

Институт	Энергетический
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра	Автоматизация теплоэнергетических процессов

Тема работы
Автоматическая система регулирования температуры в климатической камере на базе ПЛК

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б3В	Афанасьева Виктория Валериевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кравченко Евгений Владимирович	к.т.н.		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмент	Кузьмина Наталия Геннадьевна	ст. преподаватель		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экология и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.



Перечень графического материала	1. Схема структурная 2. Схема функциональная 3. Схема принципиальная электрическая 4. Схема монтажная 5. Чертеж общего вида щитовой конструкции
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Наталия Геннадьевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.17
--	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АТП	Кравченко Евгений Владимирович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б3В	Афанасьева Виктория Валериевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 80 с., 25 рис., 28 табл., 33 источника, 1 прил.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования, объект управления, программируемый логический контроллер, климатическая камера, температура.

Объектом исследования является климатическая камера.

Цель работы: разработка автоматической системы регулирования температуры в климатической камере.

В процессе разработки автоматической системы регулирования температуры выбраны технические средства, также разработаны структурная схема, функциональная схема, принципиальная электрическая схема, монтажная схема. Написан программный код и создана мнемосхема для АСР температуры.

В результате работы разработана автоматическая система регулирования температуры в климатической камере на базе программируемого логического контроллера, система запущена и налажена.

Основным преимуществом разработанной системы является наличие удобной для пользователя SCADA системы и среды программирования Step 7. Благодаря наглядности SCADA, можно отслеживать процесс и быстро отреагировать на какие-либо изменения системы.

## Оглавление

Введение.....	6
1 Анализ объекта автоматизации.....	9
2 Выбор структуры системы автоматического регулирования и формирование технических требований к системе.....	10
3 Разработка функциональной схемы АСР.....	12
4 Выбор технических средств.....	14
4.1 Программируемый логический контроллер.....	14
4.2 Модуль аналоговых входов.....	16
4.3 Блок питания Sitop Smart.....	17
4.4 Нормирующий преобразователь.....	18
4.5 Датчики температуры.....	19
4.6 Выбор регулирующего органа.....	20
4.7 Блок питания.....	22
4.8 Выбор реле.....	23
5 Разработка принципиальной электрической схемы АСР.....	25
6 Разработка монтажной схемы АСР.....	27
7 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСР.....	29
9 Программирование в программном обеспечении Step 7- Micro/WIN.....	30
9.1 Разработка программного кода.....	30
9.2 Разработка SCADA – системы.....	33
10 Инструкция по эксплуатации лабораторного стенда.....	35
10.1 Включение климатической камеры.....	35
10.2 Отключение климатической камеры.....	36

## Введение

Автоматизация технологических процессов является важным фактором повышения эффективности и безопасности технологических процессов. Высокая экономическая эффективность, технологическая целесообразность и эксплуатационная необходимость повлияли на широкое распространение автоматизации в промышленности, в технике связи, на транспорте и различных сферах обслуживания [1]. Основные ее преимущества: более эффективное использование ресурсов – энергии, сырья, оборудования, рабочей силы и капиталовложений [2]. Так же повышается качество и обеспечивается однородность выпускаемой продукции, повышается надёжность установок и сооружений [3].

В выпускной квалификационной работе разрабатывается автоматическая система регулирования температуры в климатической камере. Климатическая камера предназначена для проведения климатических испытаний, позволяет моделировать агрессивное воздействие окружающей среды на оборудование. Используется климатическая камера на промышленных предприятиях, в оборонной и авиационной промышленности, в научно-исследовательских учреждениях, в машиностроении.

Климатическую камеру можно использовать для максимального приближения к реальным условиям работы с помощью моделирования окружающей среды, и исследовать воздействие параметров (температуры, влажности) на оборудование, например, на контактные соединения. Анализ статистики выхода из строя энергетического оборудования показывает, что от 20 до 25 % аварий в оборудовании обусловлен отказом контактного соединения [4].

Производством климатических камер занимаются множество компаний по всему миру: DAIHAN LABTECH (Корея), ESPEC (США), PANASONIC (Япония), Jeio Tech (Корея), Conviron (Канада), LIB (Япония),

Arctest (Финляндия), ООО НПП «Универсал Прибор» (Россия, г. Санкт-Петербург), ОАО «Завод Измеритель» (Россия, г. Санкт-Петербург), ООО «Проммакс» (Россия, Москва), ООО «ЗИКО» (Россия, Москва) и т.д.

Перспективной разработкой стала климатическая экранированная камера (Томск, ТУСУР). Изобретение позволит проводить климатические и электромагнитные испытания над космическим оборудованием. С помощью камеры можно проводить эксперименты, одновременно изменяя температуру (от - 50 до + 150 ° С) и влажность (от 10 до 90 %).

Автоматическую систему регулирования температуры в климатической камере можно применять в различных сферах (в образовании, промышленности, науке).

Потенциальными потребителями в образовании могут стать различные учебные заведения: школы, колледжи, университеты. Появятся лабораторные стенды и установки в виде климатических камер для проведения экспериментов над различным оборудованием, устройствами с изменением параметров температуры.

Потенциальными потребителями в промышленности могут стать различные отрасли (энергетическая, топливная, металлургическая, химическая, машиностроительная, легкая и т.д.). Климатические камеры позволят смоделировать агрессивное воздействие среды на оборудование, испытания помогут предотвратить аварии.

Моделирование окружающей среды является основным методом исследования в науке. В научно-исследовательских учреждениях для изучения окружающей среды используется физическое моделирование – оно осуществляется с помощью специальных климатических камер.

Из ранних патентов на изобретения можно выделить патент "Способ автоматического регулирования температуры в печи" авторы Жеребцов Д.А., Михайлов Г.Г. "Способ регулирования температуры в термокамере" авторы Напитухин Л.Е., Зяблов В.А [5].

Целью работы является разработка автоматической системы регулирования температуры в климатической камере.

Задачи:

- выбор технических средств;
- разработка схем (структурной, функциональной, принципиальной электрической, монтажной), разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСР;
- разработка программного кода, реализующего регулирование температуры в климатической камере;
- создание SCADA-системы для мониторинга работы системы.

Для решения поставленных задач применялись навыки в области теплотехнических измерений, навыки проектирования систем автоматизации технологических процессов, навыки программирования в среде Step 7 Micro Win, а также знания по электротехнике и электронике.



## 1 Анализ объекта автоматизации

Климатическая камера является объектом автоматизации, она изготовлена из материала – пенополистирол, толщиной 38 мм и имеет форму прямоугольного параллелепипеда. Изнутри камера полностью покрыта фольгой для улучшения теплоизоляции.

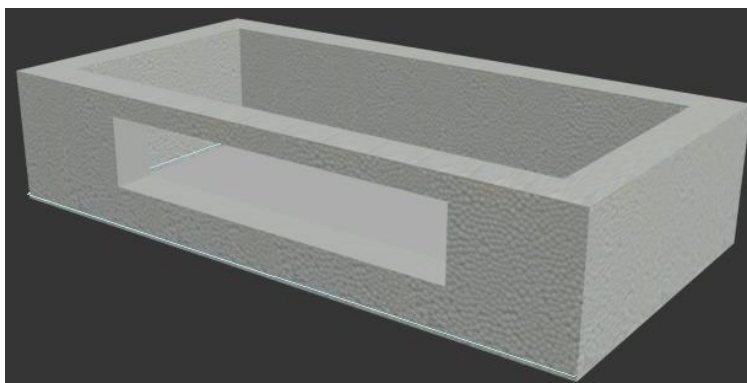


Рисунок 1.1 – 3D модель климатической камеры

Таблица 1.1 – Габаритные размеры климатической камеры

	Наружные размеры, мм	Внутренние размеры, мм
Длина	406	330
Высота	136	60
Ширина	226	150

Регулирование температуры в климатической камере осуществляется с помощью промышленного фена, который входит в установку паяльной станции TNI-U858D. Выбор фена TNI-U858D обусловлен тем, что можно в течение короткого промежутка времени достичь температуры 70 °С (по техническому заданию) в климатической камере.

## 2 Выбор структуры системы автоматического регулирования и формирование технических требований к системе

Структурная схема АСР температуры представлена на рисунке 2.1.

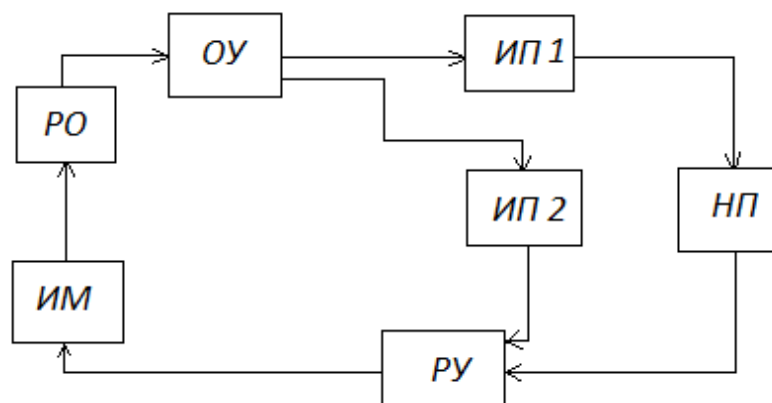


Рисунок 2.1 – Структурная схема АСР температуры

Ниже приведены обозначения и описание элементов структурной схемы АСР температуры.

Таблица 2.1 – Условные обозначения элементов структурной схемы

Условное обозначение	Наименование элемента
—	Линия связи
→	Направление передачи сигнала
<i>ОУ</i>	Объект управления (климатическая камера)
<i>ИП 1</i>	Измерительный преобразователь (датчик температуры DS18B20)
<i>ИП 2</i>	Измерительный преобразователь (датчик температуры ДВТ-03. Т)
<i>НП</i>	Нормирующий преобразователь
<i>ПУ</i>	Регулирующее устройство (ПЛК)
<i>ИМ</i>	Исполнительный механизм (реле)
<i>РО</i>	Регулирующий орган (фен TNI-U858D)

Объектом управления является климатическая камера.

В качестве первого измерительного преобразователя используется датчик температуры DS18B20. Датчик температуры предназначен для измерения температуры воздуха внутри климатической камеры. В качестве второго измерительного преобразователя используется датчик температуры ДВТ-03. Т. Этот датчик измеряет температуру воздуха внутри климатической камеры. Датчик температуры ДВТ-03. Т отличается тем, что имеет унифицированный токовый сигнал, а датчик DS18B20 имеет неунифицированный токовый сигнал.

Нормирующий преобразователь используется для преобразования сигнала датчика температуры в выходной токовый сигнал 4...20 мА.

В качестве регулирующего устройства выступает программируемый логический контроллер. Сигнал от датчика температуры поступает на ПЛК, где происходит сравнение этого сигнала с уставкой, и вырабатывается управляющий сигнал, который идет на реле.

Реле является исполнительным механизмом, необходимо для управления включением/отключением нагревательного элемента промышленного фена.

Регулирующий орган – это фен TNI-U858D. Служит для нагревания климатической камеры. В качестве нагревательного элемента используется нихромовая спираль, намотанная на керамическую основу.

К разработанной АСР температуры в климатической камере формулируются следующие технические требования:

- подключение системы осуществляется от сети переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В;
- при работе фена температура в климатической камере не должна превышать 70 °С;
- отклонения температуры при работе фена в климатической камере не должны превышать  $\pm 0,5$  °С.

### 3 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональная схема – основной технический документ, определяющий структуру систем автоматизации, а также оснащение их приборами и средствами автоматизации [6]. На функциональной схеме должно быть упрощенное изображение агрегатов, подлежащих автоматизации, изображение приборов, средств автоматизации и управления. Все элементы показываются условными обозначениями и соединяются линиями связи по действующим стандартам.

При разработке функциональных схем решаются задачи:

- 1) получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- 2) стабилизация технологических параметров процесса;
- 3) воздействие на технологический процесс с последующим управлением им;
- 4) регистрация и контроль технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Технологическое оборудование на функциональных схемах изображается в виде контуров, которые позволяют показать взаимодействие отдельных частей технологической цепи, принцип ее действия, взаимодействие с первичными преобразователями и другими средствами автоматизации. На схемах необходимо показать взаимное расположение технического оборудования и технических средств автоматизации, внутренние детали и элементы частей технологического оборудования показывают только тогда, когда они связаны механически с первичными измерительными преобразователями и измерительными приборами.

Внутри контуров технологического оборудования или рядом с ними приводятся поясняющие надписи.

Функциональная схема АСР температуры в климатической камере, разрабатываемая в выпускной квалификационной работе, представлена на листе ФЮРА.421000.002 С2.

Импульс от датчика температуры 2а, который расположен внутри климатической камеры и измеряет температуру воздуха, поступает на нормирующий преобразователь 2б, имеющий выходной сигнал 4...20 мА. Этот сигнал поступает на ПЛК, где происходит его сравнение с уставкой и выработка управляющего сигнала, который идет на электромагнитное реле 3а, которое в свою очередь воздействует на подсистему электропитания фена TNI-U858D, за счет которого происходит включение/выключение нагревательного элемента.

Импульс от датчика влажности и температуры 1а, который находится внутри климатической камеры, поступает на ПЛК, где происходит его сравнение с уставкой и выработка управляющего сигнала, который отправляется на электромагнитное реле 3а, которое в свою очередь воздействует на подсистему электропитания фена TNI-U858D, за счет которого происходит включение/выключение нагревательного элемента.

## 4 Выбор технических средств

### 4.1 Программируемый логический контроллер

Для автоматической системы регулирования температуры выбран программируемый логический контроллер Simatic S7-200 (CPU 222) фирмы Siemens. Контроллер имеет модульную конструкцию. Обеспечивает обмен данными через сети PPI, MPI, Industrial Ethernet, а также через системы модемной связи и интернет, способен работать на основе сетей AS-Interface и PROFIBUS в составе систем распределенного ввода-вывода. Изображение контроллера приведено на рисунке 4.1.1.



Рисунок 4.1.1 – ПЛК Simatic S7-200

Особенности контроллера:

- возможность наращивания количества каналов ввода-вывода (кроме систем на основе CPU 221);
- наличие импульсных выходов;
- набор инструкций языка программирования;
- удобная оболочка программирования STEP 7 Micro/ WIN;
- потенциометры аналогового задания цифровых параметров;
- имеет часы реального времени (встроенные или устанавливаемые в виде съемного модуля);
- функции ведомого устройства PROFIBUS;

- обмен данными осуществляется через системы модемной связи, обеспечиваемый модулями EM 241 и MD 720-1;
- трехуровневая парольная защита программ пользователя;
- возможность работать с устройствами человеко-машинного интерфейса;
- простота монтажа и обслуживания.

Программирование контроллера осуществляется с помощью ПК. Контроллер S7-200 имеет центральный процессор CPU 222.



#### Продолжение таблицы 4.1.1

Наименование	Omron CJ1M	Simatic S7-200
Цена, руб.	19 500	14 000

По некоторым показателям лучше выбрать контроллер фирмы Omron, но по стоимости выгоднее контроллер Simatic S7-200, поэтому выбран контроллер Simatic S7-200.

#### 4.2 Модуль аналоговых входов

Модуль аналоговых входов EM 231 фирмы Siemens работает в комплекте с контроллером S7-200 и используется для преобразования входных сигналов с датчиков. Модуль имеет 4 аналоговых входа. Принимает сигналы в широких диапазонах: 0...10 В, 0...5 В, 0...20 мА.



Рисунок 4.2.1 – Модуль аналоговых входов EM 231

Таблица 4.2.1 – Характеристики модуля EM 231

Параметр	Значение параметра
Количество входов	4 аналоговых
Допустимое напряжение на входах измерения напряжения	30 В
Время обновления информации	405 мс (на все каналы)
Подавление шумов	85 Дб
Потребляемая мощность	1,8 Вт



### 4.3 Блок питания Sitop Smart

Программируемый логический контроллер работает от постоянного напряжения 24 В. Для того чтобы обеспечить его работу от 220 В, используется преобразователь напряжения (блок питания) Sitop Smart. Данный блок питания подключается к сети переменного тока 220 В и преобразует его в выходное напряжение 24 В постоянного тока. Данный блок используется в комплекте с контроллером S7-200.



Рисунок 4.3.1 – Блок питания

Сравнительная характеристика блока питания фирмы Siemens и блока питания фирмы Schneider Electric представлена в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Технические характеристики блоков питания

Наименование	Sitop Smart	Блок питания Schneider Electric 220/24В 240Вт
Номинальное входное напряжение	120 / 230 В (АС переменное напряжение)	85 / 264 В (АС переменное напряжение)
Номинальный входной ток	1,1 / 0,65 А	
Номинальное выходное напряжение	24 В (DC постоянное напряжение)	24 В (DC постоянное напряжение)
Номинальный выходной ток	2,5 А	10 А
Стоимость, руб.	5361	10977

Выбор блока питания фирмы Siemens обусловлен более низкой стоимостью.

#### 4.4 Нормирующий преобразователь

В качестве нормирующего преобразователя используется преобразователь 2000Н-22 компании ООО "Теплоприбор-Сенсор". Такие преобразователи применяются для преобразования входных сигналов в выходной унифицированный токовый сигнал. Данный преобразователь имеет выходной сигнал 4...20 мА, который попадает в диапазон входных сигналов 0...20 мА модуля аналоговых входов ЕМ 231.



Рисунок 4.4.1 – Нормирующий преобразователь 2000Н-22

Выбор нормирующего преобразователя 2000Н-22 обусловлен тем, что он используется с термопреобразователями сопротивления, датчиками температуры (медными и платиновыми), прост в эксплуатации и монтаже, имеет компактные размеры. Сравнительная характеристика нормирующих преобразователей приведена в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Характеристики нормирующих преобразователей

Наименование	НПСИ-ТС	2000Н-22
Тип НСХ входного сигнала	100 М, 50 М, 100 П, 50 П, Pt 100, Pt 500 и т.д.	50 М, 100 М, 50 П, 100 П, термопары с НСХ К, L, S.
Выходной сигнал	0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА	0-5 мА или 4-20 мА

Продолжение таблицы 4.4.1

Наименование	НПСИ-ТС	2000Н-22
Предел основной допускаемой погрешности преобразования, %	$\pm 0,1$	$\pm 0,5$
Диапазон напряжений питания	85...265 В (переменный ток)	220 В (переменный ток)
Цена, руб.	4 700	3 422

По многим показателям оказался лучшим нормирующий преобразователь НПСИ-ТС, но выбран нормирующий преобразователь 2000Н-22, так как он оказался более выгодным по цене.

#### 4.5 Датчики температуры

Датчик температуры DS18B20 подключается к нормирующему преобразователю. Диапазон температур датчика от  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Допускаемая основная абсолютная погрешность составляет  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Чувствительный элемент изготовлен из меди, НСХ 50М. Выбор обусловлен низкой стоимостью, простотой измерения температуры.



Рисунок 4.5.1 – Датчик температуры

Датчик температуры ДВТ-03.Т подключается напрямую к контроллеру. Имеет 2 унифицированных токовых выхода 4..20 мА. Диапазон температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Диапазон влажности 0...100 %. К плюсам можно отнести, что датчик имеет встроенную систему защиты от

конденсации влаги на чувствительном элементе, чувствительный элемент съемный.



Рисунок 4.5.2 – Датчик температуры ДВТ-03.Т

Таблица 4.5.1 – Сравнительная характеристика датчиков температуры

Наименование	Датчик ДВТ-03.Т	Датчик Роса-10
Выходной сигнал	4..20 мА	4..20 мА
Диапазон температур и влажности	-40..100 °С 0...100 %	-40..110 °С 0...100 %
Погрешность измерения температуры и влажности	±0,5 °С ±2 %	±0,3 °С ±2 %
Цена, руб	6800	9200

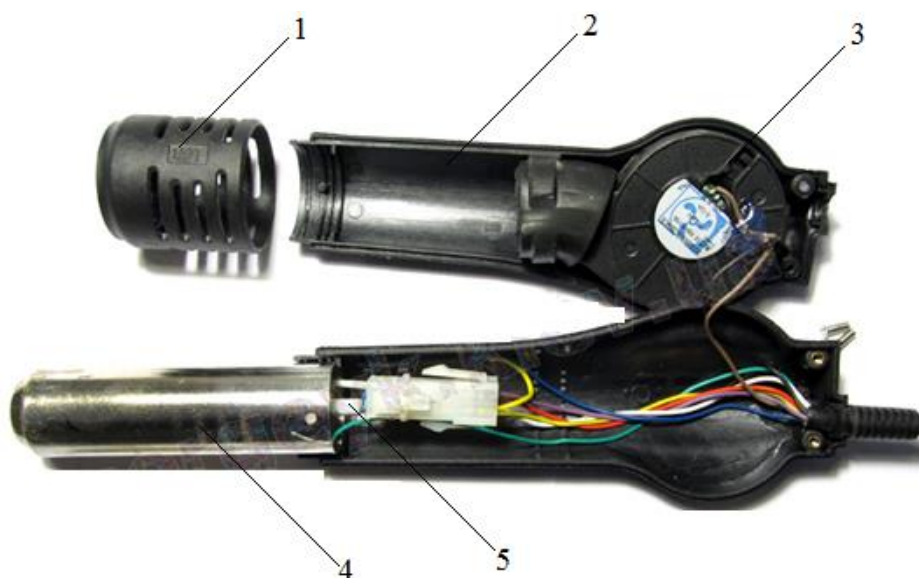
По диапазону измерения температуры и влажности и по погрешности измерения температуры и влажности более приемлем датчик Роса-10, но по стоимости выгоднее датчик ДВТ-03.Т. Поэтому для АСР температуры используется датчик ДВТ-03.Т.

#### 4.6 Выбор регулирующего органа

Чтобы нагреть воздух в климатической камере до 70 °С, использовался фен ТНІ-U858D. Диапазон температур фена 100-450 °С. Для управления включением/отключением фена необходимо электромагнитное

реле, т.к. напряжение управляющего тока 24 В (дискретные выходы ПЛК), а напряжение коммутируемых контактов равно 220 В. Кроме того, куллер фена TNI-U858D работает от напряжения 48 В, поэтому для его работы использовался блок питания NES-100-48. Выбор промышленного фена обусловлен быстрым нагреванием воздуха в камере. До этого оборудования в качестве нагревательных элементов использовались 6 резисторов мощностью по 25 Вт. В ходе экспериментов была достигнута максимальная температура 48,5 °С за 4 часа, это не удовлетворяло техническому заданию.

Фен TNI-U858D представлен на рисунке 4.6.1.



1 – кольцо; 2 – корпус; 3 – куллер; 4 – стальная трубка;  
5 – керамическая основа с нихромовой обмоткой

Рисунок 4.6.1 – Фен TNI-U858D

Сравнительная характеристика промышленных фенов приведена в таблице 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Сравнительная характеристика фенов

Наименование	Фен TNI-U858D	Фен DKT-8858A+
Диапазон температур	100..450 °С	100..480 °С
Максимальная мощность	700 Вт	650 Вт
Воздушный поток	120 л/мин	120 л/мин

Продолжение таблицы 4.6.1

Наименование	Фен TNI-U858D	Фен DKT-8858A+
Входное напряжение	220 В (VAC переменное напряжение)	220 В (VAC переменное напряжение)
Цена, руб	2500	3630

Выбран фен TNI-U858D, так как имеет большую мощность и меньшую стоимость.

#### 4.7 Блок питания

Для правильной работы куллера фена TNI-U858D использовался блок питания NES-100-48.



Рисунок 4.7.1 – Блок питания NES-100-48

Техническая характеристика блока питания NES-100-48 и блока питания HTS-250M-48 для сравнения представлена в таблице 4.7.1.

Таблица 4.7.1– Сравнительная характеристика блоков питания

Наименование блока питания	NES-100-48	<u>HTS-250M-48</u>
Входное напряжение, AC	85...264 В	220
Выходная мощность, Вт	110	250
Выходное напряжение, DC	48	48
Выходной ток, А	2,3	5,2
Стоимость, руб.	1640	2021

Выбран блок питания NES-100-48, так как данный блок питания выгоднее по цене.

#### 4.8 Выбор реле

Электромагнитное реле необходимо для включения/отключения нагревательного элемента фена TNI-U858D.

В работе для АСР температуры используется промежуточное реле типа РЭК 77/3 с характеристиками, указанными в таблице 4.8.1

Таблица 4.8.1 – Характеристика реле РЭК 77/3

Наименование	РЭК 77/3
Напряжение управляющих контактов	24 В (VDC постоянное напряжение)
Напряжение коммутируемых контактов	230 В (VAC переменное напряжение)
Номинальный ток контактов	10 А
Сопротивление контактов	50 мОм
Тип присоединяемого разъема	PPM 77/3

Данное реле имеет в комплекте присоединяемый разъем PPM 77/3 для возможности крепления на DIN рейку.



Рисунок 4.8.1 – Реле РЭК 77/3 с разъемом PPM 77/3

Таблица 4.8.2 – Сравнительная характеристика реле

Позиция	Реле РЭК 77/3	Реле Т78
Напряжение управляющих контактов	24 VDC	24 VDC

Продолжение таблицы 4.8.2

Позиция	Реле РЭК 77/3	Реле Т78
Напряжение коммутируемых контактов	230 VAC	220 VAC
Диапазон температур	-40..50 °С	-40..70 °С
Возможность крепления на DIN рейку	есть	нет
Цена, руб	301	36

По данным таблицы видно, что выгоднее использовать реле Т78, так как оно вполне удовлетворяет необходимым характеристикам и ниже по цене, но это реле необходимо дорабатывать: крепить на печатную плату, паять дорожки на плате, такое реле небезопасно, поэтому выбрано реле РЭК 77/3.

На основании выбранных технических средств автоматизации составлена заказная спецификация приборов и средств автоматизации, представленная на листе ФЮРА.421000.002 С01.



## 5 Разработка принципиальной электрической схемы

На принципиальной электрической схеме указывают полный состав аппаратов, приборов, устройств (также связей между ними), взаимодействие которых, обеспечивает решение задач по регулированию, управлению, защите, измерению и сигнализации [7]. Принципиальные электрические схемы являются основными чертежами для разработки монтажных чертежей и проведения пусконаладочных работ. Названия принципиальным электрическим схемам присваиваются в соответствии с функциональными принципами действия проектируемой системы [8]. Эти схемы служат для изучения принципа действия системы, они необходимы также при проведении наладочных работ и в эксплуатации.

Принципиальная электрическая схема АСР температуры в климатической камере приведена на первом листе со следующим шифром ФЮРА.421000.002 ЭЗ.

При выполнении схемы используются развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа. Принципиальная электрическая схема выполняется с применением условных графических изображений.

Получение информации о значении регулируемого параметра технологического процесса осуществляется с помощью измерительного датчика температуры В1 и датчика влажности и температуры А8.

С выходов датчика В1 (клеммы 1, 2, 3) сигнал поступает на нормирующий преобразователь А6 (ХТ 1, клеммы 4, 5, 6). Нормирующий преобразователь А6 (ХТ 2, клеммы 1, 2) получает питание от сети переменного напряжения 220 В источника питания А9 (ХТ 1, клеммы 3, 4). Далее, преобразованный сигнал от нормирующего преобразователя А6 (ХТ 1, клеммы 2, 3) поступает на модуль ввода аналоговых сигналов А5 (ХТ 2,

клеммы 2, 3), передающий информацию на ПЛК А2 по специальному внутреннему интерфейсу.

Датчик влажности и температуры А8 (клеммы 1,2) подключается напрямую к модулю ввода аналоговых сигналов А5 (ХТ 2, клеммы 8, 9). Далее сигнал идет на ПЛК А2 по внутреннему интерфейсу.

Контроллер А2 (ХТ 1, клеммы 11, 12) получает питание от блока питания А1 в виде постоянного напряжения 24 В (ХТ 2, клеммы 2, 3). Блок питания А1 (ХТ 1, клеммы 1, 2) в свою очередь получает питание от сети переменного напряжения 220 В от источника питания А9 (ХТ 1, клеммы 1, 2). От контроллера А2 (ХТ 2, клеммы 11, 12) питание поступает на модуль аналоговых сигналов А5 (ХТ 1, клеммы 1, 2).

Контроллер, обрабатывающий данные о протекании технологического процесса и вырабатывающий управляющие воздействия в соответствии с запрограммированным алгоритмом управления, передаёт управляющий сигнал (ХТ 1, клеммы 1, 3) на электромагнитное реле А3 (ХТ 1, клеммы 1, 2), которое в свою очередь замыкает цепь питания (ХТ 2, клеммы 1, 2) фена А4 (ХТ 1, клеммы 1, 2). Фен (ХТ 1, клеммы 1, 2) получает питание от сети переменного напряжения 220 В от источника питания А9 (ХТ 1, клеммы 7, 8). Куллер фена А4 получает питание от сети постоянного напряжения 48 В (ХТ 1, клеммы 3, 4) и подключается к блоку питания А7 (ХТ 1, клеммы 4, 6). Блок питания А7 (ХТ 1, клеммы 1, 2) получает питание от сети переменного напряжения 220 В источника питания А9 (ХТ 1, клеммы 5, 6).

## 6 Разработка монтажной схемы

Монтажные схемы проектируют для реализации принципиальной электрической и других видов коммутации технических средств, при монтаже систем автоматизации [9].

На чертеже монтажной схемы изображаются очертания развернутых схем в одной плоскости внутренних стенок щита с упрощенными изображениями элементов системы автоматизации [10].

Монтажная схема проектируется с целью создания монтажной документации, необходимой и достаточной для прокладки трубных и электрических проводов, коммутаций токоведущих жил и труб к техническим средствам автоматизации.

Монтажная схема приведена на листе формата А3 с шифром ФЮРА.421000.002 С4 и содержит изображения следующих технических элементов:

- первичные преобразователи, расположенные вне щита;
- нормирующий преобразователь, расположенный на щите приборов и преобразователей;
- внешние электрические провода;
- щит приборов и преобразователей;
- таблица с поясняющими надписями;
- блок питания, расположенный на щите приборов и преобразователей;
- ПЛК, электромагнитное реле и модуль аналоговых вводов расположенные на щите приборов и преобразователей.

На верхней левой части чертежа размещена таблица с поясняющими надписями.

Средства автоматизации (ПЛК, преобразователи, и т.д.) с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами. Внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним

жил проводов или кабелей, причем изображены только использующиеся клеммы. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа вблизи клемм.

Односекционный щит преобразователей и щит автоматизации изображены в виде прямоугольников в нижнем левом углу и в верхнем правом углу чертежа соответственно. На свободном поле прямоугольников нанесены наименования щитов.

Первичные преобразователи, щит автоматизации и щит преобразователей соединены между собой электрическими линиями связи, выполненными с помощью электрических проводов.

В работе используются провода типа ПВС 3×1,5, по которым осуществляется питание от сети 220 В, остальные провода имеют маркировку ПВС 1×1,0. Провод ПВС используется для присоединения электрических приборов, он является самым распространенным типом провода на производстве [11]. Технические характеристики проводов представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Технические характеристики проводов

Марка	Количество жил	Сечение жил, мм <sup>2</sup>	Толщина изоляции, мм	Толщина оболочки, мм
ПВС	3	1,5	0,7	0,9
ПВС	1	1	0,6	0,8

## 7 Разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСР

Щиты систем автоматизации предназначены для размещения на них средств управления и контроля технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, аппаратуры управления, сигнальных устройств, автоматического регулирования и защиты, блокировки, линии связи между ними (электрическая коммутация) [12].

Щиты устанавливаются в производственных и специальных щитовых помещениях: диспетчерских, операторских, аппаратных и т.д.

Целью данного этапа является составление чертежа общего вида щитовой конструкции АСР.

Для защиты от прикосновения к токоведущим частям и монтажа средств автоматизации в операторском помещении используется щит с монтажной панелью типа ЩМП. Технические характеристики щита представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Технические характеристики щита ЩМП

Серия	Высота, мм	Ширина, мм	Глубина, мм	Способ монтажа	Степень защиты
ЩМП	500	400	220	навесной	IP31

Щит предназначен для размещения электроаппаратуры распределения, управления и сигнализации, приборов учета. Аппаратура устанавливается в щитке на монтажной панели. Конструкция щитка представляет собой металлический сварной корпус навесного исполнения. Степень защиты IP31 означает, что щит защищает от попадания частиц размером 2,5 мм и от вертикально падающих капель.

Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.002 ВО.

## 9 Программирование в программном обеспечении Step 7-Micro/WIN

Программируемый логический контроллер Simatic S7-200 подключается к ПК с помощью кабеля PPI. Программирование осуществляется с помощью программного обеспечения Step 7-Micro/WIN. Данный софт имеет три редактора для написания программ со свободными переключениями между ними: список операторов STL, контактный план LAD и функциональная блок-схема FBD. В бакалаврской работе использовался язык LAD. Язык LAD – это графический язык программирования, легко позволяет проследить идущий сигнал между входами, выходами и командами.

### 9.1 Разработка программного кода

Датчик температуры DS18B20 подключается к нормирующему преобразователю, так как имеет неунифицированный токовый сигнал. Нормирующий преобразователь, принимающий сигнал от датчика температуры, имеет выходной сигнал 4...20 мА, а входной сигнал модуля аналоговых входов соответствует значениям 0...20 мА, поэтому в работе необходимо использовать блок для осуществления поправки на 4 мА.

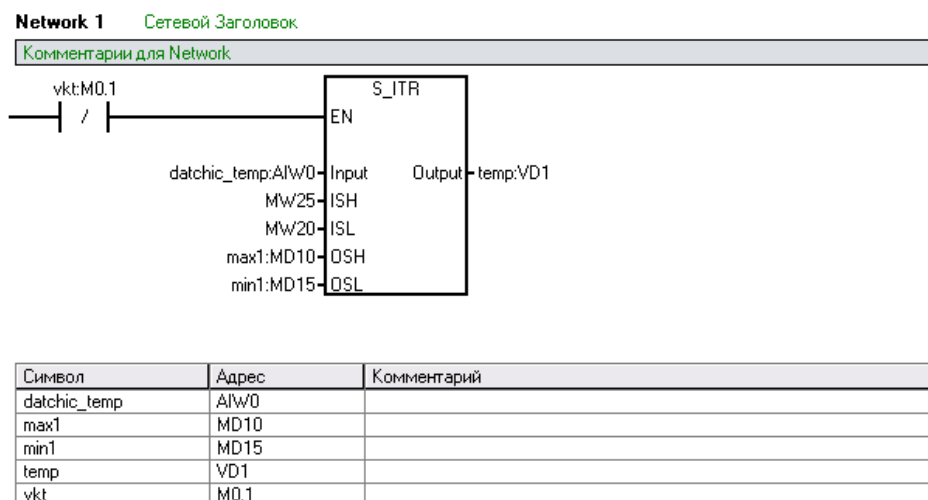


Рисунок 9.1.1 – Блок введения поправки в программном обеспечении Step 7

Таблица 9.1.1– Пояснение обозначений к Network 1

Обозначение	Пояснение
M 0.1	Входной сигнал на нормально замкнутом контакте
AIW0	Соответствует преобразованию входного аналогового сигнала в значение температуры
MW25	Соответствует сигналу 20 мА
MW20	Соответствует сигналу 4 мА
MD10	Соответствует + 125 °С
MD15	Соответствует - 55 °С
VD1	Выходная величина

При отсутствии входного сигнала M 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок преобразования, который преобразует входной аналоговый сигнал AIW0 в значение температуры в градусах Цельсия. Выходная величина имеет тип данных Real. Для корректной работы программного кода следует преобразовать тип переменных в Integer.

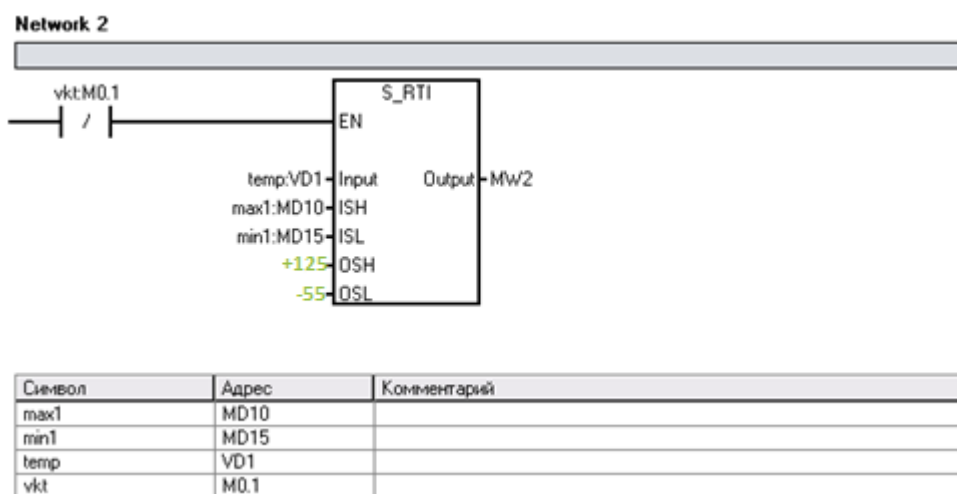


Рисунок 9.1.2 – Преобразование типа данных в программном обеспечении

### Step 7

При отсутствии входного сигнала M 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок, преобразующий входную величину типа Real VD1 в выходную величину типа Integer MW2.

Для датчика температуры ДВТ-03.Т будут использоваться аналогичные блоки. Отличия в том, что сигнал от датчика ДВТ-03.Т идет сразу на модуль аналоговых входов и имеет диапазон температур от - 40 до + 100 ° С.

Далее необходимо сравнить температуру в климатической камере с уставкой по температуре.

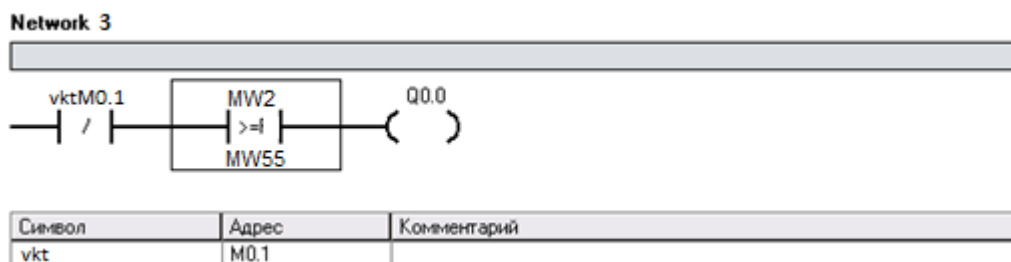


Рисунок 9.1.2 – Процедура сравнения температур в программе на языке LAD

При отсутствии входного сигнала М 0.1 на нормально замкнутом контакте включается блок сравнения «больше или равно». При значении температуры MW2 больше или равной значению уставки MW 55 подается сигнал на Q0.0 и реле размыкается. Уставка реализуется в программном коде и не изменяется в SCADA.

Для загрузки программы в контроллер необходимо:

- 1) подключить контроллер Simatic S7-200 к источнику питания;
- 2) присоединить кабель PPI к контроллеру S7-200 и к ПК;
- 3) сохранить программу в Step 7-Micro/WIN;
- 4) в диалоговом окне Communications установить связь с CPU S7-200;
- 5) выбрать команду из строки меню File – Download;
- 6) для работы программы необходимо выбрать команду из строки меню RUN;
- 7) для остановки программы необходимо выбрать команду из строки меню STOP.



## 9.2 Разработка SCADA – системы

Для разработки SCADA – системы использовалась программа Simatic WinCC Flexible. Данная программа имеет следующие достоинства:

- 1) визуализация технического процесса;
- 2) численные и алфавитно-цифровые поля ввода / вывода;
- 3) статическое отображение текста и графики, векторная графика;
- 4) динамическая графика;
- 5) кнопки и выключатели для обслуживания процесса;
- 6) редактируемые поля для значений процесса;
- 7) сообщения от битов и аналоговых сигналов, а также сообщение тревоги от Simatic S7;
- 8) архивное хранение в файлах CSV или ODBC базах данных;
- 9) онлайн-оценка архивов по графикам кривых;
- 10) управляемая по времени или буферизованная выдача сообщений;
- 11) простота использования.

Редактор Simatic WinCC Flexible показан на рисунке 9.2.1.

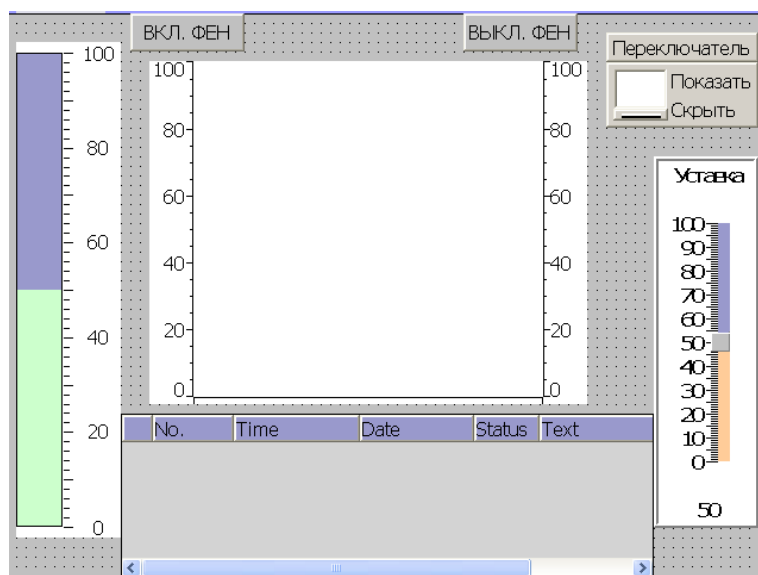


Рисунок 9.2.1 – Окно редактора Simatic WinCC Flexible

В мнемосхеме представлены следующие элементы:

- 1) кнопки включение и выключение фена;

- 2) шкала для определения температуры в климатической камере;
- 3) тренд для фиксирования температурных показаний;
- 4) окно алармов используется в качестве сообщений о текущем состоянии процесса;
- 5) переключатель режимов «Показать» и «Скрыть» для отображения тренда и алармов;
- 6) окно задания значения уставки в климатической камере.

На рисунке 9.2.2 представлена мнемосхема в работе.

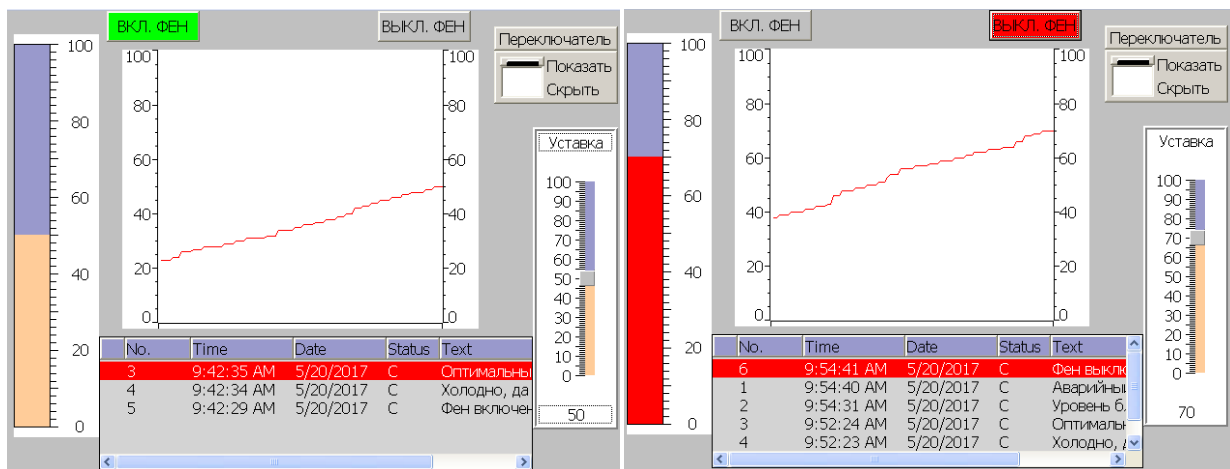


Рисунок 9.2.2 – Работа мнемосхемы

Мнемосхема работает следующим образом: при включении фена контакты реле замыкаются, и в SCADA – системе индикатор кнопки «ВКЛ. ФЕН» становится зеленым. Далее можно перевести переключатель в положение «Показать» для отображения тренда и окна алармов. В окне алармов будут появляться сообщения об изменении температуры и включении / выключении фена. Тренд будет отображать, как изменяется температура в течение времени. При достижении значения уставки 70 °C контакты реле размыкаются, и индикатор кнопки «ВЫКЛ. ФЕН» становится красного цвета.

## 10 Инструкция по эксплуатации лабораторного стенда

### 10.1 Включение климатической камеры

Включение климатической камеры осуществляется в определённой последовательности. Если климатическая камера длительное время не использовалась, то для подготовки к работе необходимо:

- 1) подключить нормирующий преобразователь, блоки питания и фен при помощи шнуров питания к сетевому фильтру;
- 2) подключить шнур питания сетевого фильтра к розетке (источнику переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В);
- 3) перевести кнопку сетевого фильтра в положение «ВКЛ».

Вышеперечисленные действия должны привести климатическую камеру в состояние, позволяющее приступить к её эксплуатации.

Проблемы включения лабораторного стенда и способы их устранения приведены в таблице 10.1.1.

Таблица 10.1.1 – Проблемы включения лабораторного стенда и способы их устранения

Проблемные ситуации	Способы устранения неполадки
Не загорается лампочка в сетевом фильтре	необходимо проверить, есть ли напряжение в сети и исправен ли сетевой фильтр
Не загружается программа в контроллер	необходимо проверить присоединен ли кабель РРІ к контроллеру S7-200 и к ПК, проверить исправность разъема USB в ПК
Не включается контроллер	необходимо проверить включен ли сетевой шнур блока питания Sitop Smart в розетку, имеется ли напряжение в сети, проверить надёжность соединения разъёмов контроллера
Не включается фен	необходимо проверить включен ли фен в розетку, имеется ли напряжение в сети
Не включается датчик температуры ДВТ-03.Т	необходимо проверить правильность его подключения к модулю аналоговых входов ЕМ 231 и к блоку питания Sitop Smart

## 10.2 Отключение климатической камеры

Отключение климатической камеры предусматривает два случая, это кратковременное выключение и выключение на длительное время. Если планируется кратковременное выключение необходимо:

- 1) закрыть все приложения и программы, работающие в Windows;
- 2) через меню «Пуск» завершить работу Windows;
- 3) перевести кнопку сетевого фильтра в положение «ВЫКЛ.

Если климатическую камеру не планируется эксплуатировать в течение длительного времени, то порядок отключения следующий:

- 1) закрыть все приложения и программы, работающие в Windows;
- 2) через меню «Пуск» завершить работу Windows;
- 3) перевести кнопку сетевого фильтра в положение «ВЫКЛ.»;
- 4) отсоединить шнуры блоков питания, шнур нормирующего преобразователя и шнур фена от сетевого фильтра;
- 6) отсоединить от розетки шнур питания сетевого фильтра.