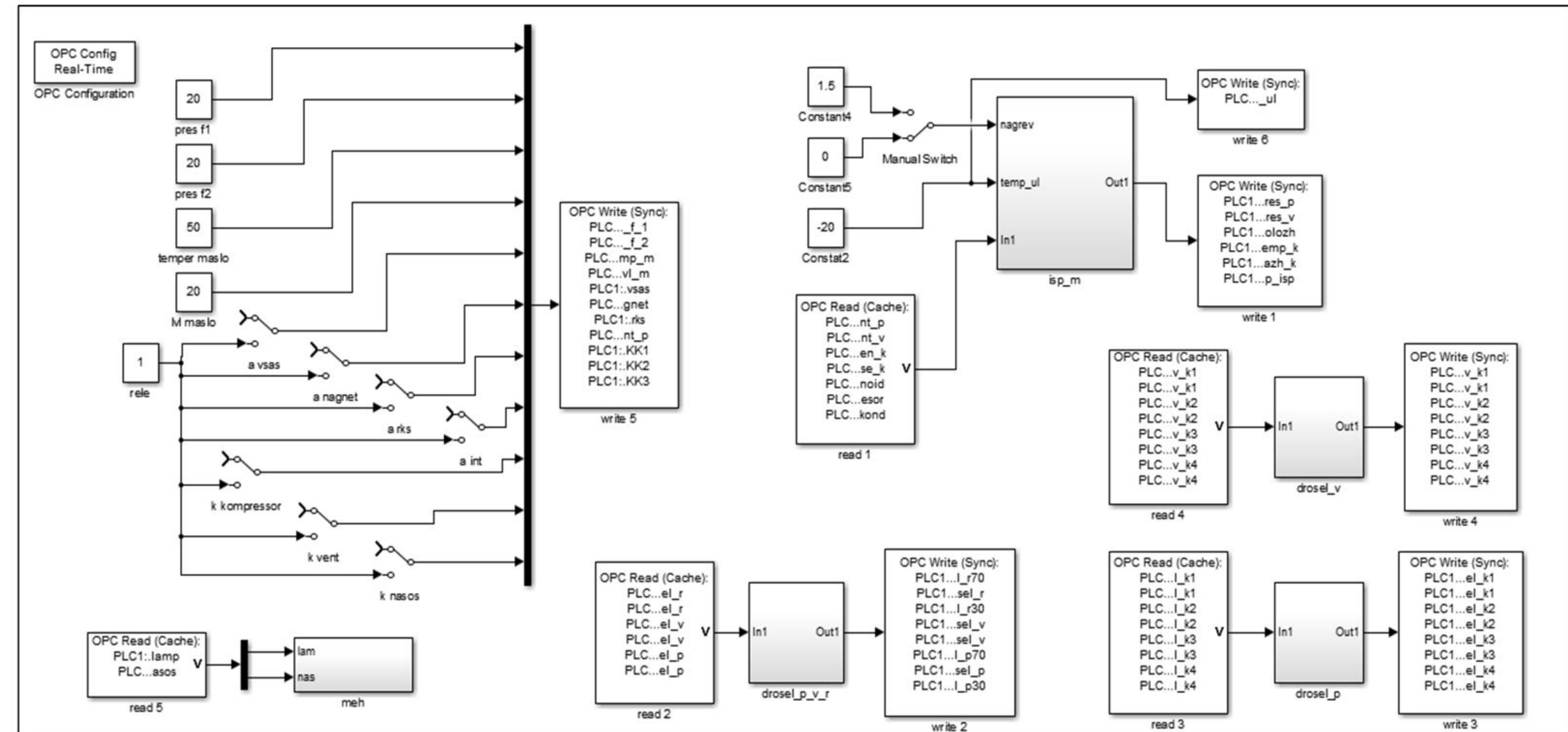


				ВКР.144016.150304 .Cx				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет регулятора объекта по температуре Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляцией производственного помещения	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Ш.М.Д.					y		1:1
Провер.	Ш.М.Д.							
Т.Контр.	Ш.М.Д.							
Рецензент	С.В.О.							
Н.Контр.	С.В.О.							
Утвержд.	С.В.О.							
						Лист 3	Листов 6	АМГУ Кафедра АППиЭ

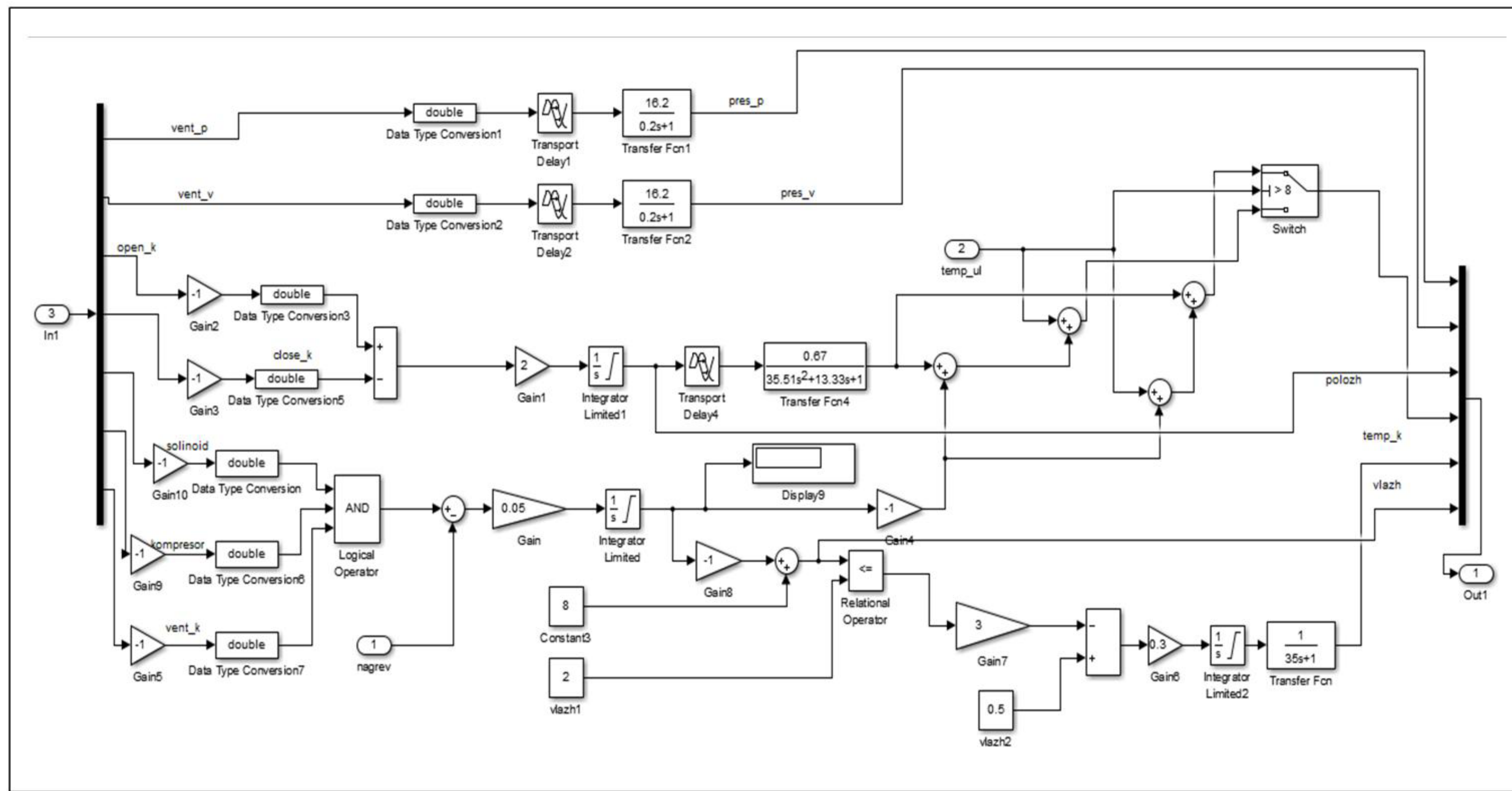
Создание OPC клиента в MATLAB



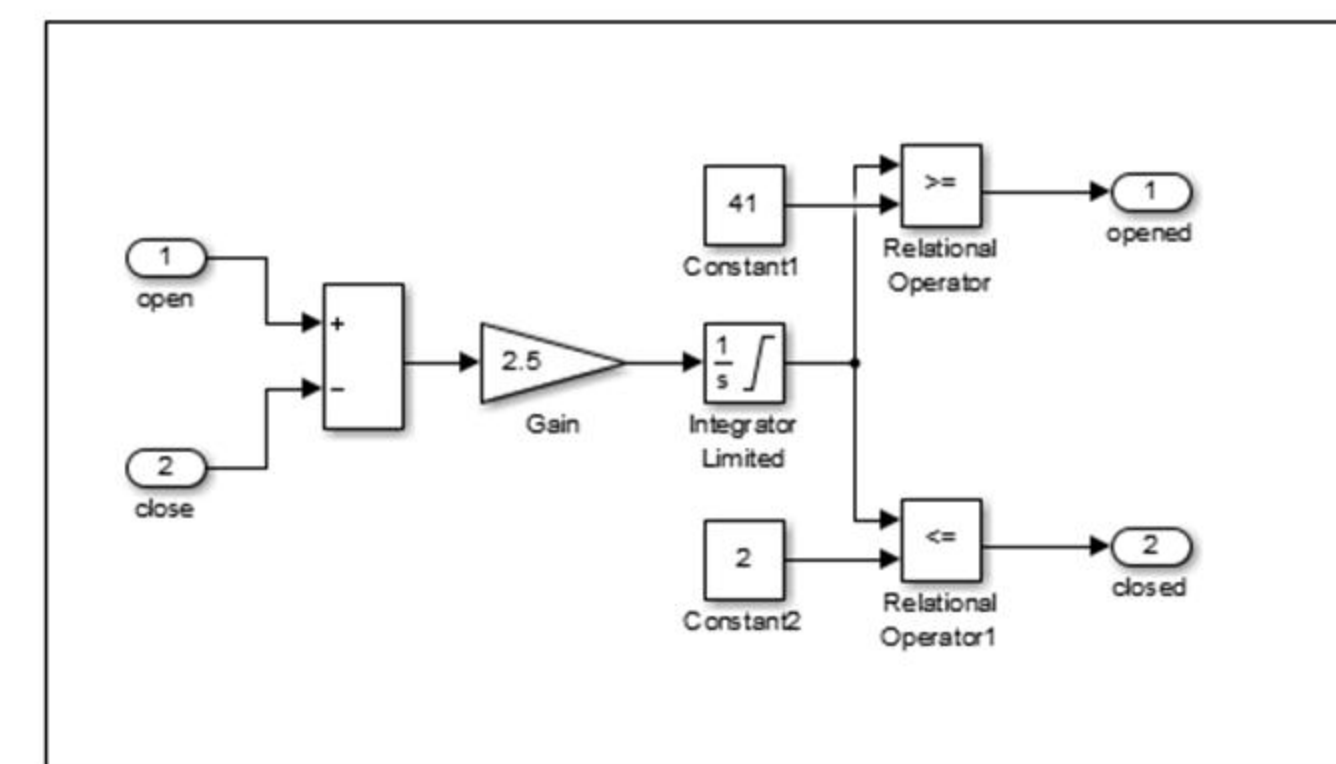
Полная модель автоматизированной системы управления



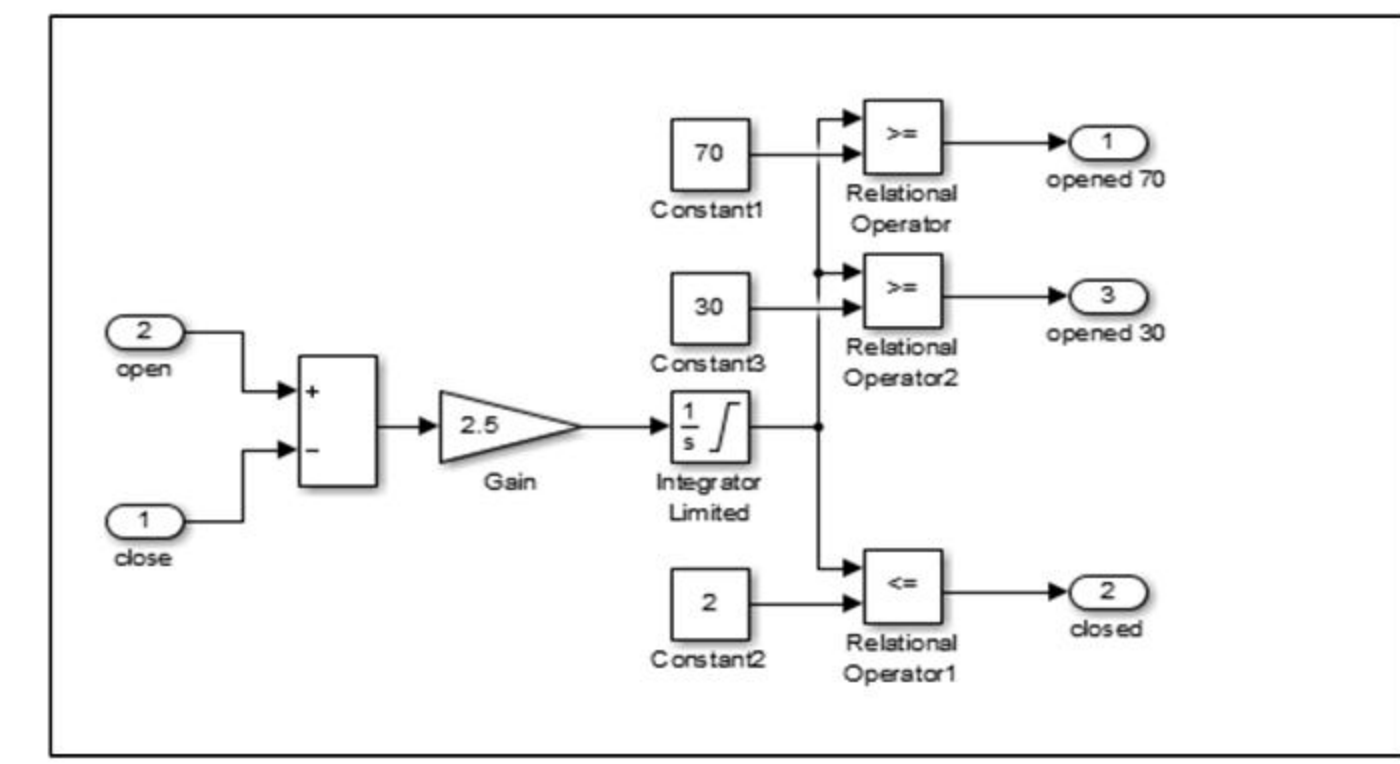
Модель калорифера, вентиляторов и кондиционерной установки



Модель дросселя перед камерой

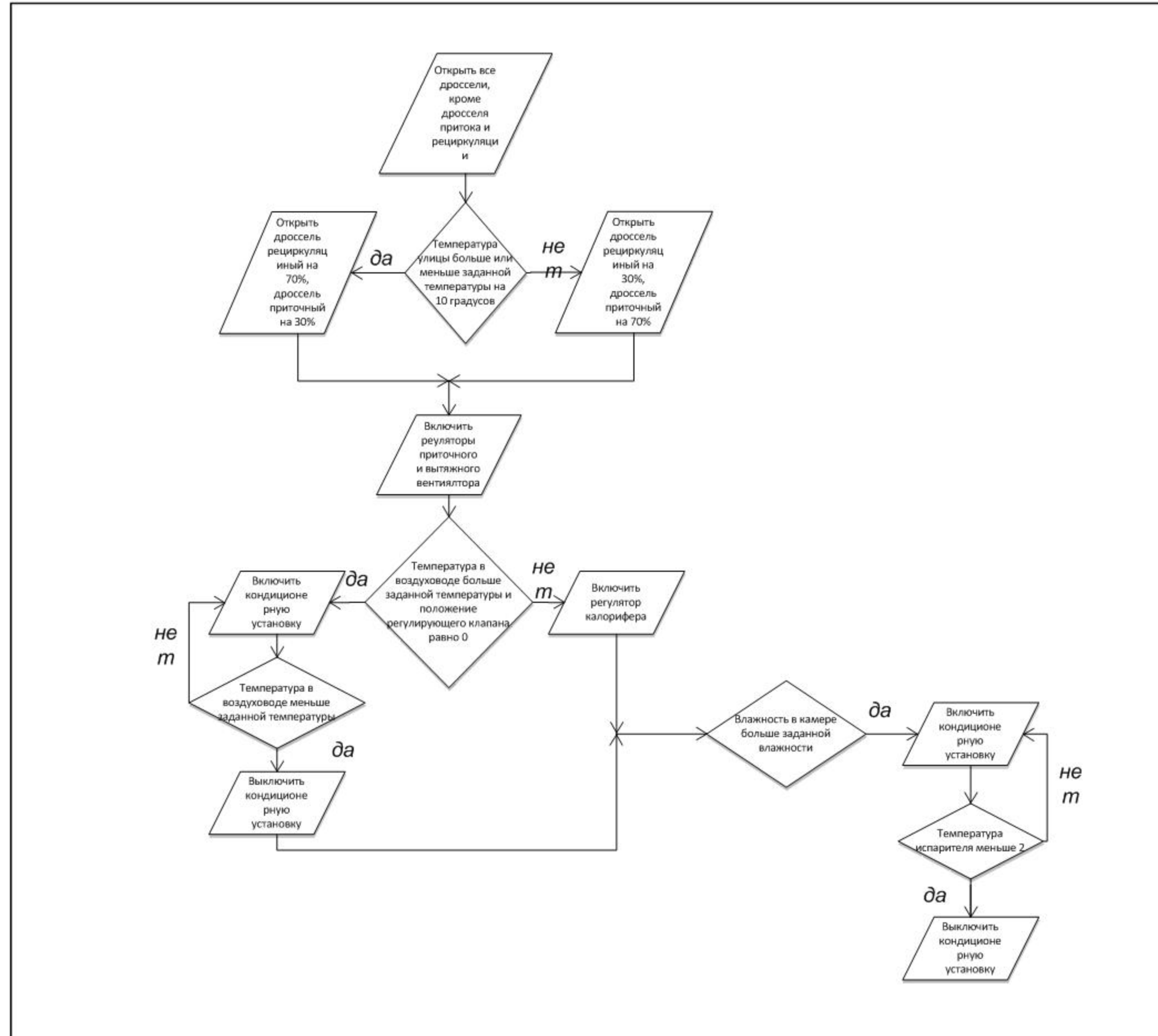


Модель дросселя, приточного воздуховода

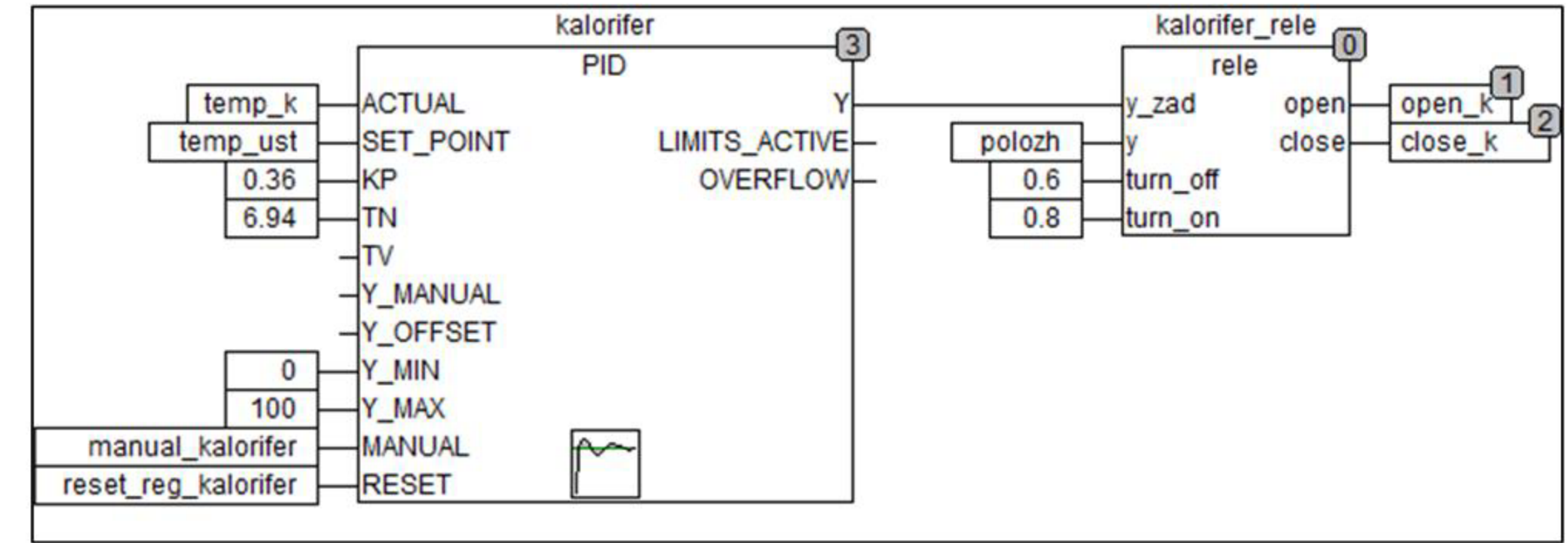


				ВКР.144016.150304 .Сх		
				Моделирования автоматизированной системы управления		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масштаб
Разраб.	1	Ш.М.И.			у	1:1
Провер.		Ш.М.И.				
Т.Контр.		М.Д.			Лист 4	Листов 6
Рецензент		С.В.			АМГУ Кафедра АППиЭ	
Н.Контр.		С.В.				
Утвержд.		С.В.				

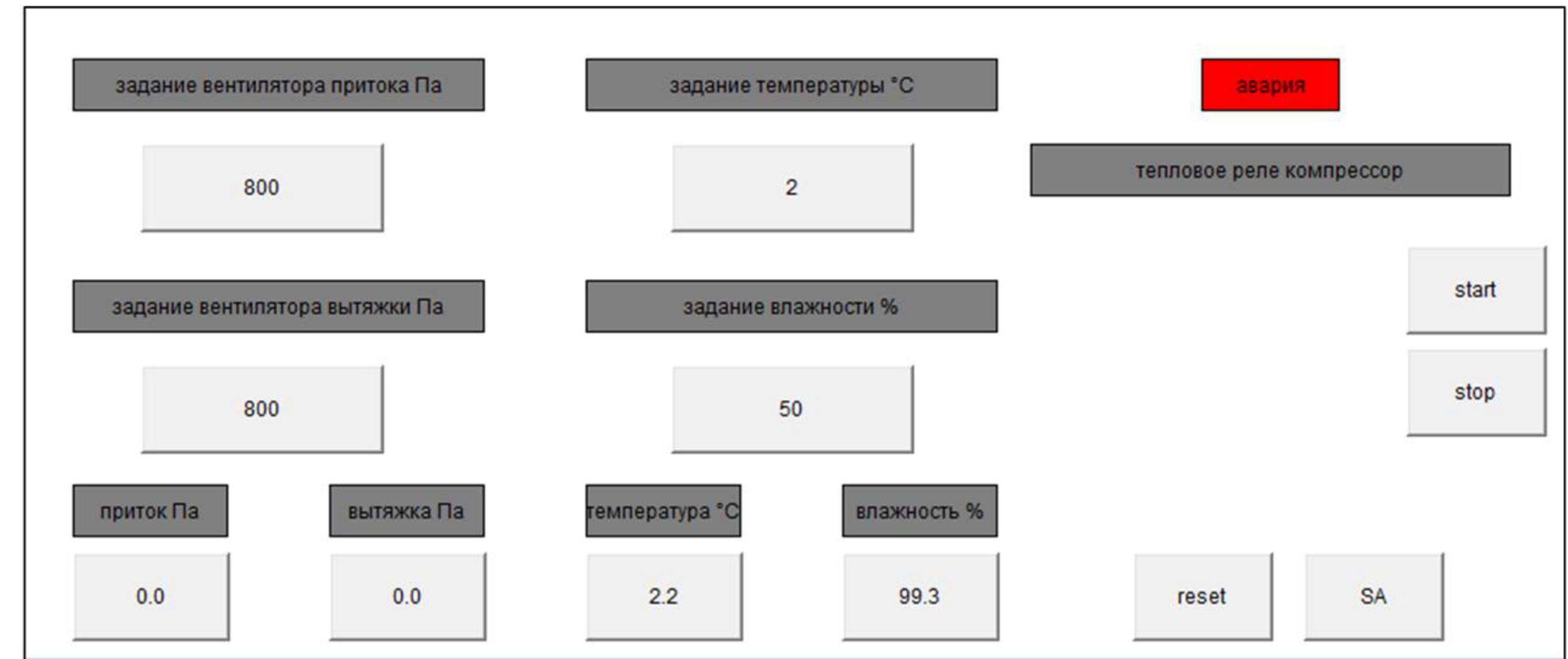
Алгоритм программы управления



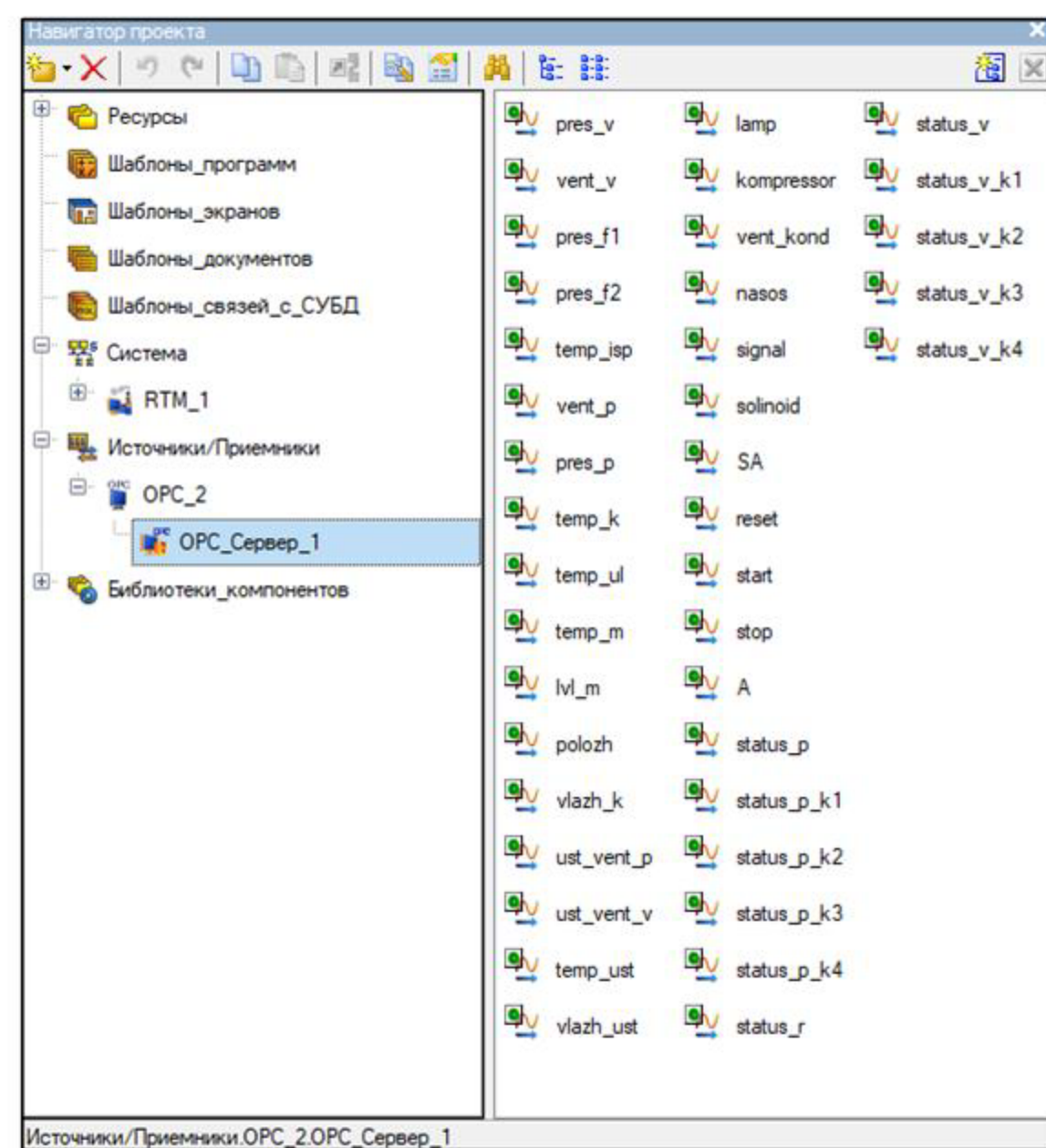
Регулятор объекта по температуре в CodeSys



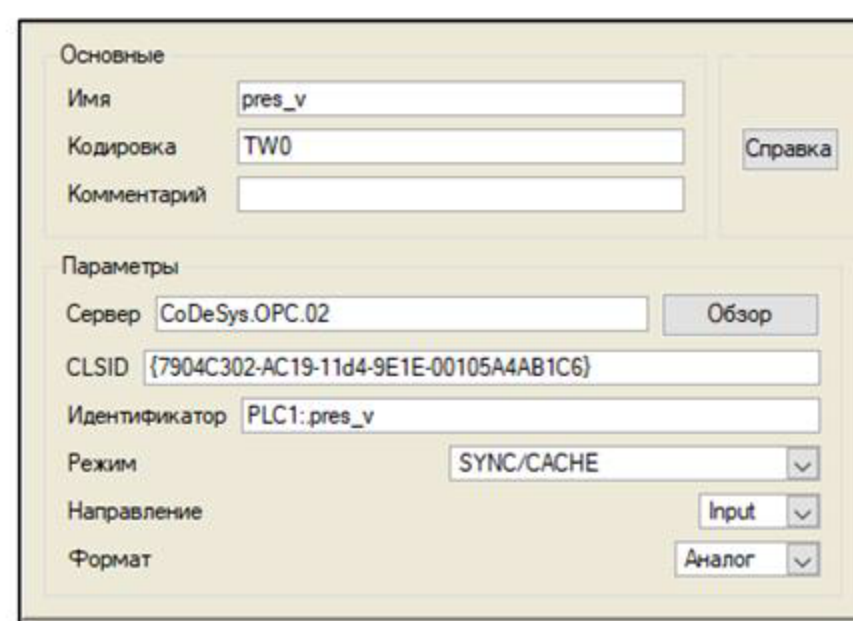
Операторская панель



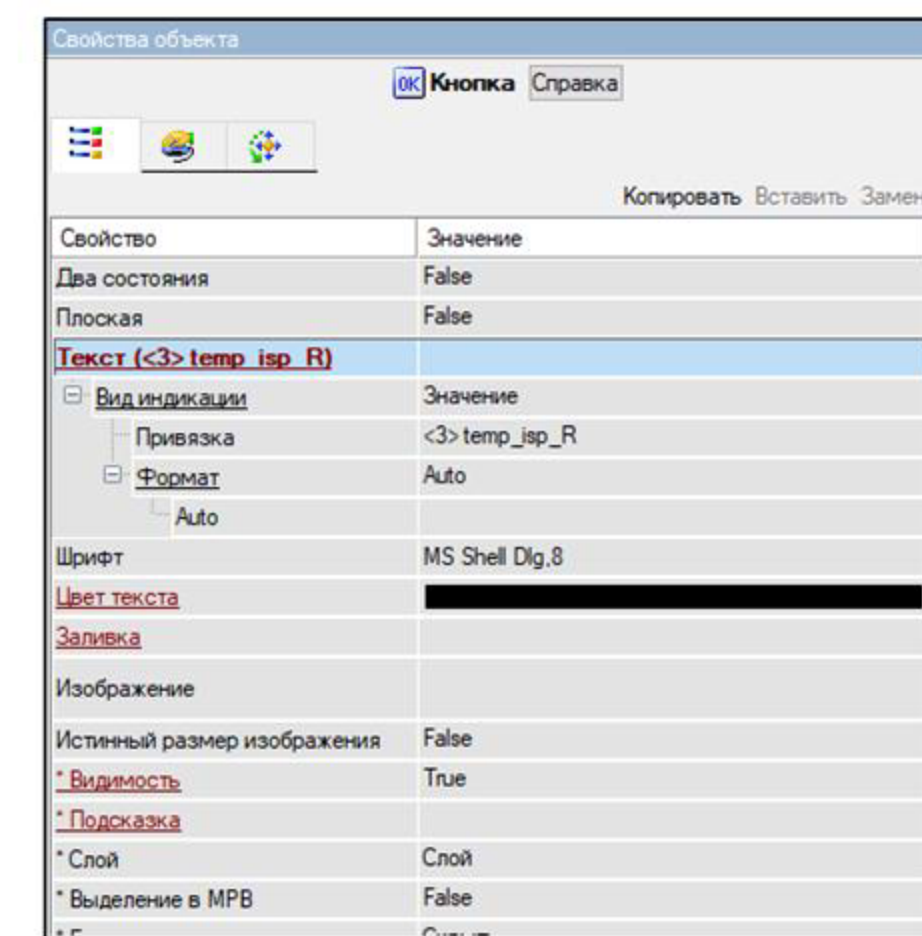
Переменные в Trace Mode



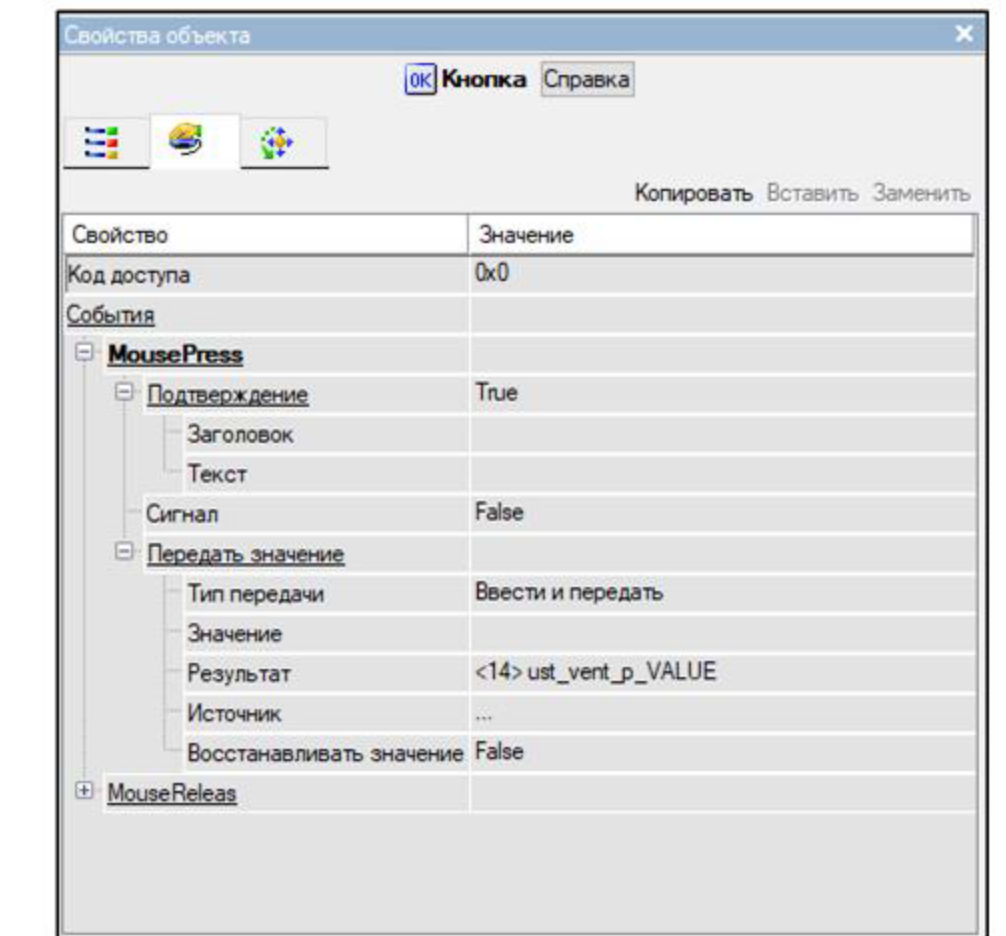
Привязка переменных в Trace Mode через OPC - сервер

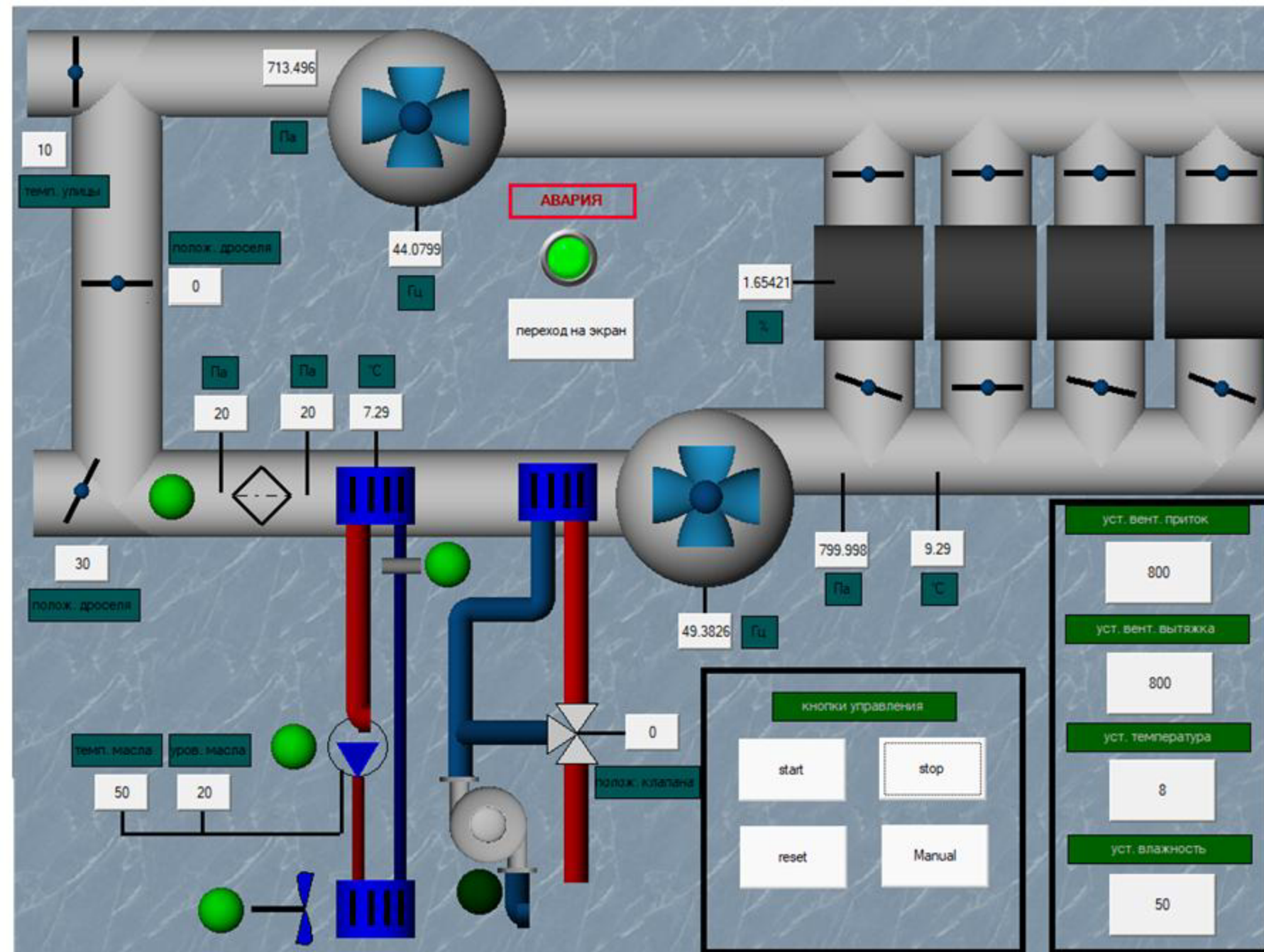


Вывод температуры на графический элемент

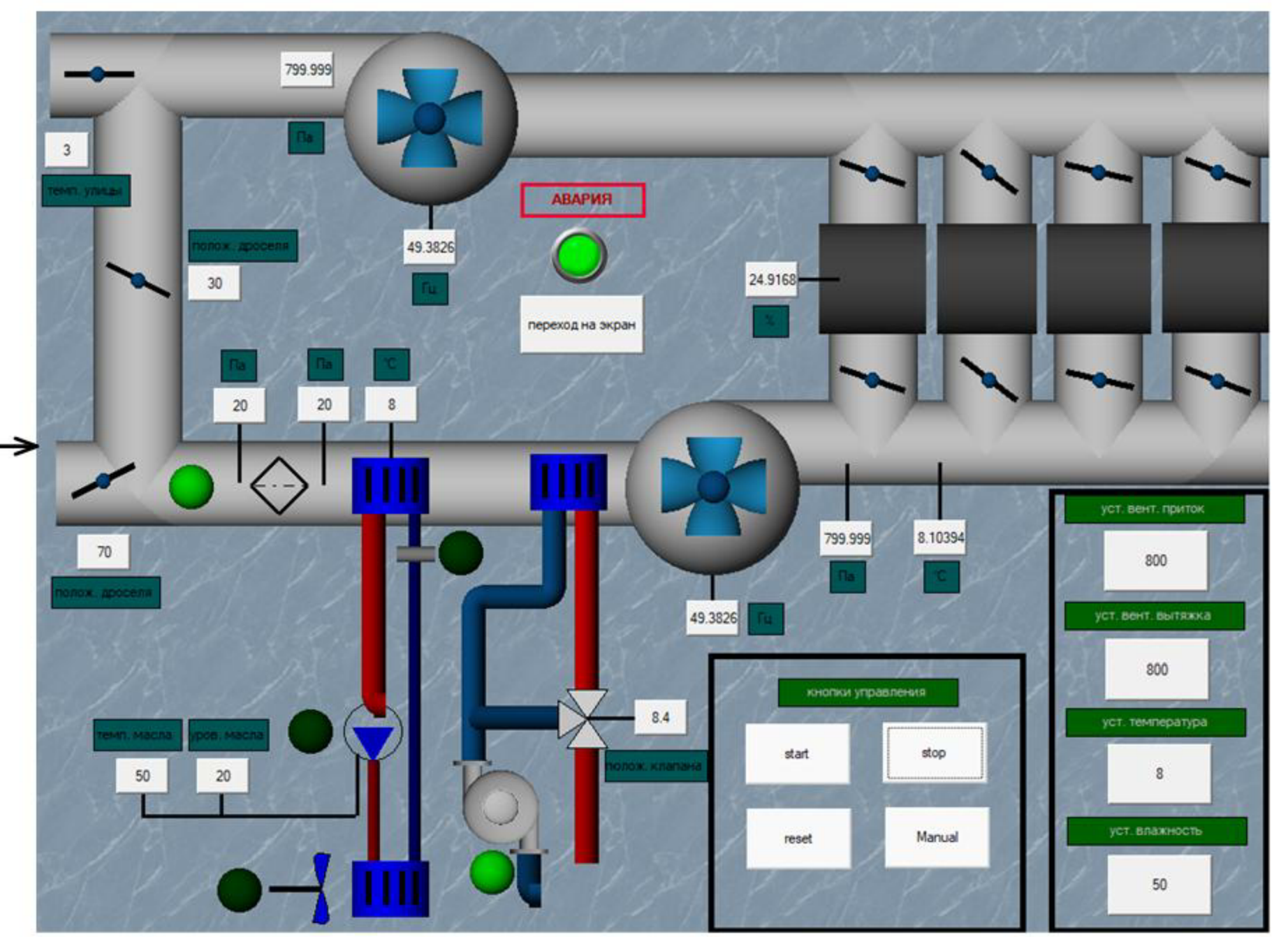


Ввод задания давления

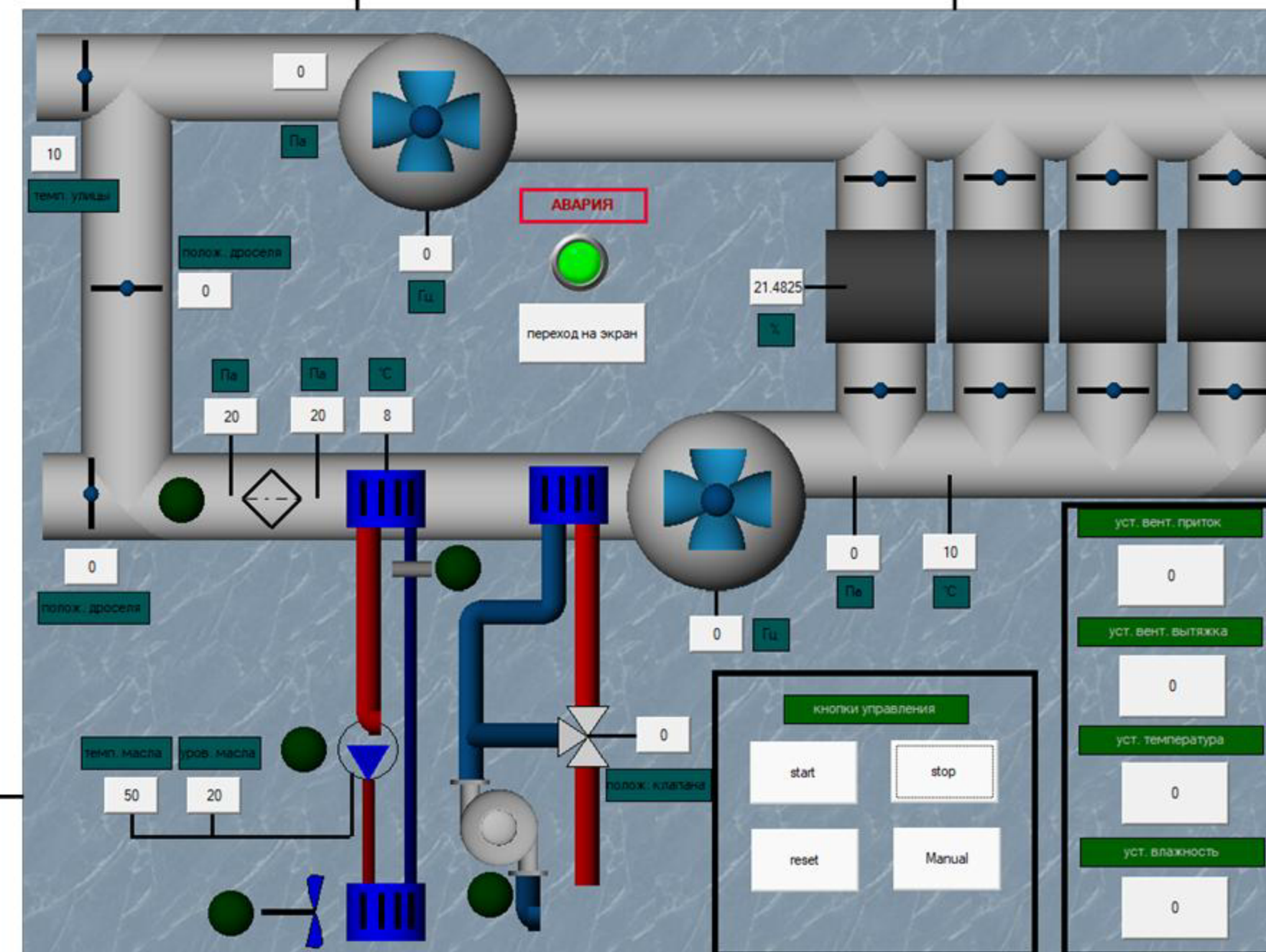




Температура воздуха больше заданной, регулирование температуры воздуха при помощи кондиционерной установки



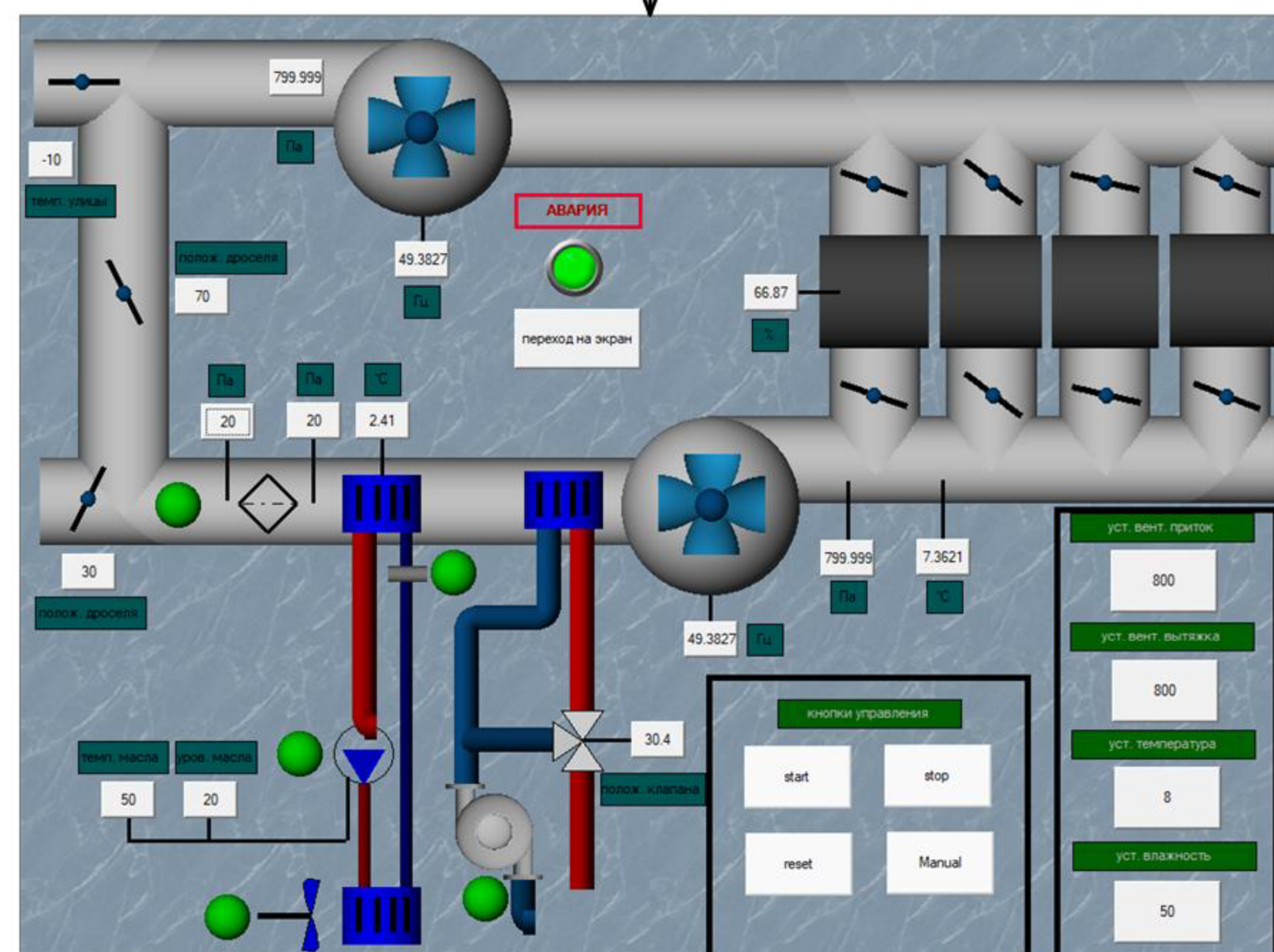
Температура воздуха меньше заданной, регулирование температуры воздуха при помощи калорифера



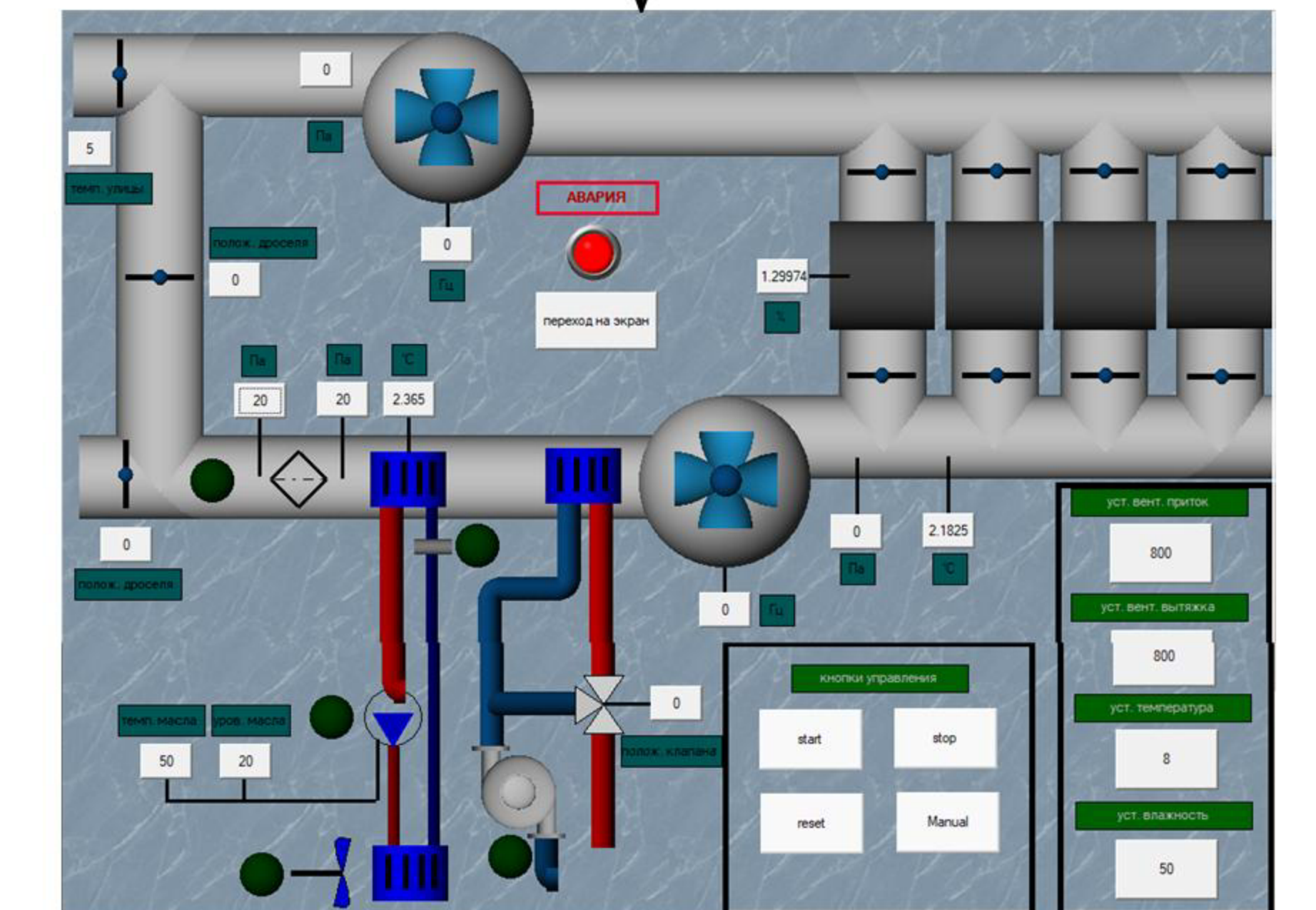
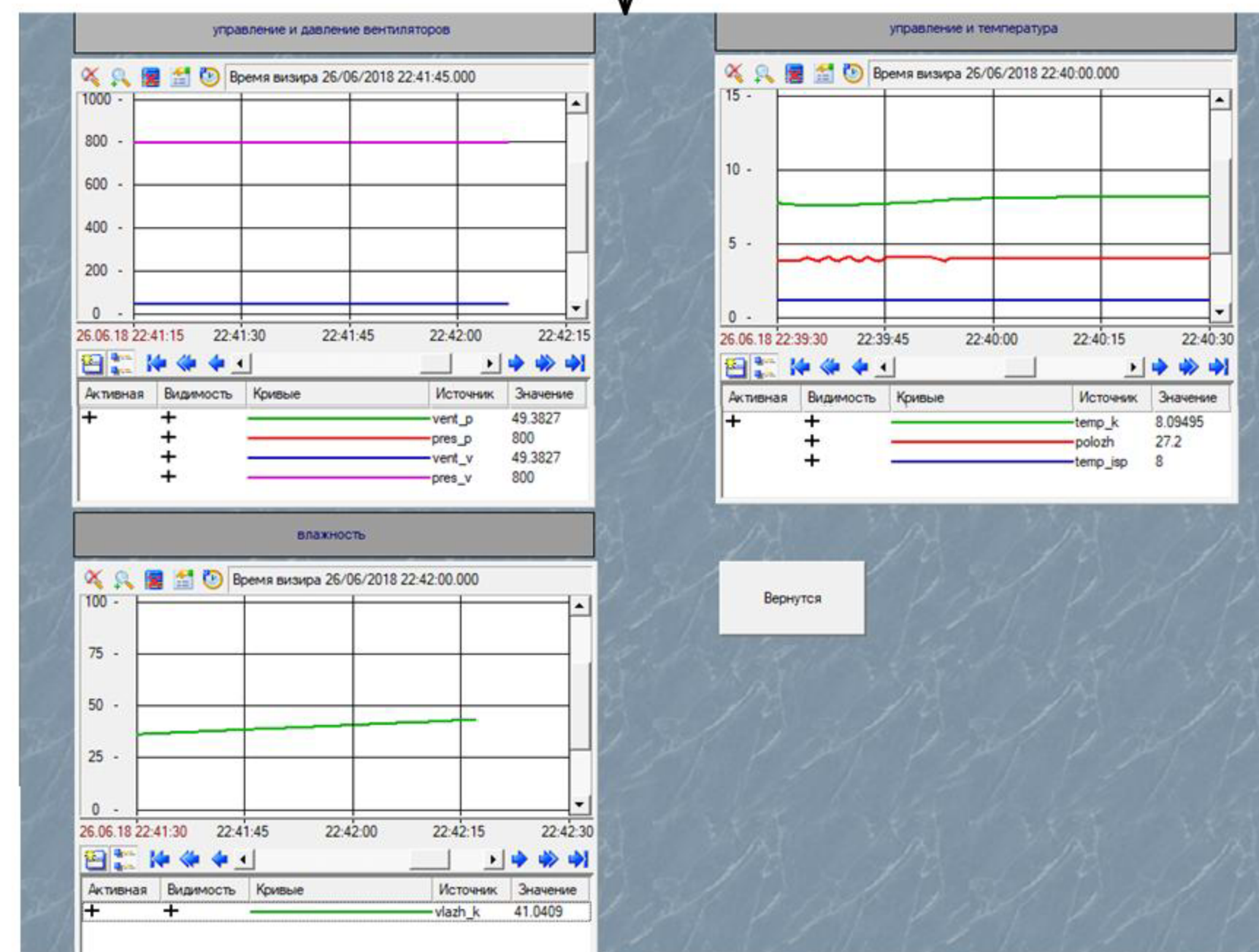
Установка выключена

Температура воздуха меньше заданной, регулирование температуры воздуха при помощи калорифера. Влажность воздуха больше заданной, регулирование влажности при помощи кондиционерной установки

Аварийный режим, выключение всех механизмов, закрытие дросселей



Экран № 2



ВКР.144016.150304				.Cx			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Штыкин				у		1:1
Провер.	М.Д.						
Т.Контр.	Штыкин М.Д.				Лист 6	Листов 6	
Рецензент	Смирнов				АМГУ		
Н.Контр.	Смирнов				Кафедра		
Утвержд.	О.В.				АППиЭ		
Отладка автоматизированной системы управления							
Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляцией производственного помещения							