

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

Факультет Энергетический  
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники  
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов  
и производств  
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация  
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко  
« 25 » 06 2022 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему: Автоматизированные системы управления технологическими  
процессами блочно-модульной водогрейной котельной

Исполнитель

студент группы 841 об

  
(подпись, дата)

Е.В. Пушко

Руководитель

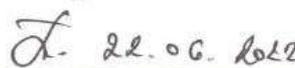
доцент, канд. техн. наук

  
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант по безопасности  
и экологичности

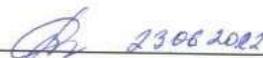
доцент, канд. техн. наук

  
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р техн. наук

  
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2022

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

Факультет энергетический  
Кафедра энергетики  
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств  
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике

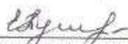
ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

и.о. зав. кафедрой

 О.В.Скрипко  
« 25 » 06 2022 г.

**З А Д А Н И Е**

К выпускной квалификационной работе студента Пушко Елены Витальевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированные системы управления технологическими процессами блочно-модульной водогрейной котельной.  
(утверждена приказом от 03.04.22 № 679/ст.)
  2. Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) 25.06.2022
  3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Техническая документация; материал, полученный в ходе выполнения работы; интернет ресурсы.
  4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): 1. Сведения об объекте автоматизации; 2. Создание функциональной схемы автоматизации; 3. Выбор оборудования 4. Программная реализация; 5. Безопасность и экологичность.
  5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.) 6 листов графической части, 69 страниц, 22 рисунка, 1 таблиц.
  6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) Булгаков Андрей Борисович – консультант по безопасности и экологичности, доцент, кандидат технических наук.
  7. Дата выдачи задания 10.03.2022
- Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей Николаевич - доцент, кандидат технических наук  
(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)
- Задание принял к исполнению (дата): 10.03.2022   
(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 69 страниц, 22 рисунков, 1 таблицы, 2 приложения, 20 источников.

БЛОЧНО-МОДУЛЬНАЯ ВОДОГРЕЙНАЯ КОТЕЛЬНАЯ, КОТЁЛ, ГОРЕЛКА ГАЗО-ДИЗЕЛЬНАЯ, НАСОС ЦИРКУЛЯЦИОННЫЙ, УПРАВЛЕНИЕ, ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЛЕР, АВТОМАТИЗАЦИЯ.

Целью выпускной работы является создание автоматизированной системы управления блочно-модульной водогрейной котельной МВКУ-3,0ГД. Трубопроводная система «Восточная Сибирь - Тихий океан» участок НПС «Сковородино» - СМНП «Козьмино (ВСТО-II). АБК ДАО МН, РНУ, ЦРС, и БПО, ЛЗУ, ЛЭС» ЦРС и БПО в г. Белогорск.

В выпускной квалификационной работе исследован объект автоматизации, изучена схема технологического процесса. В соответствии с изучением процессов, протекающих в системе и расположением силового оборудования были разработаны:

1. Функциональная схема автоматизации;
2. Принципиальные электрические схемы;
3. Схемы щитов автоматического управления;
4. Программа управления.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Сведения об объекте автоматизации	11
1.1 Принцип работы объекта автоматизации	11
1.2 Основание для разработки АСУ ТП	12
2 Создание функциональной схемы автоматизации	18
3 Выбор оборудования	22
3.1 Выбор горелки	22
3.2 Выбор ПЛК	25
3.3. Выбор переключателей	30
3.4 Выбор кнопки аварийного останова	32
3.5 Выбор поста в сборе с кнопкой	33
3.6 Выбор TFT- дисплея	33
3.7 Выбор сенсоров загазованности	34
3.8 Выбор устройств сигнализации	37
3.9 Выбор оповещателя охранно-пожарного	38
3.10 Выбор свето-звукового оповещательного табло	39
4 Программная реализация	40
5 Безопасность и экологичность	44
5.1 Эксплуатация блочно-модульной котельной	44
5.1.1 Общие положения	44
5.1.2 Приемка в эксплуатацию БМК	45
5.2 Экологичность	46
5.3.1 Пожарная безопасность в котельных	47
5.3.2 Аварийный останов котла	48

5.3.3 Диспетчерская (аварийно-диспетчерская) служба	49
5.3.4 Порядок ликвидации аварий в БМК	51
Заключение	54
Библиографический список	55
Приложение А	57
Приложение Б	62

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной бакалаврской работе используются ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ Р 7.0.5-2008 СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

ГОСТ Р 21.1101-2009 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.

ГОСТ 27.104-85. Автоматизированные системы управления. Общие требования.

ГОСТ 7.1127-93 ЕСТД. Общие правила выполнения текстовых технологических документов.

ГОСТ 7.1128-93 ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов.

ГОСТ 7.1201-85 ЕСТД. Система обозначения технологической документации.

ГОСТ 19.101-77 Единая система программной документации. Виды программ и программных документов.

ГОСТ 2.053-2006 Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения

ГОСТ 2.102-68 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов

ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы

ГОСТ 2.302-68 Единая система конструкторской документации.

#### Масштабы

ГОСТ 2.303-68 Единая система конструкторской документации. Линии

ГОСТ 2.305-2008 Единая система конструкторской документации.

#### Изображения - виды, разрезы, сечения

ГОСТ 2.501-88 Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения

ГОСТ 2.502-68 Единая система конструкторской документации. Правила дублирования

ГОСТ 2.503-90 Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений

ГОСТ 2.601-2006 Единая система конструкторской документации.

#### Эксплуатационные документы

ГОСТ 2.602-95 Единая система конструкторской документации.

#### Ремонтные документы

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации.

Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АС – автоматическая система;

ФСА – функциональная схема управления;

БМК – блочно - модульная котельная;

АДС – аварийно - диспетчерская служба;

ПТЭ – правила технической эксплуатации;

ПТБ – правила техники безопасности;

ГСВ – внутренняя система газоснабжения;

ОПС – охранно-пожарная сигнализация.

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация – это использование технических средств и специальных систем управления для частичного или полного освобождения человека от непосредственного участия в процессе производства, приема и преобразования энергии, материалов и информации [1].

В широком смысле автоматизация – это процесс интеграции технических средств, экономико-математических методов и систем управления, которые частично или полностью освобождают человека от непосредственного участия в получении, передаче и использовании энергии, материалов и информации.

В узком смысле автоматизация - это использование автоматизированных технических средств (электрических датчиков, механических чувствительных компонентов, усилителей, электрических реле и т.д.). Используется для мониторинга, регулирования и контроля производственного процесса.

В данной работе рассматривается создание модульной системы автоматического управления водогрейным котлом. Такая котельная используется для обогрева помещений с максимальной площадью 5000 м<sup>2</sup>. В качестве теплоносителя для нагрева в котле «Термотехник ТТ 100- 1500» используется вода/пар. Возможность поддержания постоянного отопления необходима, поскольку существует возможность временного размещения людей, следовательно, необходимо сохранить все элементы котельной на случай выхода из строя какого-либо объекта.

Модульная котельная – это автономное сооружение, которое предоставляется объекту в виде транспортируемых блоков. Обычно конструкция блочно - модульных котельных состоит из сборных металлических конструкций (модулей) [2].

Каждый модуль представляет собой деталь с металлической каркасной конструкцией и закрытым элементом, выполненным из негорючей сэндвич-панели. В процессе установки модули соединяются друг с другом, стыки герметизируются и могут быть украшены мульчей.

Техническое оборудование и система трубопроводов котельной расположены в построенном здании.

Состав оборудования, оснащенного модульными котлами, может варьироваться в зависимости от вида топлива и типа используемого котла. Модульная котельная может использовать любой вид топлива — уголь, жидкое топливо, природный газ.

Материалы представленные в выпускной квалификационной работе были апробированы на научной конференции «Молодёжь XXI века шаг в будущее 2022» и были опубликованы в виде научной статьи в «Молодёжь XXI\_века шаг в будущее 2022 Том 4».

## 1 СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕКТЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматизированный нами объект располагается в Амурской области, город Белогорск, и относится к трубопроводной системе «Восточная Сибирь - Тихий океан» участок НПС «Сковородино» - СМНП «Козьмино (ВСТО-II). АБК ДАО МН, РНУ, ЦРС, и БПО, ЛЗУ, ЛЭС» ЦРС и БПО в г. Белогорск.

Данная российская нефтепроводная система, служащая для транспортировки нефти из Восточной Сибири на Дальний Восток и на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона.

Объектами существующей АСУ ТП является:

- Водогрейные котлы «Термотехник ТТ 100- 1500»;
- Горелка глаза дизельная HP73A-MG.PR.S.RU.A.8.50.;
- Топливный насос.

### 1.1 Принцип работы объекта автоматизации

Стационарные БМК на газе – это полностью укомплектованные и собранные в заводских условиях сооружения, предназначенные для нагрева теплоносителя и горячего водоснабжения [2].

Работа БМК: в котлах в результате сгорания топлива нагревается теплоноситель, который затем поступает отапливаемому объекту. Постоянная циркуляция теплоносителя обеспечивается работающими насосами. Обратная линия котельной – это возврат остывшего теплоносителя в установку для её разогрева и поступления обратно в объект.

Блочные котельные технологии, несмотря на лёгкость эксплуатации, выносливость и практичность – это сложное оборудование повышенной опасности, особенно в случае, если в качестве топлива выступает газ.

К основным характеристикам котельной относятся [2]:

1. Тепловая мощность – 3000 кВт;
2. Количество котлов – 2шт. по 1500 кВт каждый;
3. Основное топливо – природный газ, аварийное/резервное – дизельное;
4. Температурный график сети отопления – 90 (95) / 70 °С;

5. Подающий контур ГВС – 60 (65) °С (при наличии);

## **1.2 Основание для разработки АСУ ТП**

Разработка модели всех процессов, включая производственные, а так же обработки информации о протекании данных процессов является основой для разработки АСУ ТП.

Основные решения по автоматизации объекта [3]:

- Разделом выполняется автоматизация блочно-модульной водогрейной газо-дизельной котельной. Котельная работает в автоматическом режиме, без постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- В котельной установлены два котла «Термотехник ТТ 100-1500», котлы оборудованы газо-дизельными прогрессивными котельными НР73А-MG.PR.S.RU.A.8.50.;
- Автоматика безопасности горелок осуществляет постоянный контроль давления газа перед горелкой, давление воздуха, подаваемого на горение, контроль наличия пламени, и обеспечивает нормативный процесс эксплуатации газоиспользующего оборудования в автоматическом режиме исключая возможность вмешательства в этот процесс обслуживающего персонала, при неисправности или отключении автоматики безопасности блокируется возможность подачи газа на газоиспользующую установку в ручном режиме;
- Встроенный блок управления горелки последовательно управляет работой горелки и проводит диагностику неисправностей;
- Автоматизированная система управления блочно-модульной водогрейной газо-дизельной котельной построена на централизованном принципе управления с двухуровневой иерархической структурой;
- Нижний уровень системы включает в свой состав привычные датчики, преобразователи температуры, давления и расхода, регулирующую и запорную арматуру, электроприводы, преобразователи, промежуточные реле, кнопки, переключатели, сигнальные лампы, элементы звуковой сигнализации;
- На нижнем уровне происходит измерение технологических параметров с помощью первичных преобразователей, посредством дискретных

датчиков производится формирование дискретных сигналов и осуществляется непосредственное регулирование и управление технологическим процессом с помощью исполнительных механизмов и электроклапанов;

- Верхний уровень системы включает в свой состав панель оператора и контроллер (ПЛК) тип SIMATIC S7-1200 к модулям ввода/вывода которого подключается полевое оборудование;

- На верхнем уровне производится масштабирование значений технологических параметров, получаемых от первичных датчиков, вычисление различных теплоэнергетических величин, в том числе отслеживание предельно-допустимых значений параметров, управления исполнительными механизмами и электроклапанами по заданным в программе алгоритмам, выполнение функций автоматики безопасности, управление сигнализацией и т.д.

Система автоматического управления предназначена для автоматики безопасности, защит, блокировок, оперативного контроля, ручного и автоматического управления, регулирования, сигнализации и архивирование данных в объеме обеспечивающим безопасную работу водогрейных котлов и общекотельного оборудования [3].

Предусмотрено выполнение следующих функций [3]:

- Сбор и обработка информации о рабочих параметрах водогрейных котлов и общекотельного оборудования;

- Аналогово-цифровое преобразование и циклический опрос нормированных электрических сигналов от аналоговых датчиков- измерение физических параметров;

- Циклический опрос дискретных электрических сигналов с датчиков типа «сухой контакт»;

- Представление информации о рабочих параметрах водогрейных котлов и общекотельного оборудования в удобном для восприятия виде на панели оператора;

- Архивирование рабочих параметров оборудования водогрейных котлов и общекотельного оборудования;

- Управление электроприводами и насосами;
- Решение задач защит, блокировок и автоматического логического управления;
- Решения задач ручного управления исполнительными механизмами с помощью «виртуальных» кнопок с панели оператора;
- Решение задач автоматического регулирования;
- Реализации функций регистрации параметров технологического процесса;
- Реализации функций регистрации неисправности технологического процесса;
- Ведение протокола действий оператора;
- Предоставление информации из архива рабочих параметров и протокола действий оператора в удобном для восприятия виде;
- Осуществление безопасного останова оборудования при разрыве целей безопасности;
- Включение сигнализации «неисправность» при выходе контролируемых параметров за пределы рабочего и допустимого диапазона значений;
- Выдача сообщений оператору при выходе контролируемых параметров за пределы рабочего и допустимого диапазонов;
- Выполнение безопасного останова водогрейных котлов и общекотельного оборудования при выходе контролируемых параметров за пределы допустимого диапазона.

Система автоматизации обеспечивает непрерывный мониторинг технологического оборудования котельной, предоставляет визуальное отображение мнемосхем технологического процесса в реальном масштабе времени, отображает характеристики гидравлических и тепловых режимов функционирования котельной в виде отчетов и графиков.

Система котловой автоматики, котла №1, №2, обеспечивает контроль следующих технологических параметров:

- Давление газа перед горелкой;
- Давление воздуха перед горелкой;
- Герметичность газовых клапанов;
- Наличие пламени горелки;
- Температура отходящих газов;
- Температура прямой котловой воды за котлом;
- Давление прямой котловой воды за котлом;
- Температура обратной котловой воды перед котлом;
- Давление прямой котловой воды на всосе циркуляционного котлового насоса.

Система котловой автоматики котла №1, №2, обеспечивает закрытие быстродействующих клапанов газообразного топлива к горелке, а также выдачу аварийной световой и звуковой сигнализации при срабатывании следующих автоматических защит [3]:

- Понижения давления газообразного топлива, перед горелкой, ниже установленного значения;
- Повышение давления газообразного топлива, перед горелкой, выше установленного значения;
- Понижения давления воздуха, перед горелкой, ниже установленного значения; погасание пламени горелки;
- Повышение температуры отходящих газов выше установленного значения;
- Повышение температуры прямой котловой воды за котлом выше установленного значения;
- Повышение давления прямой котловой воды за котлом выше установленного значения;
- Неисправности цели защиты, включающий исчезновение напряжения; нажатия кнопки останова котла при неисправности.

Система котловой автоматики котлов №1, №2, обеспечивает закрытие

отсечных клапанов дизельного топлива к горелке, а также выдачу аварийный световой и звуковой сигнализации при срабатывании следующих автоматический защит [3]:

- Понижения давления воздуха, перед горелкой, ниже установленного значения, погасание пламени горелки;
- Повышение температуры отходящих газов выше установленного значения;
- Повышение температуры прямой котловой воды за котлом выше установленного значения;
- Повышения давления прямой котловой воды за котлом выше установленного значения;
- Неисправности цепей защиты, включения исчезновения напряжения; нажатия кнопки останова котла при неисправности.

Система общекотельной автоматики обеспечивает контроль следующих технологических параметров [3]:

- Давление газообразного топлива в общем газопроводе перед котлами;
- Температуры дизельного топлива перед котлами;
- Температура сетевой воды в падающем трубопроводе теплосети;
- Давление сетевой воды в обратном трубопроводе теплосети;
- Температура сетевой воды в обратном трубопроводе теплосети;
- Давление сетевой воды в обратном трубопроводе теплосети перед котлами;
- Температуры сетевой воды в обратном трубопроводе теплосети перед котлами;
- Давление воды в падающем трубопроводе ГСВ;
- Температуры воды в падающем трубопроводе ГСВ;
- Давление воды в циркуляционном трубопроводе ГСВ;
- Температура воды в циркуляционном трубопроводе ГСВ;
- Температуры наружного воздуха;

- Загазованности котельные природным газом;
- Загазованности котельной угарным газом;

Система общекотельной автоматики обеспечивает [3]:

- Автоматическую подпитку сетевого контура при понижении давление воды в сетевом культуре;
- Закрытие электромагнитного клапана на вводе газа в котельную при загазованности котельной природным газом или угарным газом, пожаре, пропадании напряжение, повышении давления газа во внутреннем газопроводе до газовых горелок котлов выше допустимых значений;
- Предупреждающую сигнализацию о загазованности котельного зала природным газом или угарным газом.

Система автоматизации обеспечивает передачу на удаленный диспетчерский пункт оператора следующих сообщения состояние котельной [3]:

- Неисправность котельной;
- Котельная в работе;
- Загазованности котельной природным газом;
- Загазованности котельной угарным газом;
- Пожар в котельной;
- Проникновение в котельную;
- Неисправность прибора ОПС.

## 2 СОЗДАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Функциональная схема – это документ, который объясняет процессы, происходящие в различных функциональных цепях продукта (установки) или продукта (установки) в целом [4].

ФСА необходим для уточнения процесса, который происходит в отдельной функциональной цепи продукта или всего продукта. На основе ФСА выполните остальные чертежи и составьте спецификации оборудования и средств автоматизации в проекте.

На ФСА необходимо описать функциональные части продукта (элементы, оборудование, функциональные группы) и связи между ними.

Функциональные компоненты и связи между ними будут изображены в виде условных графических обозначений, установленных в соответствующих стандартах для условных графических обозначений этих групп и компонентов. В этом случае применяются правила выполнения принципиальной схемы [5].

Функции мониторинга и управления на ФСА описаны в соответствии с ГОСТ21.404-85.

Эти технические средства используются для решения функциональных задач:

1. Как получить основную информацию;
2. Методы преобразования и обработки информации;
3. Средство предоставления и публикации информации обслуживающему персоналу.

Функциональные схемы должны учитывать:

- 1) состав и содержание задач по контролю и управлению технологическими процессами;
- 2) организацию пунктов контроля и управления, взаимосвязь между местными системами управления отдельными объектами и центральной системой управления, определенной структурной схемой

На рисунке 1 представлены следующие условные обозначения,

использующиеся на функциональных схемах автоматизации.

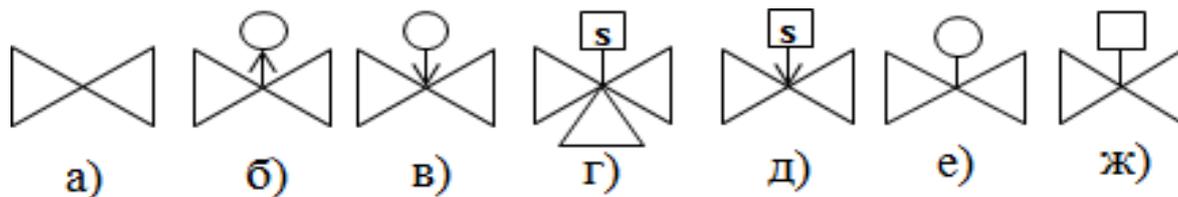


Рисунок 1 – условные обозначения

- регулирующий орган (задвижка, клапан и т.д.) – рисунок 1 (а);
- регулирующий клапан, открывающийся при прекращении подачи воздуха (нормально открытый) – рисунок 1 (б);
- регулирующий клапан, закрывающийся при прекращении подачи воздуха (нормально закрытый) – рисунок 1 (в);
- управляющий электропневматический клапан – рисунок 1 (г);
- отсекающий с приводом (запорный клапан) – рисунок 1 (д);
- электрозадвижка, – рисунок 1 (е);
- пневмоотсекающий, – рисунок 1 (ж).

Нами была разработана ФСА, которая в полной мере даёт полное представление об объекте автоматизации и обо всех процессах, которые в нём протекают. Так же были рассмотрены все регулируемые параметры и датчики контроля и управления.

На схеме устанавливается всё необходимое оборудование, технические средства и средства автоматизации, которые необходимы при автоматизации объекта.

Регулирование производится с помощью трехходовых и двухходовых клапанов.

В котельной проходят: подающий трубопровод теплосети, обратный трубопровод теплосети, подающий трубопровод ГВС, циркуляционный трубопровод ГВС, Подающий трубопровод водопровода.

По обратному трубопроводу теплосети поступает вода, которая качается насосами теплосети, проходит через фильтр магнитно-фланцевый поступает в котел, после нагрева вода попадает в подающий трубопровод теплосети, так же

проходит через фильтр магнитно-фланцевый (и уходит по назначению). Так же при необходимости возможна компенсация с помощью расширительного мембранного бака.

По циркуляционному трубопроводу ГВС, циркуляционными насосами ГВС качается вода, которая пройдя через фильтр магнитно-фланцевый может проходить через теплообменник и нагреваясь поступать в подающий трубопровод ГВС, а так же может поступать для нагрева в котёл, после чего она попадает в подающий трубопровод теплосети.

Так же есть подпитка которая поступает по подающему трубопроводу водопровода, качается насосом исходной воды, проходит через установку умягчения воды и поступает в тот водопровод в котором необходима подпитка.

Через ввод газопровода, проходя через газовый фильтр с индикатором перепада давления и регулятор давления, газ поступает в горелку.

Для резервной подпитки горелки с топливных баков в горелку топливным насосом качается дизельное топливо.

В котловой автоматике вода по обратному трубопроводу теплосети поступает в котёл, вода нагреваясь с помощью горелки и котлового насоса поступает на подающий трубопровод теплосети.

Изучив и исследуя ФСА мы ограничились котловой автоматикой для дальнейшего построения нашей работы.

Разработанная ФСА представлена на рисунке 2.



## 3 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 3.1 Выбор горелки

Горелка представляет собой одинарную горелку, отлитую из алюминия. Благодаря специальной голове сгорания можно изменять положение головки сгорания, что позволяет изменять геометрию пламени и использовать два вида топлива для достижения эффективного горения [6]. Внешний вид горелки представлен на рисунке 3.

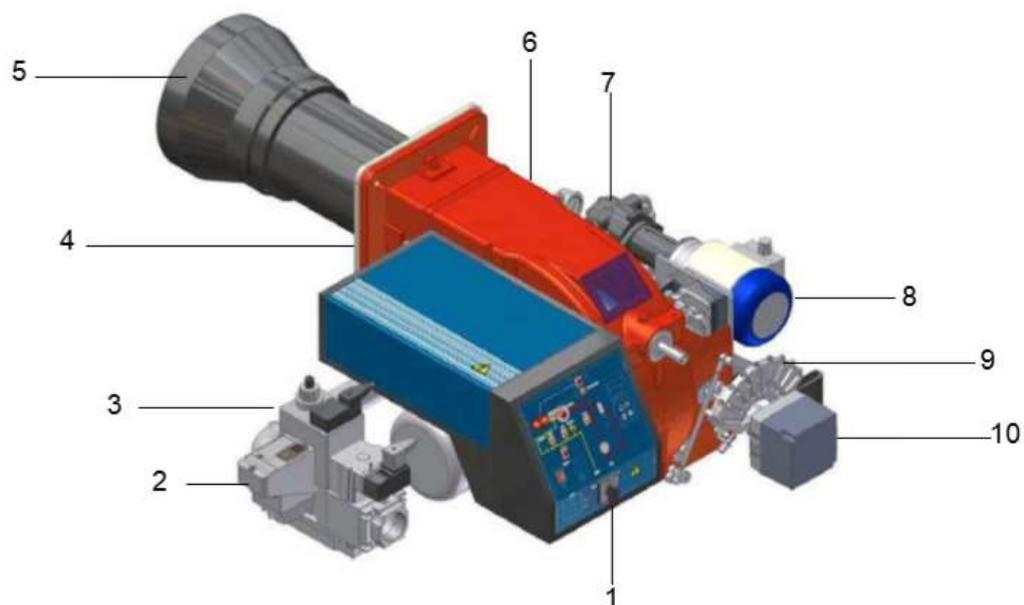


Рисунок 3 – Внешний вид горелки

Описание составляющих горелки:

1. Панель с мнемосхемой с пусковым включателем;
2. Блок контроля герметичности;
3. Группа газовых клапанов;
4. Фланец;
5. Сопло – Головка сгорания насос;
6. Крышка;
7. Насос;
8. Двигатель насоса;

9) Варьируемый сектор при работе на газе;

10) Сервопривод.

Функциональная работа на газе:

Газ поступает из распределительной сети и проходит через комплект клапанов, оснащенных фильтром и стабилизатором. Стабилизатор поддерживает давление в пределах предельного значения, необходимого для работы. Электрический сервопривод пропорционально воздействует на клапан регулирования расхода воздуха и газовый дроссельный клапан, используя один кулачок с изменяемым профилем, что позволяет оптимизировать выбросы газов для эффективного сжигания топлива. Положение головки горелки определяет мощность горелки. Головка сгорания определяет тепловую энергию и геометрию пламени. Топливо и воздух подаются отдельно по геометрическим каналам до тех пор, пока они не пересекутся в зоне образования пламени (камере сгорания). Принудительная подача воздуха и топлива (газа) происходит в камеру сгорания. Мнемоника на панели управления, расположенной перед горелкой, показывает стадию работы.

Функциональная работа на дизеле:

Топливо поступает из распределительной сети, попадает в форсунку через насос и поступает из форсунки в камеру сгорания, где смешивается с воздухом, образуя пламя. В горелке смешивание жидкого топлива с воздухом очень важно для достижения эффективности и чистоты горения, в связи с этим топливо впрыскивается в мельчайшие частицы. Это достигается за счет того, что жидкое топливо проходит через форсунку под высоким давлением. Основная задача насоса - перекачивать жидкое топливо из топливного бака в форсунку в необходимом количестве и под определенным давлением. Для регулировки давления в насос встроен регулятор давления. Электрический сервопривод воздействует на заслонку, которая регулирует поток воздуха и позволяет оптимизировать параметры выбросов. Положение головки горелки определяет максимальную мощность горелки. В камере сгорания горящий воздух и топливо (дизельное топливо) принудительно образуют пламя.

Лицевая панель электрощита горелки представлена на рисунке 4.

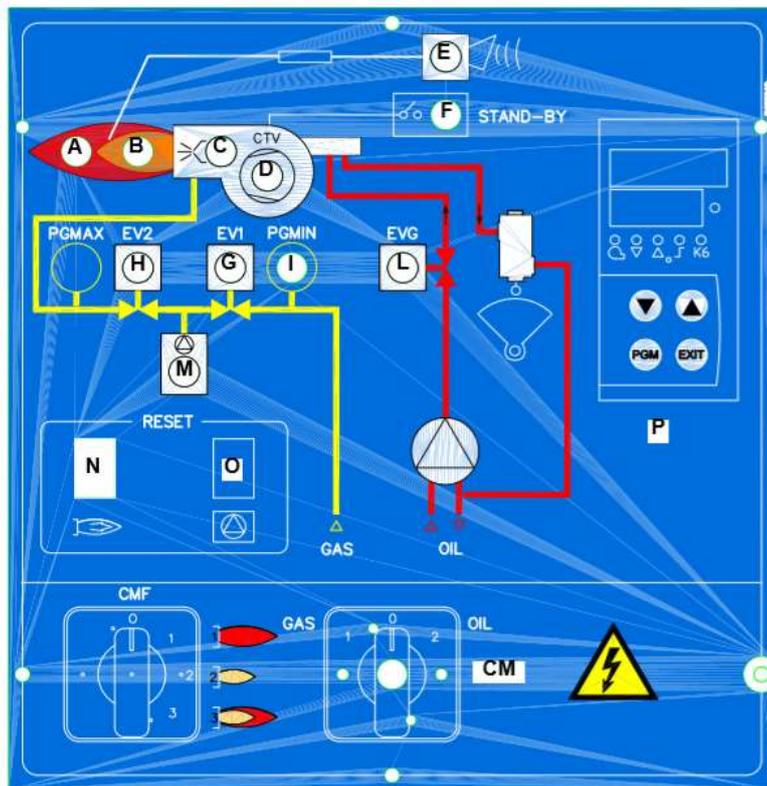


Рисунок 4 – Лицевая панель электрощита горелки

Таблица 1- Описание лицевой панели горелки [6]

Обозначение	Наименование
A	режим большого пламени
B	режим малого пламени
C	запальный трансформатор
CM	главный выключатель/переключатель топлива
E	аварийная блокировка горелки
D	срабатывание термореле двигателя вентилятора
F	режим выжидания горелки
G	открытие клапана EV1
H	открытие клапана EV2 I разр. сигнал реле давления газа

Обозначение	Наименование
L	работа электроклапана топлива
M	аварийная блокировка блока контроля герметичности (при наличии)
N	кнопка разблокировки электронного блока контроля пламени
O	кнопка разблокировки блока контроля герметичности
P	модулятор

В данной работе горелка рассмотрена как одно из важнейшего оборудования, от управления которого напрямую зависит работоспособность объекта автоматизации и результат работы. Основные функции горелки это: включение/выключение, увеличение и уменьшение пламени горелки, а также существует возможность аварийного останова горелки, которое может использоваться при условии, что установка выйдет из строя либо сама горелка будет неисправно работать.

### **3.2 Выбор ПЛК**

Серия S7-1200 представляет собой серию программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые могут использоваться для решения различных задач автоматизации. Компактный дизайн, низкая стоимость и мощный набор инструкций делают S7-1200 идеальным решением для различных приложений управления.

Различные модели S7-1200 и средства программирования на базе Windows обеспечивают гибкость, необходимую для решения автоматизированных задач [7].

Внешний вид используемого нами ПЛК представлен на рисунке 5.



Рисунок 5– ПЛК SIMATIC S7-1200

Технические характеристики [7]:

Степень защиты IP20 по IEC;

Наличие специальных лаковых покрытий печатных плат и электронных компонентов: Есть;

Допустимые отклонения напряжений питания:

– цепи = 24 В =20,4 ... 28,8;

– цепи ~115/230 В ~85 ... 264 В/ 47 ... 63 Гц;

Испытательное напряжение изоляции:

– цепи =5/ 24 В =520;

– цепи ~115/230 В по отношению к земле ~1500 В/ =1950 В

– цепи ~120/230 В по отношению к цепям ~120/230 В~1500 В/ =1950;

– цепи ~115/230 по отношению к цепям =5/24 В~1500 В/ =3250 В.

Контроллер CPU 1212C 6ES7 212-1BD30-0XB0

Дополнительный блок контроллера представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Контроллер CPU 1212C 6ES7 212-1BD30-0XB0

Технические характеристики [7]:

Напряжение питания:

Номинальное значение (перем. ток):

– 120 В перем. тока: Да;

– 230 В перем. тока: Да;

Допустимый диапазон, нижний предел (перем. ток): 85 V;

Допустимый диапазон, верхний предел (перем. ток): 264 V;

Сетевая частота:

– диапазон допустимых значений, нижний предел: 47 Hz;

– диапазон допустимых значений, верхний предел: 63 Hz;

Напряжение нагрузки L+:

– номинальное значение (пост. ток): 24 V;

– допустимый диапазон, нижний предел (пост. ток): 5 V;

– допустимый диапазон, верхний предел (пост. ток): 250 V;

Входной ток:

Потребление тока (номинальное) 80 мА при 120 В перем. тока;

Макс. потребление тока 240 мА при 120 В перем. тока;

Макс. ток включения 20 А при 264 В;

Выходной ток:

Для шины на задней стойке: макс. 1 000 mA; макс. 5 В пост. тока для SM  
и SM;

Питание датчика:

Питание датчика: 24 В;

24 В Допустимый диапазон: от 20,4 до 28,8 В;

Рассеиваемая мощность:

Нормальная рассеиваемая мощность: 11 W;

Запоминающее устройство:

Оперативное запоминающее устройство:

– встроенный: 25 kbyte;

– расширяемое: Нет;

Память загрузки:

– встроенный: 1 Mbyte;

– вставная (карта памяти SIMATIC), макс. 24 Mbyte; с картой памяти SIMATIC Memory Card;

Хранение в буфере:

– есть Да; весь проект не требует обслуживания во встроенном ЭСППЗУ;

– без АКБ: Да;

Время обработки ЦП:

– нормальное время операций побитовой обработки 0,1  $\mu$ s; /операция;

– нормальное время операций со словами 12  $\mu$ s; /операция;

– нормальное время выполнения операций с плавающей точкой 18  $\mu$ s; /операция;

Блоки ЦП:

Число блоков (общее) Блоки данных, функции, функциональные блоки, счетчики и таймеры. Максимальное число адресуемых блоков составляет от 1 до 65535. Использование ОЗУ не ограничено.

Организационные блоки (ОВ):

Макс. число: Ограничение только посредством ОЗУ для кода;

Области данных и их остаток:

Остаточная область данных (включая таймеры, счетчики, маркеры): макс. 2 048 byte;

Маркер:

– Макс. число 4 kbyte; Размер области маркеров;

Периферийная адресная область:

– Вводы: 1 024 byte;

– Выводы: 1 024 byte;

Образ процесса:

– Вводы, настраивается: 1 kbyte;

– Выводы, настраивается: 1 kbyte;

Конфигурация аппаратного обеспечения:

Макс. число модулей на систему 3 коммуникационных модуля, 1 сигнальный слой, 2 сигнальных модуля;

Время:

- Аппаратные часы (часы реального времени): Да;
- Время хранения в буфере 240 h; нормальная;
- Макс. отклонение в день:  $\pm 60$  с/месяц при 25 °С;

Цифровые входы:

Число входов 8; встроенный;

– из них входы, используемые для технологических функций 4; HSC (высокоскоростной счетчик)

М/Р-считывание: Да;

Входное напряжение:

- Номинальное значение (пост. ток) 24 V;
- для сигнала "0" 5 В пост. тока при 1 мА;
- для сигнала "1" 15 В пост. тока при 2,5 мА;

Входной ток:

- для сигнала "1", тип. 1 мА;

Для входов аварийной сигнализации:

параметрируемое: Да.

Модуль дискретного ввода SM 1221 6ES7 221-1BF30-0XB0 представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Модуль дискретного ввода SM 1221 6ES7 221-1BF30-0XB0

Технические характеристики [8]:

Допустимый диапазон, нижний предел (пост. ток): 20,4 V;

Допустимый диапазон, верхний предел (пост. ток): 28,8 V;

Входной ток из шины на задней стойке 5 В пост. тока, макс.: 105 mA

Цифровые входы [8]:

Из источника напряжения нагрузки L+ (без нагрузки), макс. 4 mA; на канал;

Нормальная рассеиваемая мощность: 1,5 W;

Число входов: 8;

Входное напряжение [8]:

Вид входного напряжения: пост. ток;

Номинальное значение (пост. ток): 24 V;

Для сигнала "0": 5 В пост. тока при 1 mA;

Для сигнала "1": 15 В пост. тока при 2,5 mA.

Цифровые выходы [6]:

Вид выходов: 0;

Защита от короткого замыкания: нет;

Аварийные сигналы: да;

Диагностический сигнал: да;

Диапазон допустимых значений температуры: от -20 °C до +60 °C для горизонтального монтажа, от -20 °C до 50 °C для вертикального монтажа, влажность воздуха 95%, без конденсации.

### **3.3. Выбор переключателей**

Переключатель на три положения с возвратом в центр XB4-BJ53 представлен на рисунке 8.



Рисунок 8- Переключатель на три положения с возвратом в центрXB4-VJ53

Технические характеристики [9]:

Материал окантовки: Хромированный металл;

Материал крепежной основы: Zamac;

Монтажный диаметр: 22 мм;

Тип рукоятки: К центру с возвратом;

Параметры управляющего устройства: Черная длинная рукоятка;

Операторские данные о положении: 3 положения +/- 45°;

Тип контактов: 2 Н.О.;

Работа контактов: Медленное размыкание;

Переключатель на два положения с фиксацией XB4-VJ21 представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Переключатель на два положения с фиксацией XB4-VJ21

Технические характеристики [9]:

Материал окантовки: Хромированный металл;

Материал крепежной основы: Zamak;

Монтажный диаметр: 22 мм;

Тип рукоятки: с фиксацией;

Параметры управляющего устройства: Черная длинная рукоятка;

Операторские данные о положении: 2 положения 90°;

Тип контактов: 1 Н.О.;

Работа контактов: Медленное размыкание.

### **3.4 Выбор кнопки аварийного останова**

Кнопка аварийного останова триггерного действия 1НО+1НЗ контакт ZB4-BZ105 представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Кнопка аварийного останова триггерного действия 1НО+1НЗ контакт ZB4-BZ105

Технические характеристики [9]:

Цвет: Красный;

Способ монтажа: Встраиваемый (-ая);

Ширина: 0,04 м;

Степень защиты: (IP)IP66;

Высота: 0,05 м;

Глубина: 0,09 м;

Тип подключения вспомогательных цепей: Винтовое соединение;

Диаметр: 22,5 мм;

Диаметр отверстия: 22 мм;

Цвет кнопки: Красный;

Метод разблокировки: Разблокировка вытягиванием;

Диаметр купола/колпачка: 40 мм;

Напряжение: 220 В;

Исполнение: С фиксацией.

### **3.5 Выбор поста в сборе с кнопкой**

Пост в сборе с кнопкой аварийного останова, возврат поворотом, хал-k174E представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Пост в сборе с кнопкой аварийного останова, возврат поворотом, хал-k174E

Технические характеристики [9]:

Класс: Кнопочные посты;

Сертификат: RU C-FR.АЖ40.В01023-20;

Тип изделия: Пост кнопочный;

Способ монтажа: Накладной;

Напряжение, В: 220;

Количество НО контактов: 1;

Количество НЗ контактов: 1.

### **3.6 Выбор TFT- дисплея**

TFT- дисплей 6AV6 647-0AD11-3AX0 представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – TFT- дисплей 6AV6 647-0AD11-3AX0

Технические характеристики [10]:

Модель дисплея: TFT;

Диагональ экрана: 5,7 in;

Ширина дисплея: 115,2 мм;

Высота дисплея: 86,4 мм;

Число цветов: 256;

Горизонтальное разрешение: 320 Pixel;

Вертикальное разрешение: 240 Pixel;

Монтажное положение: вертикальная установка;

Вид напряжения питания: пост. ток;

Номинальное значение (пост. ток): 24 V;

Допустимый диапазон, нижний предел (пост. ток): 19,2 V;

Допустимый диапазон, верхний предел (пост. ток): 28,8 V;

Нормальная потребляемая мощность: 9 W;

Тип процессора: RISC 32 бит;

IP (спереди): IP65;

Корпус, тип 4, спереди: Да;

Корпус, тип 4x спереди: Да;

IP (сзади): IP20.

### **3.7 Выбор сенсоров загазованности**

Внешний сенсор загазованности на CO SGY COO V4NC представлен на

рисунке 13.



Рисунок 13 – Внешний сенсор загазованности на CO SGY COO V4NC.

Технические характеристики [11]:

Диапазон измерения: от 0 до 500 ppm;

Напряжение питания сенсора: 12В ( $\pm 10\%$ )...24В ( $\pm 10\%$ );

Потребляемый ток:

датчик: 40 мА;

датчик и панель шины: 170 мА ;

датчик и панель реле: 110 мА;

Степень защиты: IP 54;

Время прогрева: 1 мин;

Тип сенсора: электрохимический;

Габариты: 124 x 134 x 67 мм;

Масса сенсора: 374 г;

Температура хранения:  $-15^{\circ}$ ... $+50^{\circ}$  С;

Выходные сигналы: 4...20 мА для связи с блоком RGY000MBP4;

Расстояние до блока контроля и управления макс.: 500 м;

Окружающая температура при эксплуатации:  $-10^{\circ}$ ... $+40^{\circ}$  С;

Рабочая влажность воздуха: 20 - 80 % отн. вл.;

Атмосферное давление: от 800 до 1100 гПа;

Внешний сенсор загазованности на C H4 SGY MEO V4NC представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Внешний сенсор загазованности на C H4 SGY MEO V4NC

Технические характеристики [11]:

Напряжение питания: 12В=-15%...24В=+10%;

Потребляемый ток: 100mA;

Детектируемый газ: SGYME0V4NC метан (CH<sub>4</sub>);

Погрешность: 10%;

Тип сенсора: каталитический;

Выходной сигнал: 4...20 mA;

Диапазон чувствительности: 0...50%НКПР;

Смещение на чистом воздухе: 5% сигнала в год;

Время ответа: <30сек;

Степень защиты: IP65;

Рабочая температура: -10°C...+40°C;

Температура хранения: -10°C...+50°C;

Рабочая влажность: 20%...80%;

Размеры: 135x101x72 мм;

Масса: ~767 гр.

### 3.8 Выбор устройств сигнализации

Блок питания и сигнализации RGY 000MBP4 представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Блок питания и сигнализации RGY 000MBP4

Технические характеристики [12]:

Отбор: диффузионный;

Минимальная канальность и количество контролируемых газов: 1;

Максимальная канальность: 4;

Максимальное количество контролируемых газов: 2;

Тип сенсора: электрохимический, термохимический;

Газы: оксид углерода, метан;

Взрывозащита: II2GEExdIICT6 (взрывозащищенный датчик на CH4);

Выходные сигналы: 2 реле на каждый канал, доп. реле, RS-232;

Индикация: цифровая, звуковая, световая;

Единицы измерения: CH4 в % НКПР, CO в мг/м<sup>3</sup> или ppm;

Рабочий диапазон температур: от 0°C до 40°C (БПС), от -10°C до +40°C (невзрывозащищенные датчики), от -10°C до +50°C (взрывозащищенные датчики) [10];

Питание: от сети 230 В, 50 Гц (сигнализатор RGY000MBP4), от сигнализатора 12-24 В (для внешних датчиков);

Гарантийный срок: 2 года;

Проверка: прибор не поверяется;

Межповерочный интервал: 1 год;

Устройство звуковой сигнализации xb5 ksb представлено на рисунке 16.



Рисунок 16 – Устройство звуковой сигнализации xb5 ksb

Технические характеристики [13]:

Номинальное напряжение питания [Us]: 24 В +/- 10 %;

Тип источника питания: Пер./пост. ток;

Частота источника питания: 50/60 Гц;

Потребляемый ток: <= 28 мА;

Тип сигнализации: Непрерывный или прерывистый звук.

### **3.9 Выбор оповещателя охранно-пожарного**

Оповещатель охранно-пожарный комбинированный бия-с -1/220-2 представлен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Оповещатель охранно-пожарный комбинированный бия-с -

1/220-2

Технические характеристики [13]:

Напряжение питания, В: 220 9-27 12;

Максимальное пиковое значение уровня звукового давления на расстоянии 1 м от оповещателя, дБ, не менее:85;

Степень защиты оболочкой: IP22.

### **3.10 Выбор свето-звукового оповещательного табло**

Свето-звуковой оповещатель табло "ГАЗ НЕ ВХОДИТЬ" Блик -3С-24 представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Свето-звуковой оповещатель табло "ГАЗ НЕ ВХОДИТЬ" Блик - 3С-24

Технические характеристики [13]:

Степень защиты оболочки: IP66;

Условия эксплуатации, °С: от -60...+75 °С;

Тип звукового сигнала: сирена;

Уровень звукового давления, развиваемый на расстоянии (1,00±0,05) м, не менее, дБ:100;

Напряжение питания, В: 12-24 / 100-240;

Габаритные размеры, не более, мм: 390x170x60;

Масса, не более, кг: 2,5;

Срок службы, не менее, лет: 10.

#### 4 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

CoDeSys – это современный инструмент для программирования контроллеров (CoDeSys образуется от слов Controllers Development System).[14] CoDeSys обеспечивает удобную среду для программирования контроллера на языках стандарта МЭК 61131-3.[15] Используемые редакторы и отладочные средства основаны на хорошо известных принципах, знакомых по другим средам профессионального программирования (такие, как Visual C++).[16]

Структура созданного ПО продемонстрирована на рисунке 19.

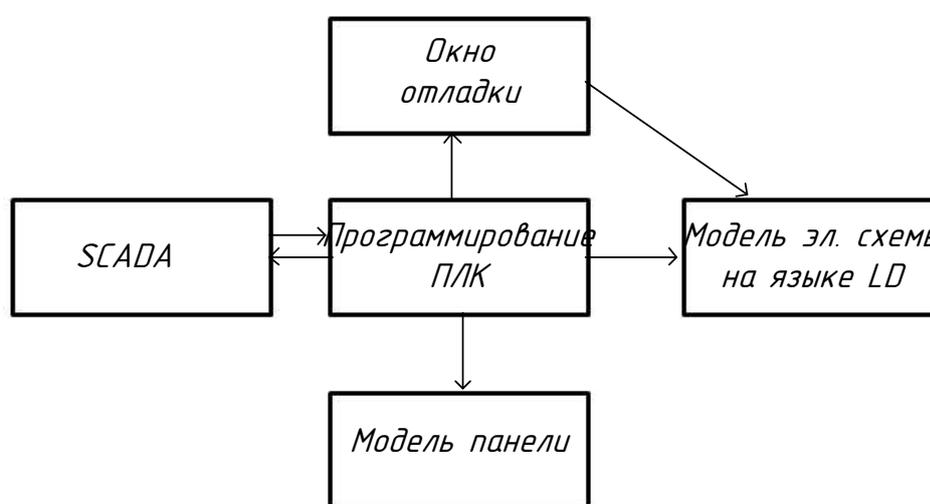


Рисунок 19 – Структура ПО

Нами было разработано программное обеспечение, которое демонстрирует панель оператора.

Таким образом процесс регулирования заключается в том, что оператор сам запускал работу объекта. Изменение параметров для наглядности изменялись с помощью ползунков.

При значениях температуры обратной котловой воды перед котлом менее 70 градусов и давления обратной котловой воды перед котлом менее 0,4 Мпа насос необходимо включить, при температуре и давлении выше граничащих насос следует выключить.

При значениях температуры прямой воды за котлом более 95 градусов либо давления прямой воды за котлом более 0,34 Мпа необходимо включить малое пламя. При Температуре и давлении ниже граничащих необходимо включить большое пламя. Так же можно выключить горелку при необходимости.

Были созданы следующие переменные:

n\_temp\_ref:REAL (заданное значение температуры перед котлом);  
nas\_alarm:BOOL (неисправность насоса)  
nas\_alarm\_from\_scada (неисправность насоса в TraceMode);  
nas\_auto:BOOL(автоматический режим насоса)  
nas\_auto\_from\_scada:BOOL (автоматический режим насоса в TraceMode);  
nas\_start:BOOL (включение насоса);  
nas\_start\_from\_scada:BOOL (включение насоса в TraceMode);  
nas\_stop:BOOL (включение насоса);  
nas\_stop\_from\_scada:BOOL (выключение насоса в TraceMode);  
ns:BOOL (сигнал на ПЛК о включении насоса);  
nst:BOOL (сигнал на ПЛК о выключении насоса);  
na:BOOL (сигнал на ПЛК о неисправности насоса);  
fs:BOOL (сигнал на ПЛК о включении горелки «малое пламя»);  
fu:BOOL (сигнал на ПЛК о включении горелки «большое пламя»);  
fst:BOOL (сигнал на ПЛК о выключении горелки);  
fa:BOOL (сигнал на ПЛК о неисправности горелки);  
regim:STRING:  
SA1\_big:BOOL (положение переключателя «большое пламя»);  
SA1\_small:BOOL (положение переключателя «малое пламя»);  
SA2\_auto:BOOL (положение переключателя «автомат»);  
SA2\_man:BOOL (положение переключателя «включен насос»);  
st\_g:BOOL (управление кнопкой включения «малое пламя» горелки в TraceMode);  
st\_n:BOOL (управление кнопкой включения насоса в TraceMode);  
start\_process:BOOL (начало работы);

state\_prev:BYTE

stop:BOOL (управление кнопкой выключения горелки в TraceMode);

up:BOOL (управление кнопкой включения «большое пламя» горелки в TraceMode);

automatic.state:BYTE (автоматический режим).

Внешний вид визуализации представлен на рисунке 20.

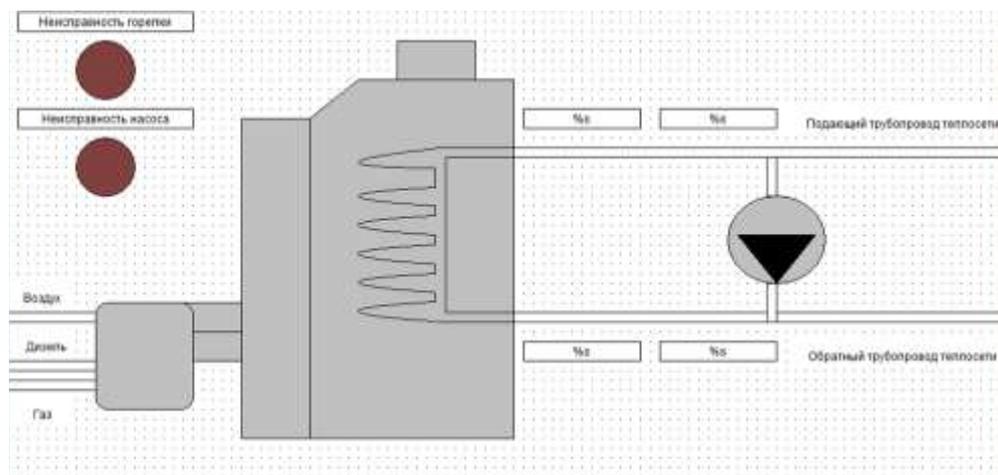


Рисунок 20 – Внешний вид визуализации

Данная визуализация необходима нам для возможности наблюдать за процессом и управлять объектом. На визуализации мы можем следить за работой и неисправностью оборудования и так же за изменением параметров.

Панель оператора для ручного управления представлена на рисунке 21.

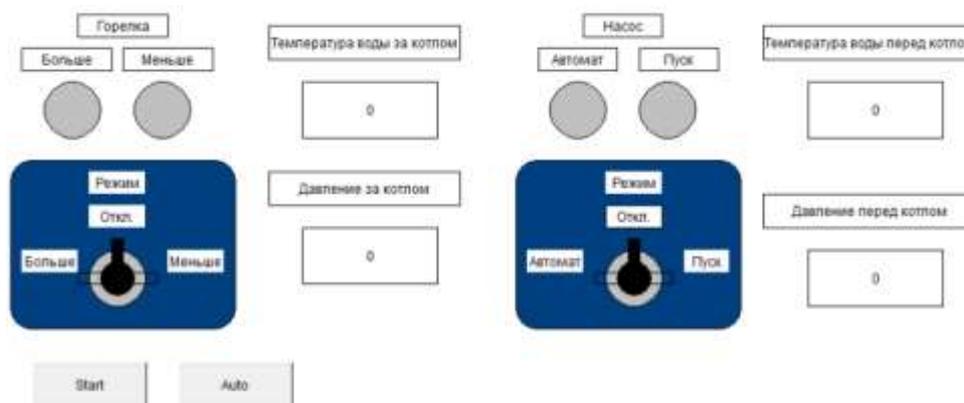


Рисунок 21 – Внешний вид панели для ручного управления

На данной панели у нас есть кнопки: начало работы объекта и перевод

объекта в автоматический режим. Работа насоса и горелки управляется с помощью переключателей в 3 положения. Положения у переключателя горелки: малое пламя, большое пламя, и когда не один из них не задействован горелка выключена. Положения у переключателя насоса: насос включен, выключен, переведён в режим автомат. Работа того или иного режима отображается на лампах. Данные температуры и давления для удобства показаны около переключателя.

Внешний вид окна отладки представлен на рисунке 22.



Рисунок 22 – Окно отладки

На данном окне есть ползунки, которые необходимы для удобства наблюдения за протеканием процессов в объекте в зависимости от изменения параметров. Так же кнопки неисправности горелки и насоса. При нажатии кнопки неисправность на визуализации загорается красная лампа которая сигнализирует о неисправности.

## 5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Модульная котельная обладает множеством технических характеристик и проверенным потребительским качеством [17]:

- Предлагаемая серия БМК отвечает всем требованиям к качеству и надежности и позволяет удовлетворить технические требования заказчика в этом диапазоне мощностей;
- В зависимости от общей мощности и распределения нагрузки каждой котельной лучше всего выбрать установленный котел.

Надежность БМК гарантирована:

- На использование водогрейного котла предоставляется двухлетняя гарантия;
- Мощность сетевого насоса и теплообменника резервируется на 100%;
- Используйте высококачественные комплектующие от надежных поставщиков, которые имеют склады запасных частей на территории.

### 5.1 Эксплуатация блочно-модульной котельной

#### 5.1.1 Общие положения

Эксплуатация БМК осуществляется подготовленным теплоэнергетическим персоналом. Допускается проводить эксплуатацию БМК специализированной организацией.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию назначается распорядительным документом (приказом) руководителя организации из числа управленческого персонала и специалистов организации.

Основными задачами персонала являются [17]:

- поддержание оборудования в состоянии эксплуатационной готовности и обеспечение максимальной надежности и экономичности производства тепловой энергии;
- выполнение требований взрыво- и пожаробезопасности, производственной санитарии и безопасности труда;
- соблюдение заданных режимов теплоснабжения.

### 5.1.2 Приемка в эксплуатацию БМК

Блочно-модульные котельные, а также их очереди были введены в эксплуатацию рабочими и Национальной приемочной комиссией.

Перед вводом котельной в эксплуатацию необходимо выполнить следующие действия [18]:

- Индивидуальное тестирование отдельных систем, компонентов и механизмов;
- Комплексное тестирование оборудования;
- Подготовлен персонал по эксплуатации и техническому обслуживанию, инструкции (по эксплуатации, официальные, по охране труда) и планы эксплуатации;
- Запасы топлива, материалов, инструментов, запасных частей и средств индивидуальной защиты готовы;
- Введены в эксплуатацию объекты диспетчерского и технического управления с линиями связи, системами пожарной сигнализации и пожаротушения, аварийного освещения и вентиляции.;
- Создана система контроля и управления;
- Получить лицензию на эксплуатацию оборудования от национального надзорного органа (противопожарная защита, санитарная инспекция);
- Регулируемое оборудование зарегистрировано в местном органе Госгортехнадзора России.

Перед испытанием необходимо проверить, соответствует ли оно национальным стандартам, строительным нормам и правилам, техническим правилам эксплуатации этих тепловых электростанций и инструкциям производителя по установке оборудования.

Перед началом комплексного испытания необходимо устранить дефекты и дефекты, а также дефекты оборудования, обнаруженные в ходе отдельных испытаний. В ходе комплексного процесса испытаний следует проверить совместную работу котельной установки и всего вспомогательного оборудования в котельной под нагрузкой. Началом комплексного испытания

котла является момент его включения под нагрузкой. Котельное оборудование должно быть всесторонне протестировано в течение 72 часов непрерывной работы на основном топливе с номинальной нагрузкой и расчетными параметрами, а вспомогательное оборудование должно эксплуатироваться одновременно или поочередно. Чтобы подготовить котельную к сдаче в Национальную приемочную комиссию, заказчик назначил рабочую комиссию, которая приняла оборудование после всестороннего испытания. Перед началом пробной эксплуатации необходимо подготовить условия для надежной и безопасной эксплуатации котельной:

Ввод в эксплуатацию котельной (пуско-наладочного комплекса) осуществляется Национальной приемочной комиссией. После того, как Национальная приемочная комиссия провела всестороннюю проверку и устранение выявленных дефектов и дефектов, она составила акт приемки котельной и ее зданий и сооружений [18].

## **5.2 Экологичность**

При эксплуатации котельной руководство предприятия должно обеспечить соблюдение требований законов и нормативных актов.

Во время эксплуатации котельной должны быть приняты меры по предотвращению или ограничению выбросов в атмосферу, сброса сточных вод в водные объекты и воздействия звукового давления в близлежащих районах на окружающую среду.

Количество загрязняющих веществ в воздухе не должно превышать предельно допустимых и временно согласованных норм сброса в атмосферу, а загрязняющие вещества должны сбрасываться в водные объекты:

- Технические требования к максимально допустимому разряду и воздействию шума;
- Стандарты звуковой мощности, установленные для котельных.

Каждая котельная должна иметь план действий по снижению вредных выбросов в атмосферу при особо неблагоприятных метеорологических условиях.

Для контроля выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду следует использовать портативный газоанализатор для непосредственного и регулярного измерения состава отходящего пласта за котлом в БМК.

Запрещается использовать котельные с горелочными устройствами, не обеспечивающими соответствие установленным гигиеническим нормам и экологическим требованиям.

### **5.3 Чрезвычайные ситуации**

#### **5.3.1 Пожарная безопасность в котельных**

В модульных и стационарных котельных, как и на любой электростанции, очень важна безопасность эксплуатации, в первую очередь пожарная безопасность.

Основные технические характеристики применяются на этапе проектирования. Здания и котельные относятся к классу Ф 5.1, а категория зданий пожарной безопасности установлена в соответствии с СП12.13130 [19].

Если в котельной предусмотрено наличие склада топлива, то он должен быть отделен от основного помещения котельной брандмауэром типа 1 с пределом огнестойкости не менее REI150 [19].

Внешняя закрытая конструкция должна содержать элементы, которые легко разбираются, а ее площадь должна составлять не менее 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>2</sup> помещения. В качестве этих элементов используется стекло окна, а использование стеклоблоков, закаленного стекла и стеклянных профилей для остекления окон не допускается. Если нет возможности использовать стеклянные окна, допускается использовать верхний этаж из стальных, алюминиевых и асбестоцементных плит, которые изолированы или обеспечивают взрывоопасный проход с внешними выбросами в качестве легко распыляемой конструкции.

Стены в котельной должны быть гладкими и покрыты светлыми негорючими покрытиями, а пол также должен быть сделан из негорючих материалов.

Оборудование в помещениях котельной с основным устройством

пожаротушения должно соответствовать требованиям, приведенным в СП 9.13130 [19].

Необходимость размещения автоматической пожарной сигнализации или автоматической системы пожаротушения в котельной определяется в соответствии с требованиями, приведенным в СП 5.13130 [19].

Перед вводом в эксплуатацию необходимо предусмотреть элементы инфраструктуры как важное условие поддержания пожарной безопасности.

Территория котельной должна содержаться в чистоте, а горючие отходы должны своевременно убираться. Вход и проход в котельную должны быть бесплатными, а лед и снег должны быть своевременно убраны, и должен быть обеспечен свободный проезд для пожарных машин. Территория рядом с котельной должна иметь наружное освещение.

Двери котельной должны быть открыты наружу, а двери офиса и дома должны быть открыты в котельную.

При выполнении работ по техническому обслуживанию в загрязненной среде запрещается использование электроинструментов.

Это не допускается во время работы котельной:

– работа персонала без специальной подготовки и соответствующих сертификатов; использовать в качестве топлива продукты, не указанные в технических условиях; работать в случае утечки из системы подачи топлива; поджигать котельную установку без предварительной очистки; работайте с неисправным или отключенным оборудованием контроля и управления.

При возникновении пожара необходимо немедленно уведомить пожарную службу по телефону, после чего следует принять меры по эвакуации персонала, тушению пожара и сохранению имущества.

### **5.3.2 Аварийный останов котла**

В случае аварийной остановки котла необходимо нажать кнопку «Аварийный останов котла». Убедитесь, что в топке котла нет пламени и что двойной электромагнитный клапан горелки закрыт (по свету индикаторных ламп на нескольких корпусах газовой рампы горелки).

Отключите звуковую сигнализацию на панели автоматизации котельной или на сенсорной панели оператора.

Верните газовый запорный клапан в исходное состояние [20]:

- кран на опуске газопровода к котлу - «закрыт»;
- кран свечи безопасности - «открыт»;
- шаровой кран перед блоком горелки - «закрыть»;

В соответствии с состоянием контрольной лампочки на панели котла и показаниями прибора определите причину аварийной остановки.

Запишите аварийную остановку котла и причину аварийной ситуации в журнал котельной.

Сообщите о фактах и причинах аварийной остановки котла в диспетчерскую службу организации, осуществляющей техническое обслуживание котельной.

### **5.3.3 Диспетчерская (аварийно-диспетчерская) служба**

Чтобы гарантировать, что БМК работает без частого присутствия обслуживающего персонала, организация предприятия должна иметь диспетчерскую (аварийно-диспетчерскую) службу (АДС) с дежурным персоналом 24/7.

Задачей АДС является [20]:

- Мониторинг состояния основного оборудования БМК с помощью сигнала на пульте диспетчера;
- Вызовите персонал, ответственный за эксплуатацию котельной, и обслуживающий персонал, ответственный за аварийное оборудование.;
- Журнал операций технического обслуживания.

Каждая диспетчерская и котельная должны иметь следующие документы [20]:

- Локальные инструкции по предотвращению и ликвидации аварий, планы ликвидации аварий на тепловых сетях и БМК;
- Положение о взаимодействии служб реагирования на чрезвычайные ситуации;

- Домашний адрес и номер телефона руководящего персонала компании, а также номер телефона службы экстренной помощи.

БМК должен иметь следующие технические документы (согласно перечню, утвержденному главным инженером предприятия) [20]:

- Тепловая схема БМК, в которой подробно отражено расположение устройств связи, управления и измерения;

- Режимная карта работы котла;

- Пояснительное описание, должно содержать допустимые параметры теплоносителя (давление, температура) каждого нагревателя, производительность котла и нагревателя, электропитание, насосы подачи и пополнения воды, химическую очистку воды, резервуары для хранения;

- График режимов работы отопительных и летних тепловых сетей (напряжение, температура, расход теплоносителя, давление в трубопроводе);

- План технического обслуживания БМК, текущий и капитальный ремонт; полный комплект инструкций по эксплуатации и инструктивных материалов, включая ПТЭ и ПТБ;

- Домашний адрес и номер телефона руководящего персонала компании, а также номер телефона экстренных и дежурных служб.

Ответственные переговоры и информация дежурного персонала предприятия, связанные с операциями, переключениями оборудования, изменениями режима, а также приказы и указания дежурных диспетчеров дежурному персоналу котельной и участка теплосети, должны быть занесены в журнал операций.

В протоколе должно быть указано время переговоров, должность и имя человека, который ведет с ними переговоры.

Во время ликвидации аварии распределение обязанностей между операторами, переключение, запуск и остановка оборудования должны регулироваться местными инструкциями.

Операторы, даже в присутствии административного и технического персонала, несут персональную ответственность за устранение правильности

действий во время аварии, принятие индивидуальных решений и принятие мер по восстановлению нормальной работы.

Перед началом работ по устранению аварий руководитель обязан убедиться в том, что приняты все меры по соблюдению правил техники безопасности.

Для устранения аварийного режима работы котельной теплоэлектрического предприятия необходимо [20]:

- Аварийная инвентаризация материалов и оборудования;
- Необходимые транспортные средства, подъемные и транспортные агентства, а также
- Землеройное оборудование;
- Средства связи и пожаротушения;
- Средства индивидуальной защиты;
- Переключите план и программу резервного устройства.

#### **5.3.4 Порядок ликвидации аварий в БМК**

При получении информации от диспетчера о закрытии запорного газового клапана в котельной ответственный за газовое хозяйство должен [20]:

- Проверьте, не сопровождается ли сигнал о закрытии газового клапана сигналом о загазованности котельной метаном или монооксидом углерода (СО);
- При отсутствии сигнала о загазованности пройдите в котельную и проверьте давление газа на выходе ГРУ (аварийное высокое давление зафиксировано на щитке пульта управления;
- Используйте кнопки на панели управления и сигнализации котельной (SCHUS), чтобы разомкнуть цепь управления запорным клапаном и подключить клапан;
- Сообщить о фактах в диспетчерскую службу организации, осуществляющей техническое обслуживание котельной, о причинах аварийного закрытия котельной и обо всех действиях, предпринятых в связи с

ЭТИМ.

Когда получен обобщенный сигнал тревоги котельной, он должен быть [20]:

- Войдите в котельную и используйте кнопки на панели управления и сигнализации котельной или панели оператора, чтобы отключить звуковой сигнал;
- Определите первопричину тревожного сигнала по свету, излучаемому лампами на щитке;
- Проверьте состояние оборудования или параметры котельной, которые вызвали тревогу;
- В случае аварийной остановки циркуляционного теплового насоса необходимо выбрать переключатель работающего теплового насоса на распределительном щите для переключения в положение, соответствующее текущему работающему насосу;
- Используйте соответствующую кнопку на защитной крышке, чтобы активировать аварийную блокировку;
- На блоке управления аварийным насосом переведите переключатель управления в положение "local" и используйте кнопки "Start" и "Stop", чтобы попытаться запустить насос и контролировать его работу с помощью манометра;
- Если имеется сигнал, предупреждающий о низком или высоком давлении воды в системе, сначала проверьте давление с помощью манометра;
- Если во время проверки давление в системе находится в пределах нормы, то необходимо попытаться определить причину изменения давления;
- При наличии тревожного сигнала низкого напряжения обратите внимание на работу автоматической системы подзарядки, особенно на электромагнитный клапан и реле давления;
- Реле давления можно проверить с помощью 3-ходовой декомпрессии. С помощью крана подпиточный клапан должен быть открыт;

- Работоспособность клапана можно проверить с экрана. Вы можете перевести переключатель управления клапаном пополнения на экране в положение "открыто" и использовать манометр для контроля увеличения давления в системе; если давление в системе не увеличивается (если давление при подаче воды выше давления в сети), необходимо проверить наличие пополняющего потока через прибор. Отсутствие потока указывает на то, что электромагнит клапана может выйти из строя, и клапан необходимо вручную подавать в систему через байпас;

- При аварийном высоком давлении, пожалуйста, обратите внимание на состояние клапана автоматической подзарядки (через лампочку на щитке) и проверьте реле давления, когда клапан открыт;

- Если появляется сигнал "температура в контуре котла ниже 60°C", сначала обратите внимание на состояние котла. Горелка перестает работать при низкой температуре теплоносителя на выходе из котла и соответствует всем другим условиям воспламенения. Это может быть вызвано низким давлением газа в передней части горелки, что легко определяется манометром при падении давления в котле; нормальная работа котла на максимальной мощности указывает на то, что необходимо ввести в эксплуатацию запасной котел;

- При появлении сигнала "температура воздуха в котельной ниже 5°C", прежде всего, убедитесь, что система приточной вентиляции работает нормально (работа вентилятора, циркуляция через нагреватель, откройте жалюзи впускного клапана), а затем проверьте охлаждающую жидкость на выходе из обогревателя;

- Запишите аварийную остановку и причину аварийной ситуации в журнал котельной;

- Сообщить о фактах в диспетчерскую службу организации, осуществляющей техническое обслуживание котельной, о причинах аварийного закрытия котельной и обо всех действиях, предпринятых в связи с этим.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе реализации выпускной квалификационной работы был проведен расчет БМК, и по результатам были приняты к установке два водогрейных котла «Термотехник ТТ 100- 1500», работающих на природном газе и имеющее резервное топливо дизель.

Был рассчитан расход газа, необходимый для удовлетворения заданной нагрузки, произведен тепловой расчет топки и дымохода котла, проверен тепловой баланс и выбрано вспомогательное оборудование. Для надежной и безопасной работы котла были применены автоматические схемы управления технологическим процессом и регулировки. В проекте отражены вопросы безопасности и охраны окружающей среды.

Принятое проектное решение позволяет полностью удовлетворить потребность в горячей воде и обеспечить бесперебойное и качественное теплоснабжение потребителей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушков, В. М. Введение в АСУ: учеб. пособие / В. М. Глушков. – 2-е изд., доп. – Киев : 1974. – 304 с.
2. Геонджиан, А. Ю. Блочно-модульные котельные «РЭМЭКС-ТТ»: инструкция по эксплуатации / А. Ю. Геонджиан, Б. Н. Серов – Черноголовка : 2015. – 57 с.
3. Граф, С. З. Автоматизация комплексная : рабочий проект / С. З. Граф. – Екатеринбург : 2012. –123с.
4. Володин, Ю. Г. Системы автоматизации технологических процессов в помощь курсовому и дипломному проектированию : учебное пособие ./ Ю.Г. Володин, О. П. Марфина. – Казань : 2018. – 44с.
5. Ефимов, В. И. Разработка резервного источника теплоснабжения газоперекачивающей станции : учеб. пособие / В. И. Ефимов. – Южно-Уральск : 2018. – 112 с.
6. Романенко, А. А. Горелки комбинированные газ-дизтопливо НР60 – НР72–НР65– НР73А : инструкция по монтажу эксплуатации и обслуживанию / А. А. Романенко. – Москва : 2019. – 86 с.
7. ЧИП и ДИП - интернет-магазин приборов и электронных компонентов : официальный сайт. – Москва, 2017. – URL: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения 21.04.2022).
8. Комплексные решения в управлении энергией и автоматизации : официальный сайт. – Москва, 2018. – URL: <https://www.schneider-electric.ru/ru> (дата обращения 21.04.2022).
9. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / И. Ф. Бородин, Н. М. Недилько. –Новгород : 1986. – 368 с.
10. Алексеев, С. Б. Микропроцессорные средства и системы АЭП: метод. Указания / С. Б. Алексеев, Ж. Ж. Тойгожинова. – Алматы : АУЭС, 2017. – 30 с.

11. Рудинский, И. Д. Технология проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления : учеб. пособие для вузов / И. Д. Рудинский. – Казань : 2011. – 41с.
12. Электротехнические изделия : официальный сайт. – Воронеж, 2019. – URL: <https://chint-electric.ru> (дата обращения 21.04.2022).
13. Программируемый контроллер S7-1200 : официальный сайт. – Москва, 2015. – URL: <https://www.siemens-ru.com> (дата обращения 15.04.2022).
14. Рудаков, В. А. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys / В. А. Рудаков, Э. К. Иванов // Труды Санкт-Петербургского государственного университета. – Санкт-Петербург, 2016. – Вып. 9. – С. 43.
15. Петров, И. В. Отладка прикладных ПЛК программ в CoDeSys : учеб. пособие / И. В. Петров. – Москва : 2019. – 77 с.
16. Брокарев, Л. Ж. Программируемые логические контроллеры, МЭК системы программирования и CoDeSys : учеб. пособие / Л. Ж. Брокарев – Томск : 2018. – 59 с.
17. Аронов, И. З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа : учеб. пособие / И. З. Аронов. – Недра : 1990. – 280 с.
18. Богунов, Д. А. Модернизация водогрейной котельной путем замены котлов : учеб. пособие / Д. А. Богунов. – Кострома : 2014. – 79 с.
19. Аронов, И. З.. О повышении надежности работы газового тракта котельных с контактными экономайзерами : учеб. пособие / И. З. Аронов. – Недра : 1969. – 164 с.
20. Василенко, Г. В. О некоторых показателях качества котловой воды барабанных котлов высокого давления : учеб. пособие / Г. В. Василенко. – Москва : 2013. – 119 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Листинг программы.

```
PROGRAM automatic
VAR
state:BYTE; (*0 - ручное управление,1-автоматический режим*)
END_VAR
g_temp_ref:=95;
n_temp_ref:=70;
g_dav_ref:=0.34;
n_dav_ref:=0.4;
CASE state OF
0:
IF auto THEN
state:=1;
ELSIF start_process THEN
IF (g_temp_ref-g_temp)>0 THEN
flame_up_from_scada:=TRUE;
flame_start_from_scada:=FALSE;
END_IF
IF (g_dav_ref-g_dav)>0 THEN
flame_up_from_scada:=TRUE;
flame_start_from_scada:=FALSE;
Продолжение приложения А
flame_start_from_scada:=FALSE;
END_IF
IF (g_temp_ref-g_temp)<0 THEN
flame_start_from_scada:=TRUE;
flame_up_from_scada:=FALSE;
```

```
END_IF
IF (g_dav_ref-g_dav)<0 THEN
flame_start_from_scada:=TRUE;
flame_up_from_scada:=FALSE;
END_IF
```

```
IF (n_temp_ref-n_temp)>0 THEN
nas_start_from_scada:=TRUE;
nas_stop_from_scada:=FALSE;
END_IF
```

```
IF (n_dav_ref-n_dav)>0 THEN
nas_start_from_scada:=TRUE;
nas_stop_from_scada:=FALSE;
END_IF
```

```
IF (n_temp_ref-n_temp)<0 THEN
nas_start_from_scada:=FALSE;
nas_stop_from_scada:=TRUE;
END_IF
```

```
IF (n_dav_ref-n_dav)<0 THEN
nas_start_from_scada:=FALSE;
nas_stop_from_scada:=TRUE;
END_IF
```

```
END_IF
```

```
1:
```

```
IF NOT auto THEN
```

```
    state:=0;
```

```
ELSIF start_process THEN
```

```
IF (g_temp_ref-g_temp)>0 THEN
    flame_up:=TRUE;
```

```

        flame_start:=FALSE;
    END_IF
    IF (g_dav_ref-g_dav)>0 THEN
        flame_up:=TRUE;
        flame_start:=FALSE;
    END_IF

    IF (g_temp_ref-g_temp)<0 THEN
        flame_start:=TRUE;
        flame_up:=FALSE;
    END_IF
    IF (g_dav_ref-g_dav)<0 THEN
        flame_start:=TRUE;
        flame_up:=FALSE;
    END_IF

    IF flame_alarm THEN
        flame_start:=FALSE;
        flame_up:=FALSE;
    END_IF

    IF (n_temp_ref-n_temp)>0 THEN
        nas_start:=TRUE;
        nas_stop:=FALSE;
    END_IF
    IF (n_dav_ref-n_dav)>0 THEN
        nas_start:=TRUE;
        nas_stop:=FALSE;
    END_IF

```

```

IF (n_temp_ref-n_temp)<0 THEN
nas_start:=FALSE;
nas_stop:=TRUE;
END_IF

IF (n_dav_ref-n_dav)<0 THEN
nas_start:=FALSE;
nas_stop:=TRUE;
END_IF

IF nas_alarm THEN
nas_start:=FALSE;
nas_stop:=FALSE;
END_IF

END_IF

END_CASE

```

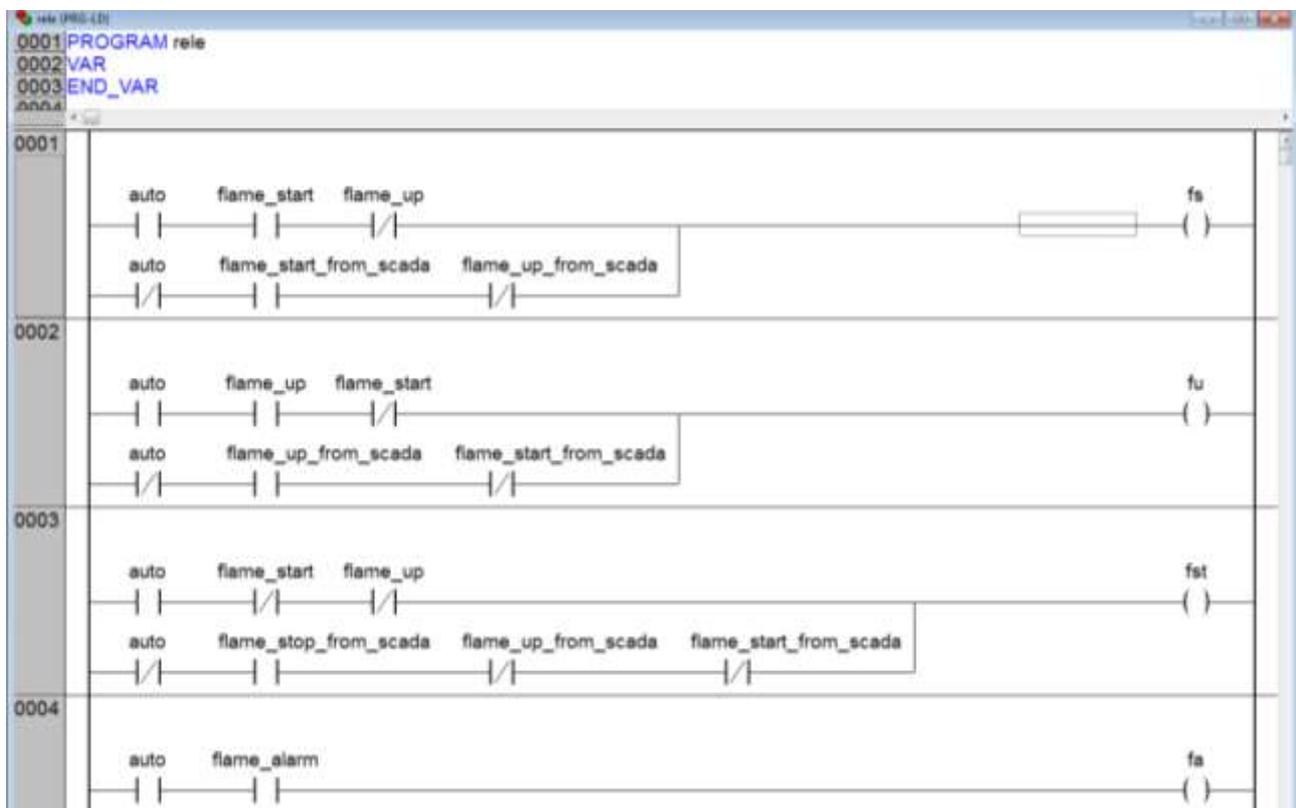


Рисунок А.1 – Программа на языке LD



Рисунок А.2 – Продолжение программы на языке LD

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Научная статья

*Технические науки. Электротехника. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. Энергетика*

УДК 697.3:62-52

EDN WKTJDG

#### **Автоматизация блочно-модульной водогрейной котельной**

**Елена Витальевна Пушко**<sup>1</sup>, студент бакалавриата

**Марина Андреевна Травникова**<sup>2</sup>, студент бакалавриата

**Научный руководитель – Андрей Николаевич Рыбальев**, кандидат технических наук, доцент Амурского государственного университета, Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [pushko.e.v@mail.ru](mailto:pushko.e.v@mail.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты разработки системы автоматизации технологического процесса блочно-модульной водогрейной котельной. Проведён анализ технической документации. Осуществлён выбор средств автоматизации.

**Ключевые слова:** блочно-модульная водогрейная котельная, технологический процесс, система автоматизации

#### **Automation of a block-modular hot water boiler**

**Elena V. Pushko**<sup>1</sup>, Undergraduate Student

**Marina A. Travnikova**<sup>2</sup>, Undergraduate Student

**Scientific advisor – Andrey N. Rybalyov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [pushko.e.v@mail.ru](mailto:pushko.e.v@mail.ru)

**Abstract.** The results of the development of a process automation system for a block-modular hot-water boiler are presented. The analysis of technical documentation is carried out. The choice of automation tools has been made.

**Keywords:** block-modular hot-water boiler, technological process, automation system

Блочно-модульная котельная представляет собой автономное сооружение, поставляемое на объект в виде транспортабельных блоков. Внутри сооруженного корпуса размещаются технологическое оборудование котельной и трубопроводная система. В перечень оборудования включаются:

- 1) водогрейные котлы с горелочными устройствами;
- 2) система подачи основного и резервного топлива;
- 3) система водоподготовки (системы фильтров и химической обработки и умягчения воды);
- 4) насосы, необходимые для обеспечения независимой работы контуров отопления и горячей воды;
- 5) система теплообменников;
- 6) системы управления электрооборудованием и обеспечения безопасности (щиты электропитания, датчики, контроллеры и др.);
- 7) пожарная и охранная сигнализации, узлы учёта тепла и топлива, системы освещения, отопления, приточно-вытяжной вентиляции, сантехнический узел.

Система автоматизации обеспечивает непрерывный мониторинг технологического оборудования котельной, предоставляет визуальное отображение мнемосхем технологического процесса в реальном масштабе времени, отображает характеристики гидравлических и тепловых режимов функционирования котельной в виде отчётов и графиков.

Система автоматизации котловой автоматики обеспечивает регулирование температуры обратной котловой воды перед котлом посредством управления циркуляционным насосом в зависимости от температуры обратной котловой воды, а также контроль технологических параметров, в том числе давления газа и воздуха перед горелкой. Помимо этого

## Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Б

*Молодёжь XXI века: шаг в будущее.*

*Материалы XXIII региональной научно-практической конференции*

система обеспечивает закрытие быстродействующих клапанов газообразного топлива к горелке и отсечных клапанов дизельного топлива; выдачу аварийной световой и звуковой сигнализации при срабатывании автоматических защит от понижения и повышения давления топлива, погасания пламени горелки, повышения температуры отходящих газов, повышения температуры и давления прямой котловой воды и в других аварийных ситуациях.

Система автоматизации общекотельной автоматики обеспечивает работу следующих контуров управления и автоматического регулирования:

1) каскадное управление водогрейными котлами в зависимости от температуры прямой сетевой воды в подающем трубопроводе теплосети;

2) регулирование температуры прямой сетевой воды в подающем трубопроводе теплосети посредством управления трёхходовым клапаном в зависимости от температуры прямой сетевой воды в подающем трубопроводе теплосети и температуры наружного воздуха;

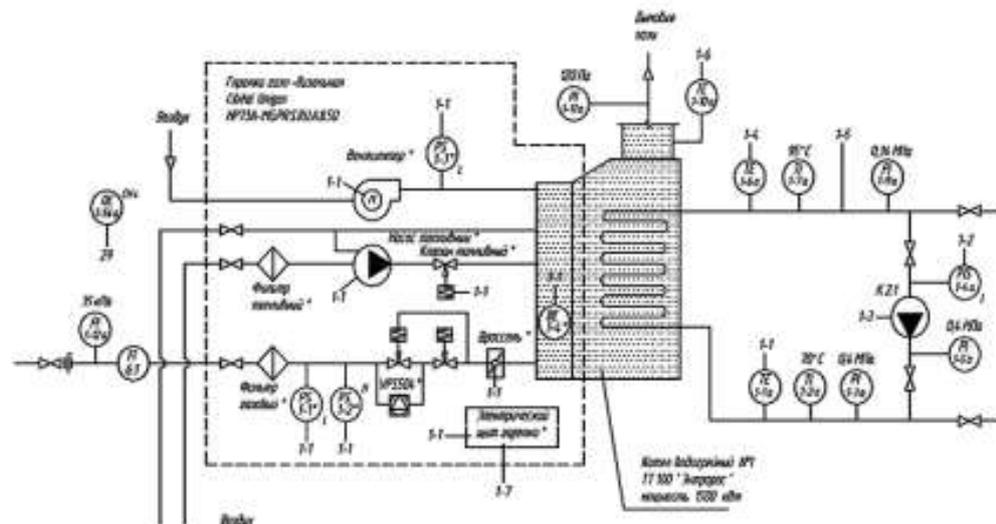
3) регулирование температуры горячего водоснабжения посредством управления трёхходовым клапаном в зависимости от температуры воды в подающем трубопроводе.

4) управление клапаном подпитки сетевого контура в зависимости от давления обратной сетевой воды в обратном трубопроводе теплосети;

5) регулирование подпитки горячего водоснабжения посредством управления двухходовым клапаном в зависимости от давления воды в подающем трубопроводе системы водоснабжения;

6) управление частотными приводами повысительных насосов контура горячего водоснабжения в зависимости от давления воды в подающем трубопроводе водоснабжения.

На рисунке 1 показан фрагмент схемы автоматизации котельной, относящийся к котловой автоматике.



**Рисунок 1 – Фрагмент схемы автоматизации котельной**

В настоящее время нами разрабатываются принципиальные электрические схемы соединений. Планируется разработка программного симулятора системы управления.

© Пушко Е. В., Травникова М. А., 2022

Блочно-модульная водогрейной котельная МВКУ-3,0ГД



Фильтр стальной фланцевый DN40 IS16FSS «ADL»



Насос контура ГВС Wilo 40/140-2.2/2



Установка умягчения воды непрерывного действия TS 90-14



Счетчик для дизельного топлива VZO 20FL130/25-RV1



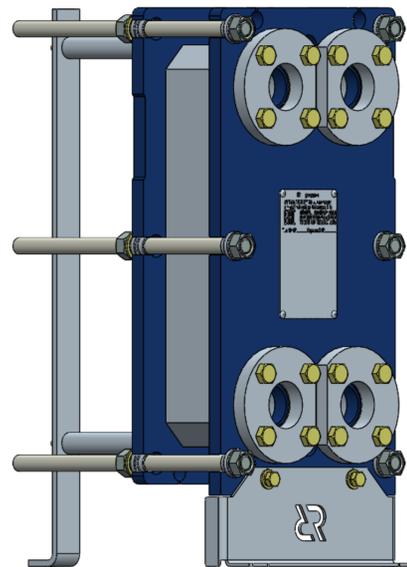
Насос контура теплосети Wilo IL65/170-11/2



Фильтр газовый с индикатором перепада давления FGM50MD00 DN50



Водоводяной теплообменник ГВС НН №7А «Ридан»



Счетчик расхода газа СГ 16 МП-250 Ду 80



Насос исходной воды WIL0 MHI 1603



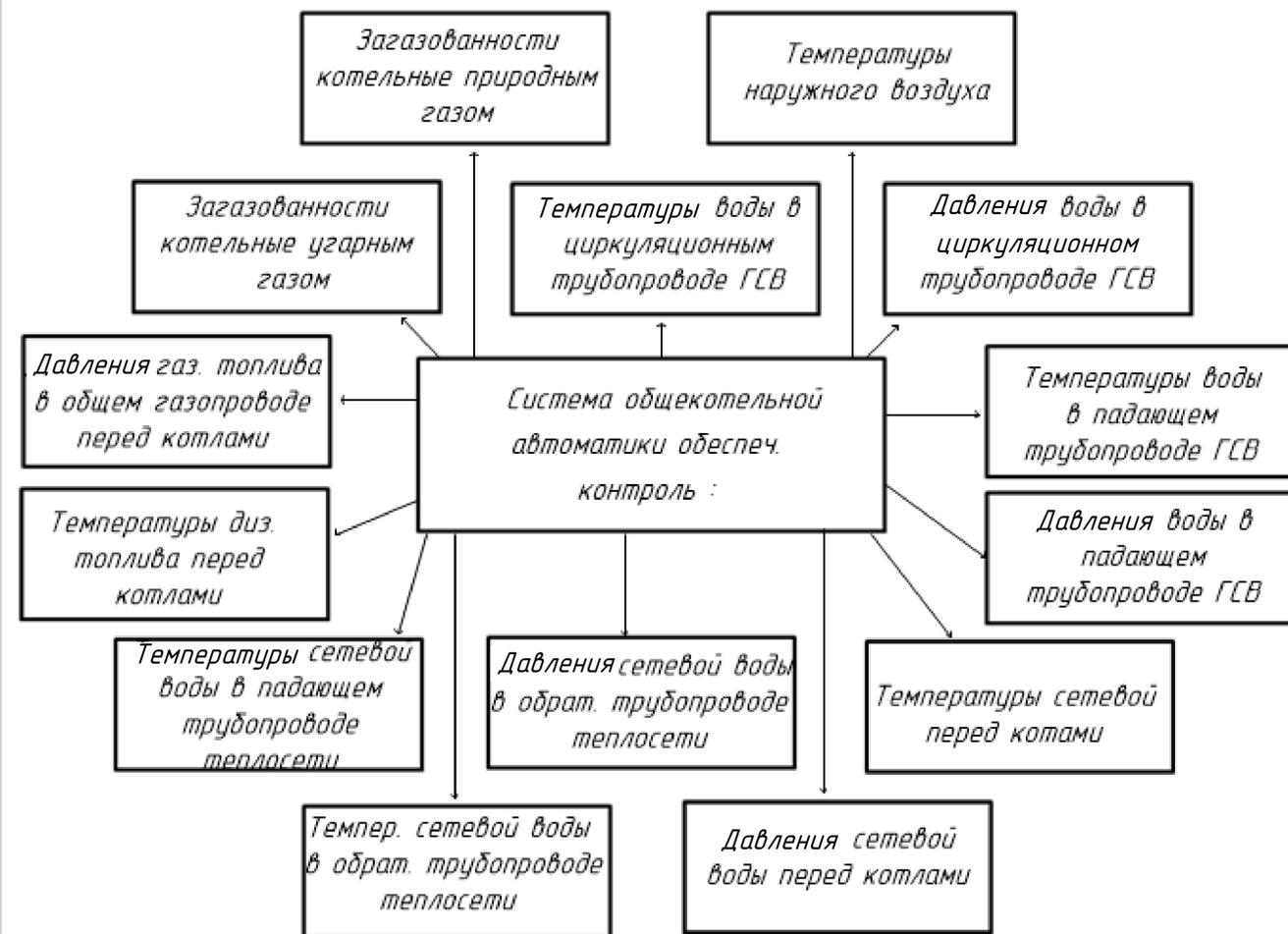
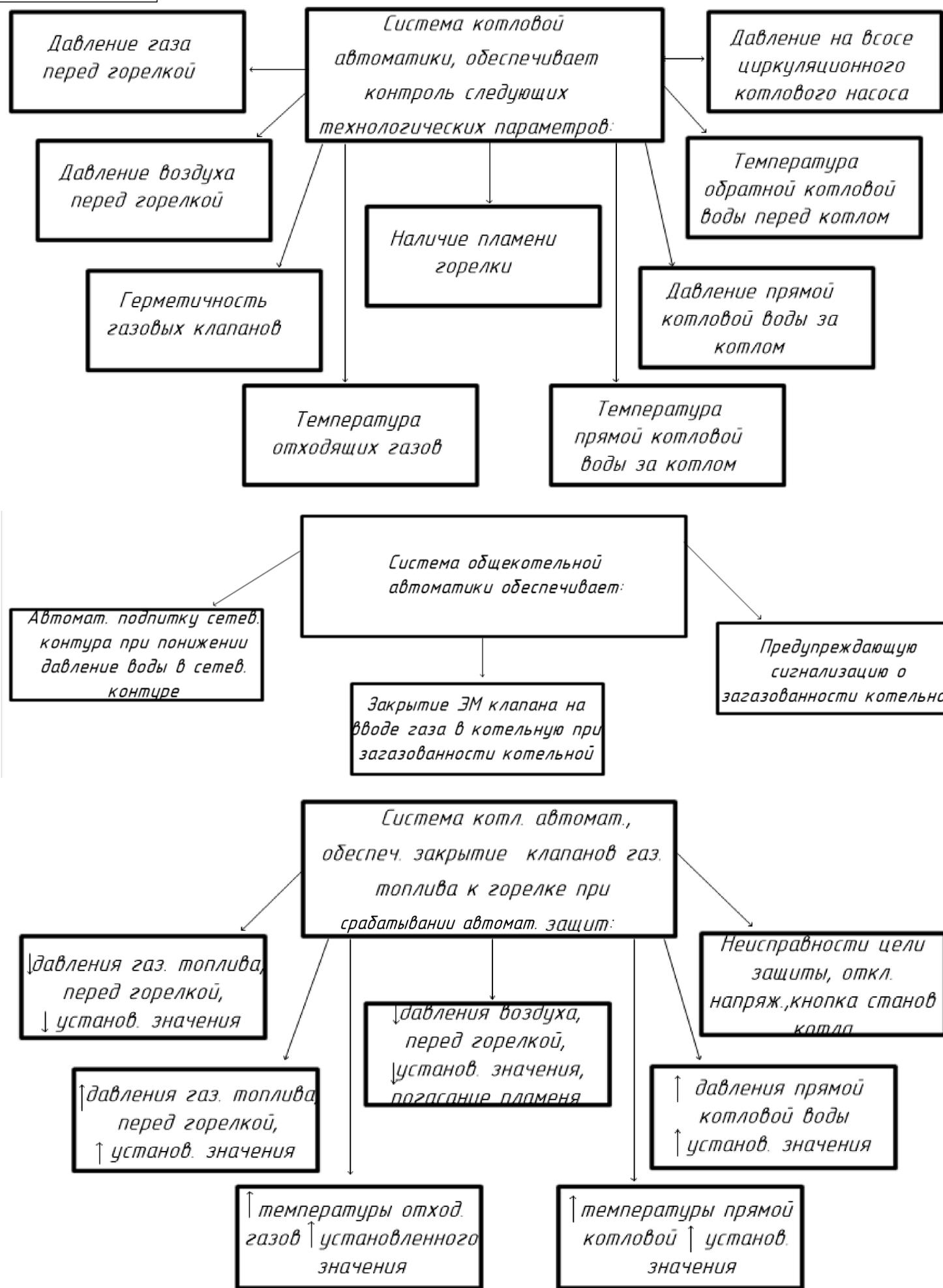
Насос циркуляционный ГВС WIL0 MHI 1604



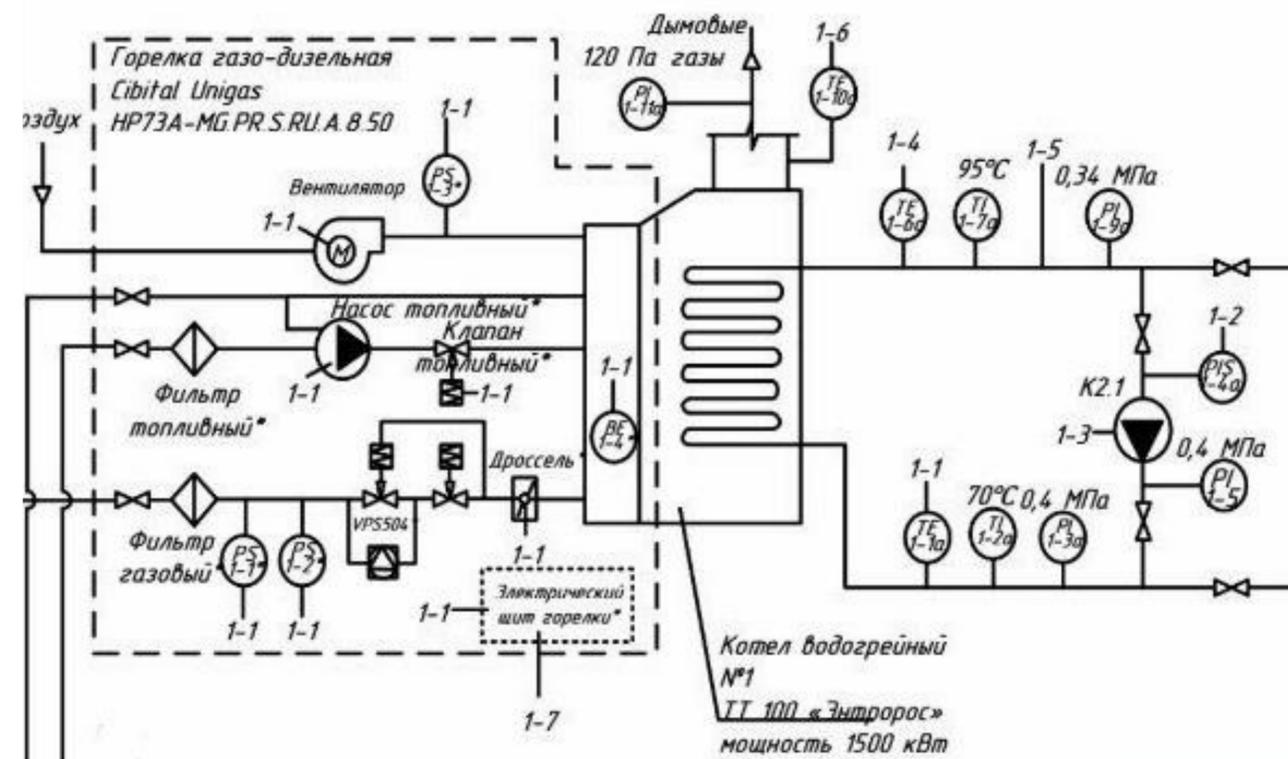
Фильтр фланцевый магнитно сетчатый «KBO АРМ»



				ВКР 184.016.15.03.04Сх			
Изм.	Лист	№ Док.	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масштаб
			Пышко Е.В.		Д		
Разработал			Рыбалов А.Н.				
Проверил			Рыбалов А.Н.				
Т.Контр.			Рыбалов А.Н.				
Н.Контр.			Скрипко О.В.				
Утвердил			Скрипко О.В.				
Основные сведения о блочно-модульной водогрейной котельной МВКУ-3,0ГД					Лист 1	Листов 6	
					Автоматизированные системы управления технологическими процессами блочно-модульной водогрейной котельной		

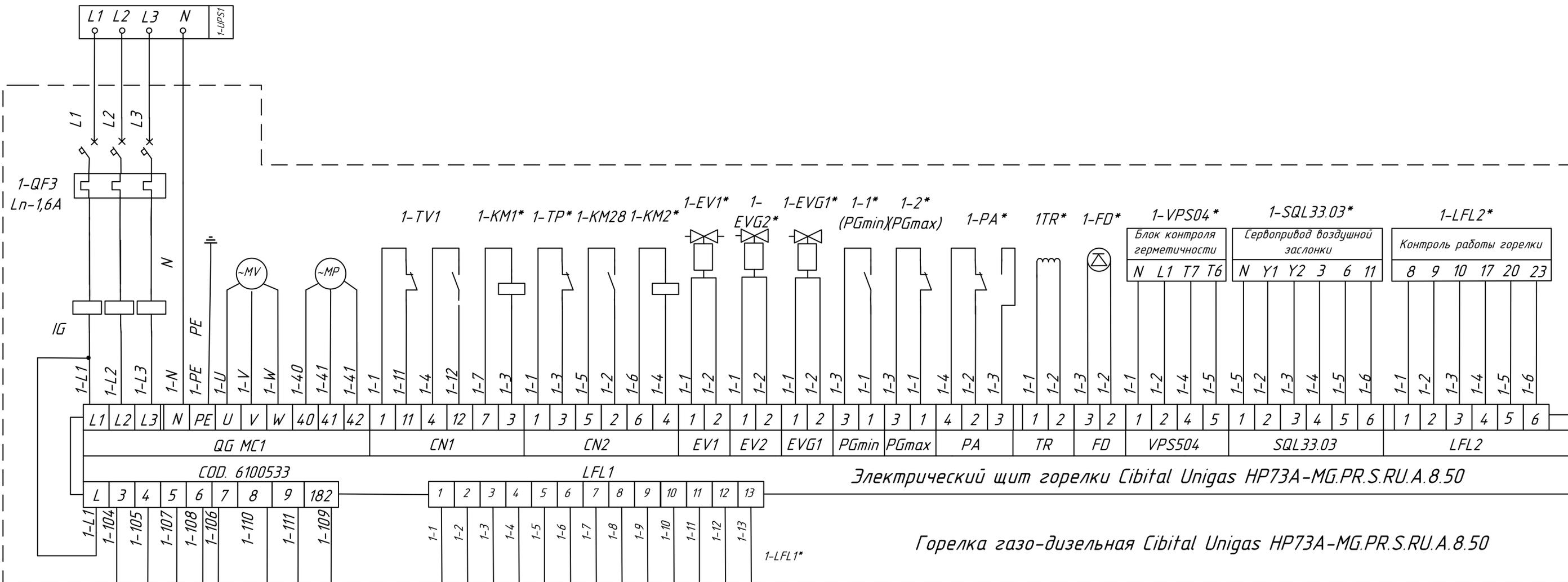


Функциональная схема котловой автоматики



				ВКР.184.016.15.03.04.Сх		
Изм.	Лист	№Докум.	Подпись	Дата	Задача автоматики.	Литера
					Функциональная схема котловой автоматики	Д
Разработал	Рыбаев Е.В.					
Проверил	Рыбаев А.Н.					
Т. Контр.	Рыбаев А.Н.					
Н. Контр.	Скрипко О.В.				Автоматизированные системы управления технологическими процессами	АМГУ
Утвердил	Скрипко О.В.				включно-модульной водогрейной котельной	Кафедра АПТиЭ

Наименование параметра	Ввод питания 3N PE ~50Гц 380В	Двигатель вентилятора	Двигатель насоса дизельного топлива	Управление вентилятором	Управление насосом дизельного топлива	Упр-ие первым газовым клапаном	Упр-ие вторым газовым клапаном	Упр-ие клапаном диз. топлива	Защита горелки			Упр. трансфор. зажигания	Контроль пламени	Опрессовка газовых клапанов	Управление сервопривод воздушной заслонки	Контроль состояния горелки
									Понижение давления газа	Повышение давления газа	Понижение давления воздуха					



Наименование параметра	Цель зашит, блокровок	Регулир. Нагрузки горелки		Неисправ. горелки	Неиспр. опрессовки
		Меньше	Больше		

24	3	1	16	6	13	12	21	14	5	4	18	2
Контроль работы горелки												

Контроль состояния горелки												
----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

				ВКР.164.010.150304.Сх		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	
Разраб.	Лышко Е.В.				д	
Проверил	Рыбалов А.Н.					
Т.Контр	Рыбалов А.Н.				Лист 3	Листов 6
Н.Контр	Скрипко О.В.				АМГУ	
Утвержда	Скрипко О.В.				Кафедра АППиЭ	

Схема управления щита электрогорелкой котла.  
 Автоматизированные системы управления технологическими процессами блочно-модульной водогрейной котельной

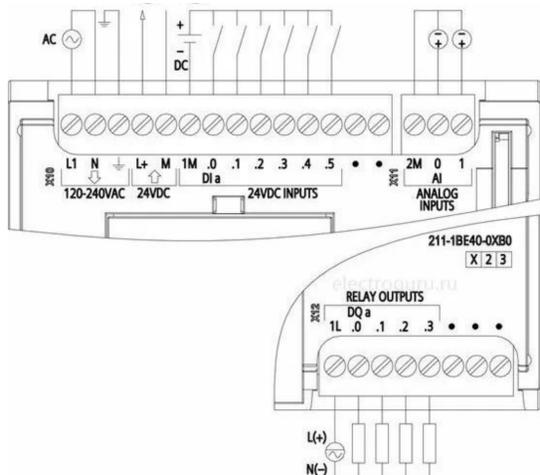
ПЛК SIMATIC S7-1200



Технические характеристики ПЛК SIMATIC S7-1200

Степень защиты	IP20
Диапазон температур:	
рабочий (влажность 95%)	0 ... 55 °C
горизонтальная установка	0 ... 45 °C
вертикальная установка	-40 ... 70 °C
транспортировки и хранения	
при влажности 95%	-25 ... 55 °C
Испытательное напряжение изоляции:	
цепи =5/ 24 В	~500 В
цепи ~115/230 по отношению к земле	~1500 В
цепи ~115/230 В по отношению к цепям ~115/230 В	~1500 В
цепи ~230 по отношению к цепям =5/24 В	~1500 В
цепи ~115 В по отношению к цепям =5/24 В	~1500 В

Схема подключения программируемого контроллера Simatic S7-1200, CPU 1211C



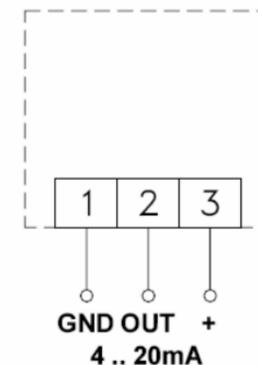
Технические характеристики внешнего сенсора загазованности на CO

Степень защиты	IP54
Взрывозащита	Нет
Выходные сигналы	4-20 мА
Порог срабатывания	0 - 50 %
Максимальное расстояние до блока питания, контроля и управления	500 м
Время отклика датчика SGY MEO V4NC	< 60 сек

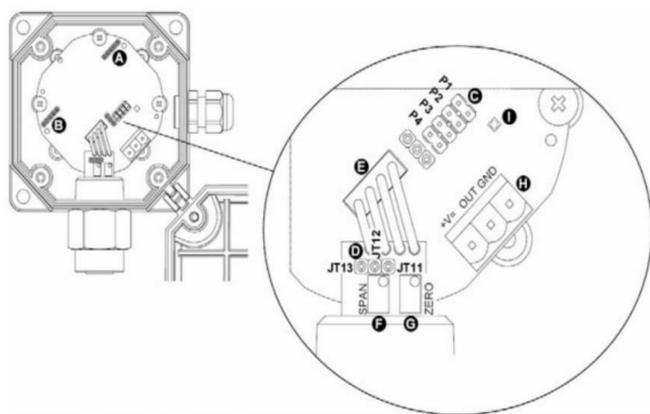
Внешний сенсор загазованности на CO SGY COO V4NC



Электрические соединения сенсора загазованности на CO SGY COO V4NC



Внутренняя структура датчика SGY MEO V4NC



Блок питания и сигнализации RGY000MBP4



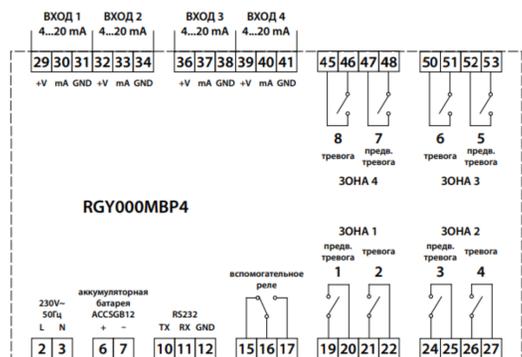
Внешний сенсор загазованности на CH4 SGY MEO V4NC



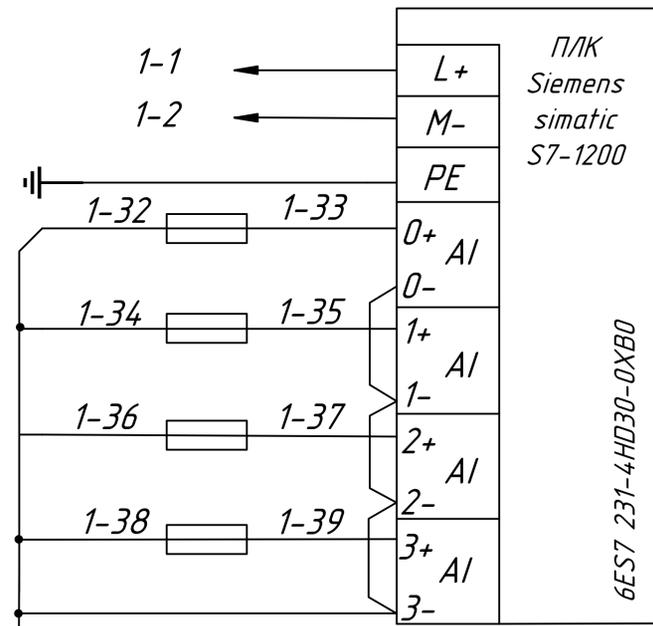
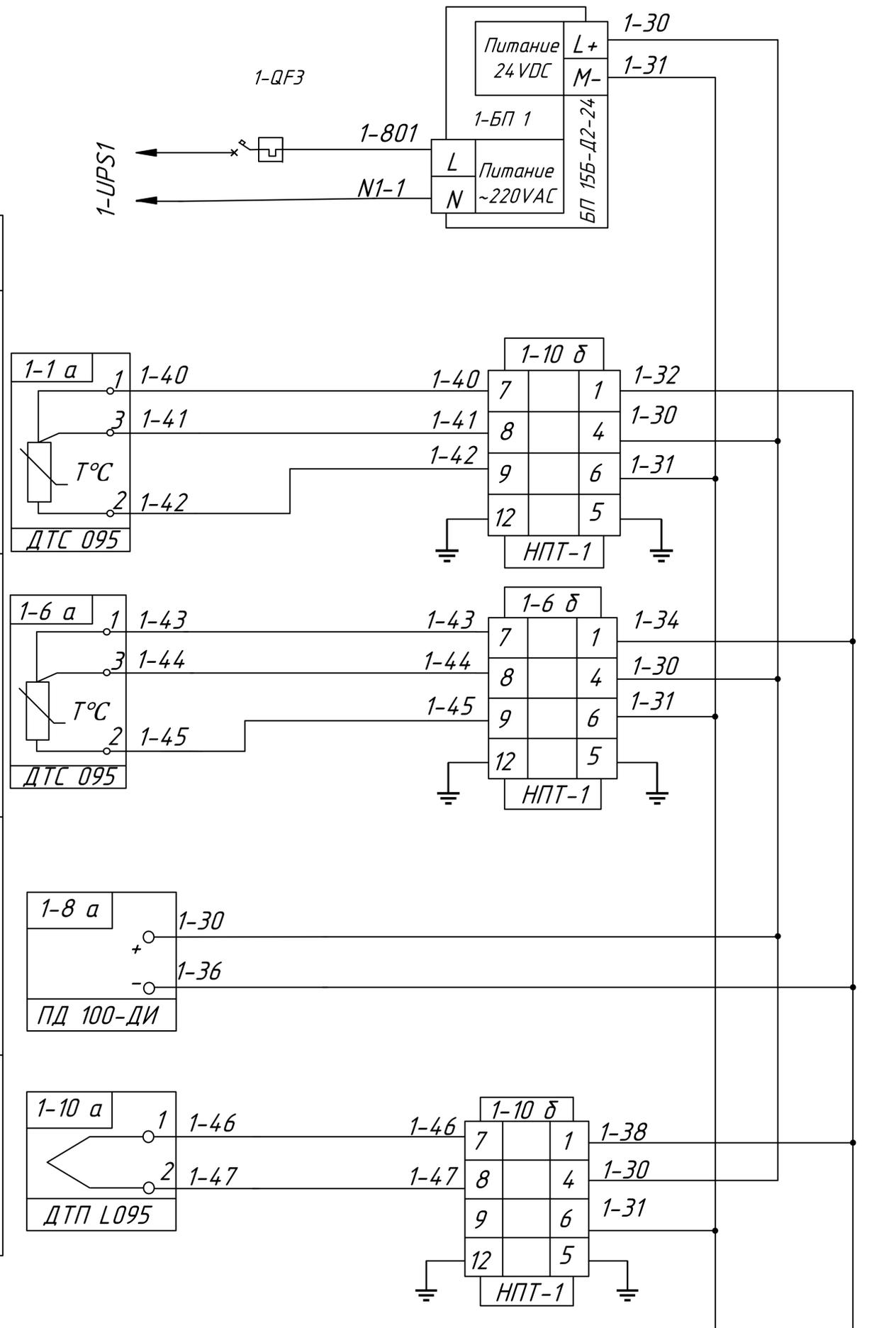
Технические характеристики блока питания и сигнализации RGY000MBP4

Степень защиты	IP30
Диапазон измерений до взрывоопасных концентраций метана	0 ... 50 %
Диапазон измерений объемной доли оксида углерода	0 ... 500 млн <sup>-1</sup>
Пределы допускаемой основной погрешности приведенной, по каналу метана, оксида углерода	±10 %
Расстояние до сенсора	2,50 мм <sup>2</sup> - 500 м
Зеленый сигнал	Нормальная работа
Желтый сигнал мигающий	неисправность сенсора, неисправность линии
Красный сигнал	основная тревога
Красный сигнал мигающий	предварит. тревога

Электрически е соединения блока питания и сигнализации RGY000MBP4



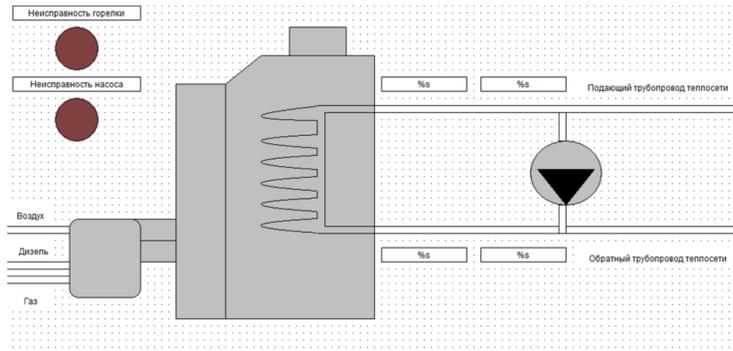
Поз.Обзн.	Наименование	Кол-во	Примечание
A	Разъемы для панели реле	1	
B	Разъемы для интерфейса шины	1	
C	Разъемы для установки памяти	1	
D	Разъем для калибровки	1	
E	Разъем для связи взаимозаменяемог о датчика и электронной платы	1	
F	Калибровка параметра SPAN (диапазон)	1	
G	Регулятор для калибровки параметра ZERO (нуль)	1	
H	Светодиод состояния датчика	1	
I	Светодиод состояния преобразоват еля	1	



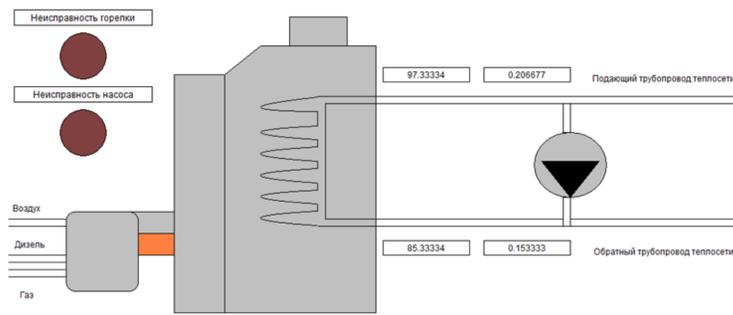
Поз. обозн.	Наименование средств измерений	Кол-во	Примечание
<i>Приборы по месту:</i>			
1-1а	Термопреобразователь сопротивления	2	
1-6а	медный ДТС 095-100 М.В. 3.80		
1-8а	Преобразователь избыточного давления ОВЕН ПД 100-ДИ 0,6М -0,5.И.42	1	
1-10а	Преобразователь термоэлектрический платиновый ДТП L095-0100.250	1	
<i>Приборы в шкафу управления котлом № 1</i>			
1-А11	Модуль аналогового ввода SM 1231 6ES7 231-4HD30-0XB0	1	
1-БП 1	Блок питания БП 15 Б-Д2-24 ток нагрузки 0,63А	1	
1-1б; 6б; 1-10б	Преобразователь температуры измерительный НПТ -1.00.1.1	3	
1-FU1... 1-FU4	Предохранитель стеклянный 0,032А, 5×20мм, S-500-32-R	4	
1-Х3	Клеммный модуль для вставки предохранителя ST 4-NESI (5×20) арт. №3036369	4	
1-Х3	Проходная клемма, пружинная, серая, ST 1,5 арт. №3031076	9	
1-QF3	Автоматический выключатель		

Наименование параметра
Контроль температуры обратной воды перед котлом
Контроль температуры прямой воды за котлом
Контроль давления прямой воды за котлом
Контроль температуры уходящих дымовых газов

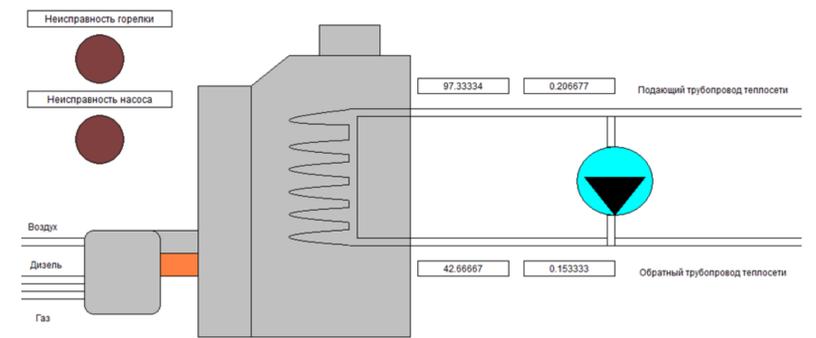
Внешний вид визуализации котельной автоматики в CodeSys



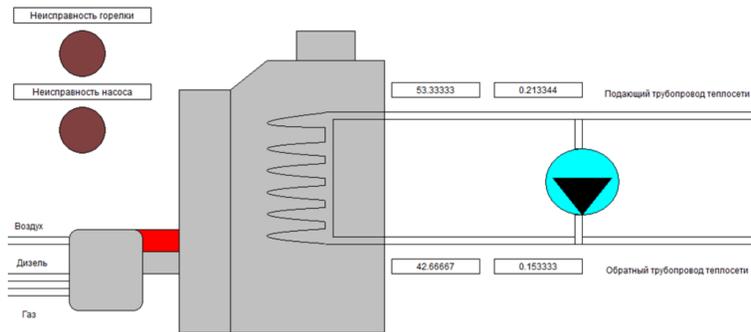
Внешний вид визуализации со значениями  
 $T_{об.воды}=85,334; T_{прям.воды}=97,334; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,20667$



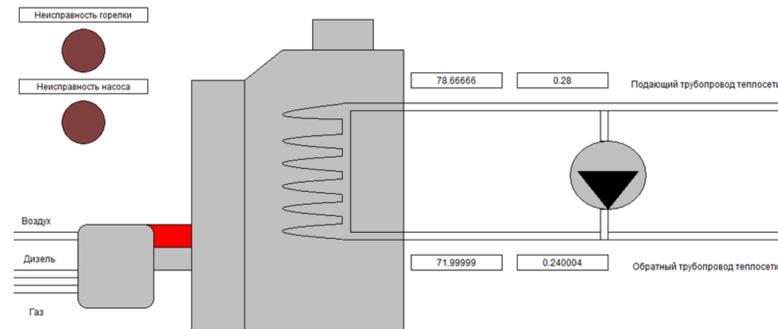
Внешний вид визуализации со значениями  
 $T_{об.воды}=42,667; T_{прям.воды}=97,334; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,20667$



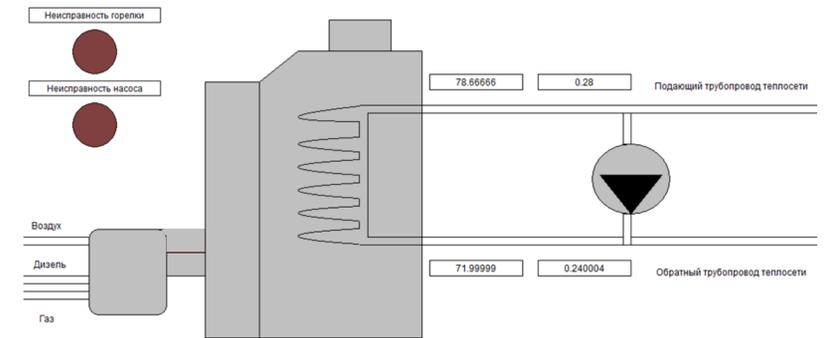
Внешний вид визуализации со значениями  
 $T_{об.воды}=42,667; T_{прям.воды}=53,33; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,21334$



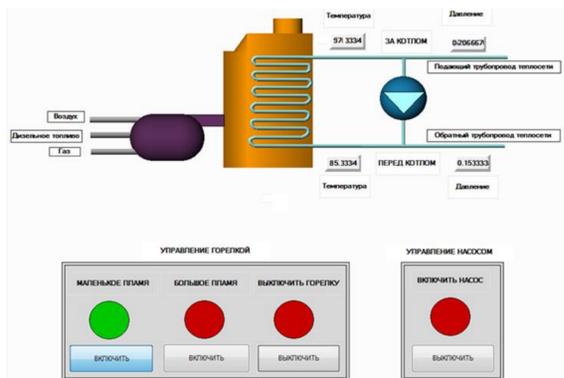
Внешний вид визуализации со значениями  
 $T_{об.воды}=71,99; T_{прям.воды}=78,66; P_{об.воды}=0,24; P_{прям.воды}=0,28$



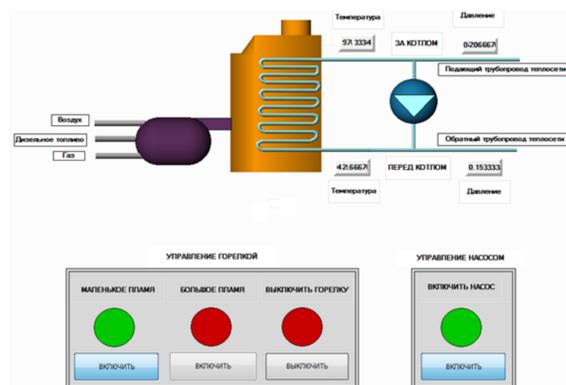
Внешний вид визуализации с выключенной горелкой



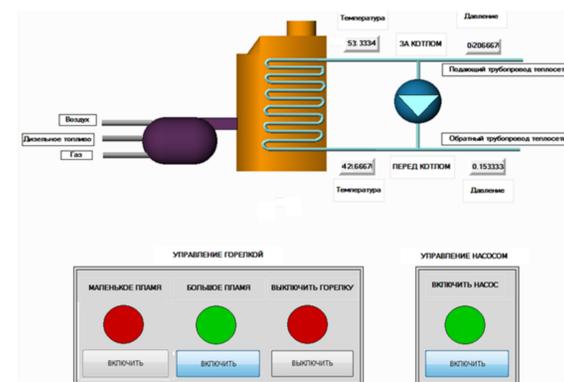
Внешний вид визуализации TraseMode при установке связи с CodeSys со значениями  
 $T_{об.воды}=85,334; T_{прям.воды}=97,334; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,20667$



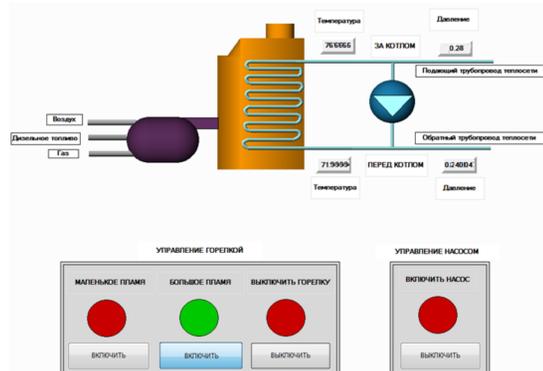
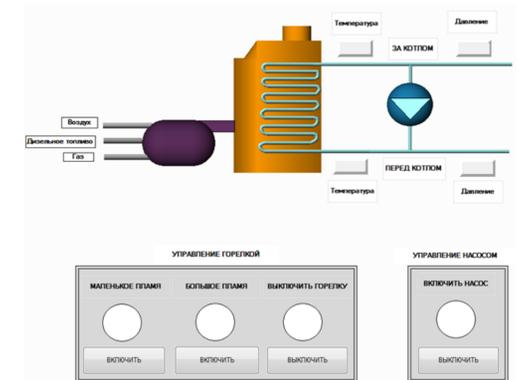
Внешний вид визуализации TraseMode при установке связи с CodeSys со значениями  
 $T_{об.воды}=42,667; T_{прям.воды}=97,334; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,20667$



Внешний вид визуализации TraseMode при установке связи с CodeSys со значениями  
 $T_{об.воды}=42,667; T_{прям.воды}=53,33; P_{об.воды}=0,153; P_{прям.воды}=0,21334$



Внешний вид визуализации TraseMode



Внешний вид визуализации TraseMode при установке связи с CodeSys со значениями:  
 $T_{об.воды}=71,99; T_{прям.воды}=78,66; P_{об.воды}=0,24; P_{прям.воды}=0,28$

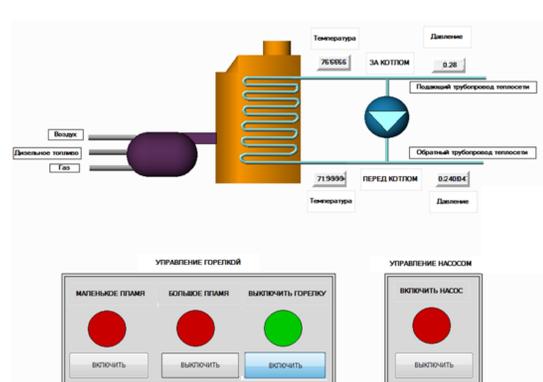
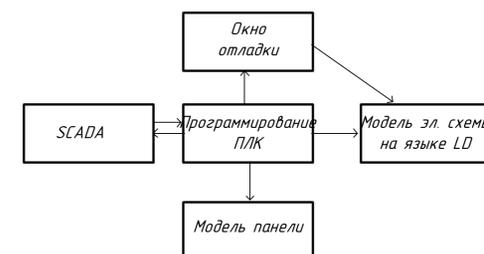
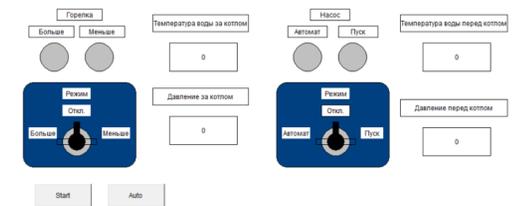


Схема передачи данных в ПО

Внешний вид визуализации TraseMode при установке связи с CodeSys с выключенной горелкой



Пульт управления диспетчера в CodeSys



				ВКР.184.016.15.03.04.Сх			
Изм.	Лист	№Докум.	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разработал		Лычко Е.В.					
Проверил		Рыбалов А.Н.					
Т.Контр.		Рыбалов А.Н.					
Н.Контр.		Скрипко О.В.					
Утвердил		Скрипко О.В.					
					Проверка ручного режима разработанного ПО		
					Автоматизированные системы управления технологическими процессами вечно-модульной бойлерной котельной		
					Лист 5		Листов 6
					АМГУ		Кафедра АППиЭ