

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)

Политехнический институт: заочный  
Кафедра «Системы автоматического управления»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В. И. Ширяев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Система автоматического управления котлом КВ-5/115 в котельной заводской  
зоны города Миньяра

ПОЯНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–27.03.04.2017.066.00 ПЗ ВКР

Руководитель проекта (должность)  
(к.т.н., доцент)

\_\_\_\_\_ Н. В. Плотникова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта  
студент группы

\_\_\_\_\_ А. Ф. Газизова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер (должность)  
(к.т.н., доцент)

\_\_\_\_\_ Н. В. Плотникова

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ЧАСТЬ 1 .....	9
1.1. Описание отопительной котельной заводской зоны города Миньяра.....	9
1.1.1. Общие сведения .....	9
1.1.2. Пароводяной тракт котельного агрегата.....	11
1.1.3. Вспомогательное оборудование котельных агрегатов.....	12
1.1.4. Характеристика котельной.....	13
1.2. Характеристика существующей АСУ котельной .....	14
1.3. Алгоритмы автоматики безопасности.....	17
1.4. Выявленные проблемы системы управления технологическим процессом..	18
1.5. Разработка системы автоматического управления котлом.....	20
1.6. Существующий метод решения поставленной задачи.....	22
2. ЧАСТЬ 2.....	23
2.1. Описание технологического процесса производства тепловой энергии.....	23
2.2. Характеристики состава и качество атмосферного воздуха .....	26
2.3. Котельные установки .....	26
2.4. Характеристики топлива .....	27
2.5. Работа котла КВ-5/115.....	28
2.6. Приемка и сдача смены персоналом.....	39
2.7. Особенности эксплуатации водогрейных котлов .....	39
2.8. Классификация приборов .....	40
2.9. Исходные данные из электротехники .....	43
2.10. Тепловой баланс котельного агрегата.....	45
3. ЧАСТЬ 3.....	47
3.1. Разработка схемы функционирования.....	47
3.1.1. Описание схемы функционирования.....	47
3.1.2. Описание модели математическим способом.....	47
3.1.3. Схема параметров настройки.....	48
3.2. Разработка принципа работы котла КВ-5/115 .....	49
3.2.1. Описание алгоритма .....	49
3.2.2. Применяемые стандартные механизмы .....	50
3.3. Техническое обеспечение: обоснование и выбор .....	57
3.3.1. Регулирующий микропроцессорный контролер Ремиконт .....	57
3.4. Преобразователь частотный .....	65
3.5. Порядок выбора адаптера связи контроллера и ПК .....	68
3.6. Информационное обеспечение и его разработка .....	68
3.6.1. Информационное обеспечение на базе ППП СКАТ-Х и его разработка .....	68
3.7. Выбор и описание системного и математического обеспечения .....	74

					27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

3.7.1. ППП СКАТ-Х.....	74
3.7.2. Система автоматизации и проектирования АСУ ТП TRACE MODE .....	80
3.7.3. Обоснование выбора математического и системного обеспечения.....	81
3.8. Программное обеспечение на базе ППП СКАТ-Х.....	82
3.9. Создание организационного обеспечения .....	84
3.10. Определение научно-технической степени программируемой системы .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	87

					27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Системная автоматизация управления технологическими процессами производства является важнейшим стратегическим направлением развития экономики. В связи с созданием современных материалов и технологий, автоматизация технологических процессов производства является главным направлением производственного развития.

Типы производственной жизнедеятельности, в которых применяются технологии по изменению первоначального сырья для получения конечного продукта производства, принято именовать технологическим циклом.

Компьютеризация такого цикла предполагает корректирование температуры, расхода газа, тепловой энергии, давления. Управление происходит посредством современных систем измерения параметров, обработки данных, контроля и модернизации режимов процесса.

Компьютеризация технологических процессов значительно повышает эффективность производства и значительно упрощает работу человека, предоставляя возможность возложить осуществление тяжелого ручного труда на «плечи» автоматической системы. При введении автоматических систем, функции персонала сводятся к контролю за работой автоматики. Это позволяет персоналу находиться на безопасном расстоянии от различных агрегатов. Внедрение автоматических систем создает условия для безопасного выполнения работ и позволит увеличить качество и эффективность труда. Вместе с этим повысится срок службы оборудования, качество тепловой энергии и улучшится течение технологического процесса.

При успешном внедрении автоматизированной системы, раскроются новые перспективы в развитии и модернизация работы предприятия.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

# 1. ЧАСТЬ 1

## 1.1. Описание отопительной котельной заводской зоны города Миньяра

### 1.1.1. Общие сведения

Водогрейным котлоагрегатом принято называется устройство, которое обогревается продуктами сгорания топлива, в состав которого входит топка, предназначенная для сжигания топлива для получения горячей воды для отопления и горячего водоснабжения.

Котлы различаются по следующим признакам:

- назначению – энергетические (ТЭС) и отопительно-производственные;
- перемещению газов и воды – газотрубные (дымогарные и комбинированные), в которых продукты сгорания топлива проходят в трубах нагревательных поверхностей, а вода – снаружи трубы;
- водо-трубные в которых теплоноситель, смесь пара и воды перемещаются внутри нагревательных поверхностей трубы, а продукты сгорания топлива – снаружи труб;
- конструктивными особенностями – горизонтально-водотрубные, цилиндрические, вертикально-водотрубные имеющие один или несколько барабанов;
- по движению пароводяного или водяного потока в трубах – с циркуляцией естественного или принудительного типа. При этом, котел с естественной циркуляцией – у которого циркуляция теплоносителя происходит за счет разной плотности между пароводяной смеси в поднимающихся трубах и воды в опускающихся трубах; котлоагрегат с циркуляцией принудительного типа – у которого перемещение воды по трубам осуществляется насосом;
- по давлению – паропроизводительные котлы низкого давления – «до 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>)», среднего давления – «от 1 до 10 МПа (10-100 кгс/см<sup>2</sup>)», высокого давления – «от 10 до 22,5 МПа (100-225 кгс/см<sup>2</sup>)», закритического.

В котел входят: поверхности нагрева, топка, пароперегреватель, воздухоподогреватель, экономайзер, каркас и лестницы с площадками для наблюдения и обслуживания, газоходы, обмуровка, гарнитура и арматура.

Топка котла необходима для сжигания в ней топлива для трансформации энергии из химической в тепловую. Делятся на камерные и слоевые. Слоеые топки существуют для сгорания твердого топлива (каменный уголь), камерные топки – для сжигания твердого, газообразного, пылевидного и жидкого топлива. Слоеые топки делятся на полумеханические, механические и ручные, по способу обслуживания и загрузки топлива.

В камерных же топках нет колосниковой решетки. Камерные топки делятся по аэродинамике на вихревые (циклонные) и факельные.

Экономичность работы топок зависит от типа топки, вида и марки топлива и способа сжигания. К ней относится:

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

- тепловая мощность (нагрузка) – это то количество тепла, образуемое при сгорании конкретного количества в единицу времени «(МДж/с или МВт)»;
- обширная тепловая мощность топки – это отношение объема топочной камеры к активной нагрузке, для разных видов топок она равна 0,18-0,35 МВт/м<sup>3</sup>.
- потерей тепла от химического недожога  $q_3$ , и механического недожога  $q_4$ .

Для камерных топок  $q_3$  от 0,5 до 1,5%;  $q_4$  от 1 до 6%.

Для слоевых топок  $q_3$  от 2 до 5%;  $q_4$  от 6 до 14%.

Топка для сжигания жидкого топлива и природного газа состоит из топочной камеры, лучевоспринимающих поверхностей и форсунок (при сжигании мазута) или горелок (при сжигании газа). Горелочные устройства должны обеспечивать безопасную и экономическую эксплуатацию котлов. Форсунки или газовые горелки так же, как и горелки в пылеугольных топках, размещают фронтально, встречно или по углам топки. Чтобы сжечь жидкое топливо, для начала его необходимо распылить, чтобы улучшить условия испарения, поскольку при горении жидкого топлива горят газообразные продукты его испарения. Ввод жидкого топлива в топку и распыливание его в топочной камере осуществляют при помощи форсунок. Форсунки разделяют на четыре основных типа: механические, паровые, ротационные и воздушные. Кроме того, существуют также комбинированные, паромеханические форсунки.

Для сжигания газового топлива в настоящее время горелки, как правило, выпускают комбинированными, газомазутными. Газовые горелки по методу сжигания подразделяются на инжекционные, диффузионные горелки с принудительным поступлением воздуха называют смесительными двухпроводными.

Поверхности нагрева – это элементы котла, в которых происходит теплообмен, различают радиационные и конвективные.

Барабан котла – это элемент котла, существует для накопления, распределения рабочей среды, очистки пара, разделения воды от пара, обеспечения резерва воды для котла.

Коллектор котла – этот элемент котла, объединяет группу труб и предназначен для накопления или распределения воды.

Газоходы, воздухопроводы – каналы для направления продуктов горения и воздуха.

Пароперегреватель – это устройство, необходимое для увеличения температуры пара больше температуры насыщения.

Экономайзер – предназначен для частичного испарения воды, поступающей в котел и подогрева за счет температуры продуктов горения.

Воздухоподогреватель – предназначен для подогрева воздуха, поступающего в топку, продуктами горения – рекуперативные, регенеративные вращающиеся.

Каркас – металлическая конструкция из колонн, балок и связей.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Обмуровка – внешнее изоляционное защитное покрытие котла.

Арматура котла – устройства и приборы, которые обеспечивают безаварийную работу котлов и безопасность в работе оборудования. Подразделяются:

- запорная – для периодических отключений рабочей среды. К ней относятся: вентиль, задвижка, кран.
- регулирующая – для изменения количества и давления рабочей среды;
- предохранительная – при резком повышении давления защищают от разрушения предохранительные клапаны, предотвращения обратного тока среды – обратные клапаны, превышения температуры – легкоплавкие пробки.

#### Требования к запорной арматуре

Должна иметь высокую плотность когда закрывается и иметь малое гидравлическое сопротивление когда через нее проходит среда: пар, вода, газ. На корпусе запорной арматуры должна быть маркировка, где указывается:

- товарный знак завода-изготовителя;
- диаметр условного прохода (Ду);
- давление условное (Ру);
- направление потока среды (на вентилях и обратных клапанах);
- марка материала.

Регулирующая арматура обеспечивает своим рабочим органом изменение проходного сечения. По виду рабочего органа подразделяются на скальчатые, шиберные, золотниковые, по способу его перемещения – поступательные и поворотные.

#### 1.1.2. Пароводяной тракт котельного агрегата

Пароводяной тракт котельного агрегата представляет собой путь, по которому движутся вода, пароводяная эмульсия, пар. Весь тракт складывается из трех последовательно расположенных элементов агрегата: водяного экономайзера, радиационных поверхностей нагрева котла, пароперегревателя. Процессы, происходящие в тракте котла, очень сложны и правильное их протекание важно для обеспечения надежной безаварийной работы агрегата. Основными из этих процессов являются циркуляция воды и сепарация воды из влажного пара.

#### Движение воды и пара

Надежная работа котельного агрегата достигается обеспечением необходимой скорости циркуляции воды, пароводяной смеси и пара.

Под циркуляцией понимают явление многократного обращения испаряемой воды в экранных трубах барабанных котлов. Отношение количества воды, циркулирующей в контуре к количеству образующегося пара, называется кратность циркуляции.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Естественная циркуляция возникает под действием сил обуславливаемых разностью плотности воды в опускных трубах и пароводяной смеси в подъемных обогреваемых контурах.

В некоторых режимах процесса испарительных нагревательных поверхностей пароводяная смесь может остановиться в подъемных трубах или перемещаться вниз (в обратном потоку направлении). Такой режим медленного перемещения воды вниз или вверх, а пара наверх, принято называть застоем движения. В трубе испарения, выведенной в пространство пара в барабане, при прекращении циркуляции воды из-за слабого напора воды может возникнуть незаполненный уровень воды, выше него с небольшой скоростью перемещается насыщенный пар. Опрокидыванием циркуляции называется перемещение смеси пара и воды по подъемным трубам вниз. При этом возникает скопление пара в трубе, который не способен преодолеть динамическое давление перемещающегося вниз течения воды и захватывает его, не перейдя в коллектор или верхний барабан.

### 1.1.3. Вспомогательное оборудование котельных агрегатов

К вспомогательному оборудованию котлов относятся: питательные насосы, дымососы, дутьевые вентиляторы, оборудование очистки воды и другое необходимое оборудование для обеспечения надежной работы котельного агрегата.

Питательные устройства предназначены для обеспечения котла водой во всех режимах, применяются:

- центробежные и поршневые насосы с электроприводом;
- центробежные и поршневые насосы с паровым приводом;
- паровые эжектора, насосы с ручным приводом, водопроводные теплосети.

Применение водопровода допускается при соблюдении условия, что минимальное давление воды в водопроводе будет превышать давление воды в котле не меньше чем на «1,5 кгс/см<sup>2</sup>». Неавтоматические насосы используются только для периодического снабжения паровых котлов с давлением среды в работе не более «4 кгс/см<sup>2</sup>».

Любые насосы включаются после проверки его заполнения, наличия смазки, заземления электродвигателя, исправность муфтового соединения при закрытых отключающих устройствах на напоре насоса, во избежание перегрузки электродвигателя (кроме шестеренчатых на маслосистемах).

Дутьевой вентилятор, дымосос

Дутьевой вентилятор – центробежная машина предназначенная для обеспечения подачи воздуха в топку котла, необходимого для организации процесса горения.

Дымосос – центробежная машина предназначенная для преодоления сопротивлений тракта газа в котле и выведения продуктов сгорания.

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Обслуживание тягодутьевых машин (ТДМ) осуществляется в соответствии с эксплуатационной инструкцией. Основными функциями обслуживания являются пуск и остановка ТДМ, регулирование производительности и наблюдение за нормальной работой.

Перед пуском ТДМ необходимо проверить:

- наличие заземления;
- прочность крепления подшипников и наличие тавотниц для их смазки;
- поступление воды на охлаждение подшипников дымососов;
- уплотнение зазора между валом и кожухом;
- исправность дистанционного управления;
- исправность направляющих аппаратов.

Во избежание перегрузки электродвигателей пуск тягодутьевых машин производится при закрытых направляющих аппаратах или заслонках.

Дымовые трубы предназначены для создания естественной тяги в котле и отводы в атмосферу продуктов горения. Искусственная тяга создается дымососом. Газоходы котла, топочная камера, дымовая труба представляют собой единую систему. В этой системе сохраняется равновесие, пока показатели воздуха (температура) будут одинаковы в дымовой трубе и в котельной.

Во время работы котла в дымовой трубе при повышении температуры уходящих газов равновесие системы нарушается за счет разности плотностей холодного воздуха и горючих газов.

Естественная тяга будет больше, если температура будет становиться ниже, и давление воздуха в атмосфере будет расти, выше температуры продуктов сгорания топлива в дымовой трубе и чем больше высота трубы для дымовых газов.

Дымовые трубы изготавливаются из стали, кирпича или железобетона. Стальные высотой не более 35 м, кирпичные до 100 м, железобетонные 100 и более метров. Высота трубы для дымовых газов высчитывается необходимой тягой или сантиметрами требования к выведению продуктов сгорания топлива.

У основания дымовой трубы разрежение составляет:

- с естественной тягой – 1 – 3 мм. вод. ст. (10 – 30 Па)
- с искусственной тягой – 10 – 20 мм. вод. ст. (1 – 2 кПа)

Регулирование естественной тяги осуществляется с помощью шиберов, а искусственной с помощью направляющего аппарата. В процессе горения горючие элементы топлива образуют продукты окисления углерода, серы, водорода также азот атмосферного воздуха и топлива.

#### 1.1.4. Характеристика котельной

Котельная предназначена для выработки ГВС и отопления жилых и производственных помещений. В котельной АО «Челябоблкоммунэнерго»

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

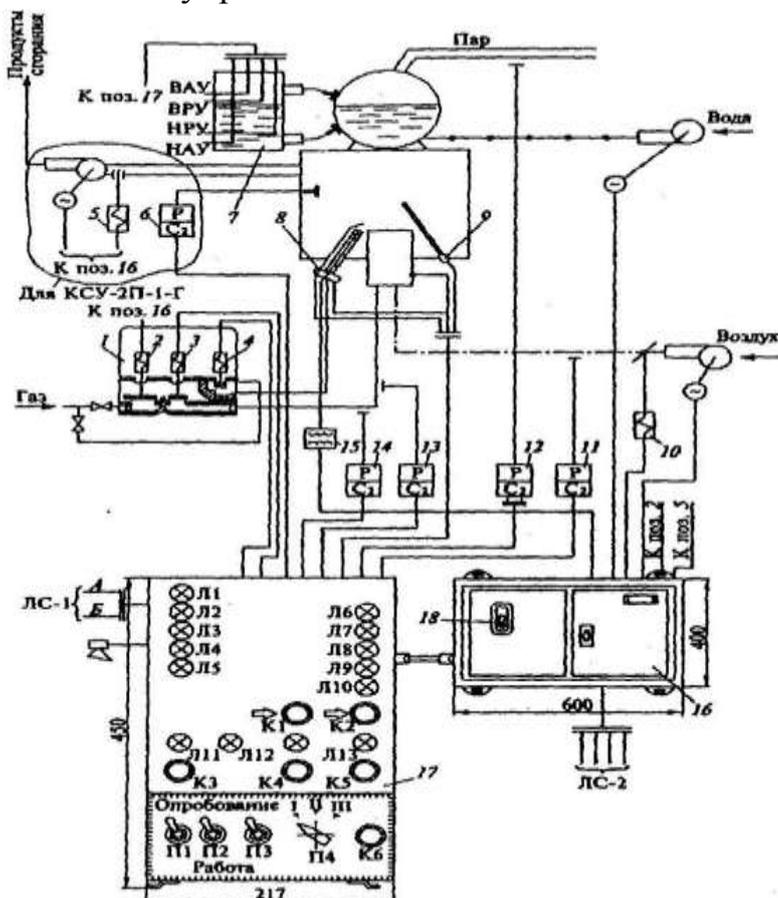
заводской зоны установлены четыре котла КВ-5/115, оборудованных горелкой СІВ UNIGAS НР 520А. Основное топливо, которое используется на котельной - природный газ (СН4) ГОСТ 5542-87, если же отсутствует основное топливо, то применяется резервное дизельное топливо ГОСТ 305-82.

Теплоносителями котельной АО «Челябоблкоммунэнерго», служит высокотемпературная вода «115 – 70 °С» с изменяемой температурой на прямом трубопроводе из котельной.

При производстве горячего водоснабжения температура воды держится 70 °С, при производстве тепловой энергии для отопления жилых помещений температура теплоносителя меняется в зависимости от температуры окружающей среды, согласно температурному графику. Давление в теплосети на прямом трубопроводе составляет 6 кгс/см<sup>2</sup>, на обратном 4,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Объем системы составляет 482 м<sup>3</sup>. В сутки потребляется 1020 тонн подпиточной воды. Номинальная теплопроизводительность 4.3 Гккал/час. Расход топлива 550м<sup>3</sup>/час.

## 1.2. Характеристика существующей АСУ котельной Состав системы управления «КСУ-2П-1-Г»



- «1 - блок питания газовый типа БПГ;
- 2,3 - электромагниты клапанов «Большое горение» и «Малое горение»;
- 4 - клапан запальника;
- 5, 10- исполнительные механизмы типа ЭИМ;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Лист

14

6, 11 - 14 - датчики-реле тяги, напора, давления;  
 7 - уровнемерная колонка;  
 8 - электрозапальник;  
 9 - контрольный электрод;  
 15 - катушка зажигания;  
 16 - блок БКЭ;  
 17 - блок БУС;  
 18 - автоматический выключатель сети; Л1 - Л13 - лампы: Л1 - «Сеть»; Л2 - «Нет пламени»; Л3 - «Давление пара высокое»; Л4 - «Уровень воды низкий»; Л5 - «Уровень йоды высокий»; Л6 - «Давление топлива низкое»; Л7 - «Давление топлива высокое»; Л8 - «Давление воздуха низкое»; Л9 - «Температура топлива низкая»; Л10 - «Разрежение низкое»; Л11 - «Большое горение»; Л12 - «Малое горение»; Л13 - «Котел отключен»; К1-К6 - кнопки: К1 - «Отключение световой сигнализации»; К2 - «Отключение звуковой сигнализации»; К3 - «Включение регулятора»; К4 - «Пуск»; К5 - «Стоп»; К6 - «Контроль сигнализации»; П1-П4 - переключатели: П1 - «Насос топливный»; П2 - «Вентилятор, дымосос»; П3 - «Насос питательный»; П4 - «Топливо» с положениями «Газ» (I), «Мазут» (II), «Легкое жидкое» (III); ЛС-1 - линия связи «Сигнал диспетчеру»: «Работа» (А), «Авария» (Б); ЛС-2 - «Питающая сеть 380/220 В, 50 Гц»».

Рисунок 1. Принципиальная схема бока управления

#### Описание модуля управления «КСУ-2П-1-Г»

Набор средств управления «КСУ-2П-1-Г» (в составе блоков управления и сигнализации БУС-1 и блока коммутационных элементов БКЭ-1) - для котлов с естественной циркуляцией с разрежением. Напряжение питания комплекта - трехфазная сеть 380/220 или 220/127 В с колебаниями в пределах от +10 до -15 %. Напряжение питания установлена с помощью перемычек на колодке, расположенной в блоке управления и сигнализации (БУС). Частота переменного тока  $50 \pm 1$  Гц. Потребляемая мощность не более 300 В•А».

«КСУ-2П-1-Г совместно с датчиками и исполнительными устройствами обеспечивает: двухпозиционное регулирование основных технологических параметров котла: стабилизацию уровня воды; автоматику безопасности (подача газа к котлу прекращается при аварийных понижении и повышении давления газа, понижении давления воздуха, повышении давления воды на выходе из котла, отсутствии пламени горелки, аварийных повышении и понижении давления воды в котле, понижении разрежения в топке котла, при аварийном повышении температуры воды на выходе из котла и температуры отходящих газов; световую и звуковую аварийную сигнализацию с запоминанием первопричины аварии; автоматический пуск и останов; рабочую сигнализацию».

БУС охватывает многофункциональные блоки. На передней панели БУС расположены органы оперативного управления и сигнализации. Помимо этого,

										Лист
										27.03.04.2017.066.00 ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						15



основного факела или переходе котла с режима «Малое горение» на режим «Большое горение». Время задержки устанавливают дискретно переключателями, расположенными в БУС. Блок контроля факела работает как с контрольным электродом, так и с контрольным электродом электрозапальника, сигнал контроля наличия факела запальника после розжига основного факела отключается, его заменяет сигнал контроля наличия основного факела.

Комплект обеспечивает рабочую сигнализацию лампами «Сеть», «Пуск», «Малое горение», «Большое горение» и «Котел отключен»».

### 1.3. Алгоритмы автоматики безопасности

Работа автоматики безопасности заключается в автоматическом отключении подачи газа ведущего к горелкам, если контролируемые параметры отклонились за пределы необходимых допустимых значений.

#### Требования к применяемым алгоритмам автоматики безопасности

Перед горелками газовых котлов должны быть установлены автоматические запорные клапана – быстродействующие ПЗК «с герметичностью затвора класса А в соответствии с ГОСТ 9544-93 и временем закрытия до 1 с».

«Горелки должны быть оснащены:

- номинальной мощностью до 0,35 МВт -одним газовым автоматическим запорным органом (ПЗК);
- единичной мощностью свыше 0,35 до 2,0 МВт (свыше 0,35 МВт до 1,2 МВт - см. п. 5.9.8. ПБ 12-529-03) - по ходу газа двумя располагаемыми последовательно газовыми автоматическими запорными клапанами (ПЗК) и регулирующим устройством перед горелкой;
- единичной мощностью свыше 2,0 МВт (свыше 1,2 МВт) - двумя располагаемыми последовательно газовыми автоматическими запорными клапанами (ПЗК) и автоматическим органом контроля утечки г а з а, установленным между ними и связанным с атмосферой, обеспечивающим автоматическую проверку герметичности затворов ПЗК перед запуском (розжигом), и регулирующим устройством перед горелкой».

На газовых котлах, имеющих некоторое количество горелок с контролируемым факелом, обеспечивающим розжиг других горелок (группы), допускается 1-ый согласно ходу газа ПЗК ставить общим.

Если подача электроэнергии к автоматическому газовому клапану прекращена, то клапан должен закрыться автономно.

Запорный клапан должен закрываться автономно, то есть без использования электрической энергии.

Время, за которое клапан должен самостоятельно закрыться, не должно составлять более 1 секунду с момента прекращения подачи электроэнергии.

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Работоспособность автоматики газоиспользующих установок обеспечивается при колебаниях напряжения тока «от +10 до -15 % номинального».

В качестве исправных устройств автоматики защиты, которые обеспечивают отключение подачи газа, в настоящее время употребляются электромагнитные устройства (клапаны). Такие клапаны несложны и компактны, легко подключаются к схеме автоматики. Плюсом таковых клапанов является еще их быстродействие - они обеспечивают фактически мгновенное отключение подачи газа при срабатывании устройств защиты.

Главный недочет - в раскрытом состоянии они расходуют электроэнергию.

Электромагнитный клапан является двухпозиционным запорным органом: располагается или в раскрытом, или в прикрытом положении.

#### 1.4. Выявленные проблемы системы управления технологическим процессом

Имеющийся уровень автоматизации котельной создает большое количество проблем в управлении технологическим процессом котельной.

Несмотря на имеющуюся автоматику и модернизированное оборудование, выявлены несколько проблем:

1. Нет взаимосвязи по типу: Котел-ЩСУ-Компьютер
2. Нет автоматики безопасности за давлением воздуха и газа в котле
3. Нет контроля за температурой отходящих газов котла
4. Нет контроля за расходом воды в котле
5. Нет звуковой сигнализации при аварии
6. Нет световой сигнализации для предупреждения аварии
7. Нет информационного окна с отображением текущих процессов и причин аварии
8. Нет сигнализаторов токсичности газа

Персонал котельной не имеет возможности в полной мере осуществлять полноценный контроль за работой котельного оборудования, а так же задавать необходимый режим для увеличения срока службы оборудования.

По производственной инструкции оператор котельной осуществляет обход оборудования 1 раз в 2 часа. В остальное время работник осуществляет контроль за температурой воды в котле и температурой окружающего воздуха, при необходимости оператор выходит из диспетчерской и вручную изменяет давление газа в котле, при этом не может проконтролировать чтобы подача воздуха соответствовала режимной карте котла, по той причине что не установлен датчик давления воздуха в котле. Для бесперебойной работы котельного оборудования необходимо установить датчики давления воздуха и газа в котле чтобы было возможно фиксировать и контролировать параметры сжигания топлива. Опасно это тем что при недостатке воздуха при сгорании топлива может произойти взрыв котла. Так же опасен и избыток воздуха, газоздушная смесь так же может взорваться ведь концентрационные пределы воспламенения газа от 5-15%,

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

соответственно воздуха необходимо 95-85%. У персонала нет возможности это определить.

Так же опасно неполное сгорание топлива. Это происходит из-за неправильно настроенного оборудования. Выяснить это можно так же по датчикам давления газа и воздуха в котле. Если топливо будет сгорать не полностью, то будет образовываться угарный газ. Который, через неплотности в газоходе, может выйти наружу и вызвать отравление у персонала и даже привести к летальному исходу. Для этого необходимо установить в котельной сигнализатор токсичности газа(СТГ). СТГ устанавливается в нескольких точках помещения котельной. Там где возможен выход токсичного и горючего газа. Токсичный газ это природный газ метан, горючий газ это продукты сгорания природного газа. Устанавливать такие сигнализаторы необходимо в здании газораспределительной установки(ГРУ), у топок котлов и взрывных клапанов. А так же выводить световую и звуковую сигнализацию в диспетчерскую, чтобы дежурный персонал мог увидеть и услышать сигнал и выйти в помещение, чтобы найти неисправность.

Контроль за расходом воды в котле является необходимым параметром в первую очередь для бесперебойной и безаварийной работы котла. Если расход воды в котле маленький то есть меньше необходимого количества, то вода в котле может вскипеть даже при низких нагрузках. Вскипание воды оставляет налет на внутренних стенках котла, который вызывает коррозию металла. И со временем это приведет к разрушению стенок трубы, что в свою очередь снизит срок службы котла.

Световую и звуковую сигнализацию необходимо устанавливать в диспетчерской, чтобы персонал успел принять меры по предотвращению аварии. Световая сигнализация устанавливается за небольшой промежуток времени или до достижения определенного параметра. Например, температура воды в котле. Световая сигнализация подразумевает собой срабатывание лампочки или же параметр работы котла начинает мигать красным светом, чтобы привлечь внимание. Оператор должен принять меры по устранению неполадок, снизить нагрузку, увеличить расход, включить подпиточный насос и т.д.

Звуковая сигнализация срабатывает после световой или сразу. Все зависит от того, на какой параметр она установлена. К примеру, при отключении дымососа, вентилятора, понижение или повышение давления газа звуковая сигнализация информирует о том, что автоматика безопасности сработала на отключение работающего котла.

Информирующее окно необходимо для того чтобы можно было увидеть причину остановки котла.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

## 1.5. Разработка системы автоматического управления котлом

Котельная заводской зоны города Миньяра была построена для производства пара для нужд Миньярского Метизно-металлического завода и горячей воды для отопления города Миньяра. После того как завод прекратил свое существование, исчезла необходимость производить пар. Соответственно появилась возможность сократить затраты и объемы производства. И в 2007 году котельная заводской зоны была реконструирована. Вместо паровых котлов установлены водогрейные - меньшие по конструкции, но с большей и эффективной производительностью. Введена новая технология водоподготовки. Установлены новые сетевые насосы, система подпитки воды. Так же была проведена модернизации управления работой котлов. Частично труд человека был заменен работой автоматики. С тех пор прошло 10 лет и современные технологии не остались на месте, наоборот компьютерный мир широко шагнул вперед.

Основной целью разработки такой системы - это повышение экономической эффективности производства.

Основные функции разрабатываемой системы:

- Автоматизированное управление технологическим процессом;
- Непрерывный оперативный контроль;
- Ведение информационной базы;
- Мониторинг процесса.

Основываясь, на опыт автоматизации предприятий такого же профиля рекомендуется установить на водогрейную котельную систему, программируемую для автоматизированного управления технологией производства, и существующую структуру, соединить с объектом управления используя микропроцессорный контроллер (смотри рисунок 2). Контроллер будет обрабатывать воздействие, и посылать сигналы, согласно заложенной в него программы. Следом информация передается в ведущую систему, которая будет управлять работой микроконтроллера. Ведение подобного алгоритма позволит разделить функции между звеньями системы. Центральную систему планируется установить на ПК, прочно вошедшая во все сферы человеческой деятельности и ставшая незаменимой в современном мире.

Основные функции контроллера:

- Получение контролируемых сигналов от объекта управления;
- Передача данных на ПК;
- Управление технологическим процессом путем формирования регулирующих команд;
- Передачи команд соответствующим приборам, согласно программируемому режиму работы.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Смена контроллером, имеющихся сейчас приборов, позволит правильно исполнять технологию производства теплоэнергии, что, несомненно, приведет к увеличению качества производства.

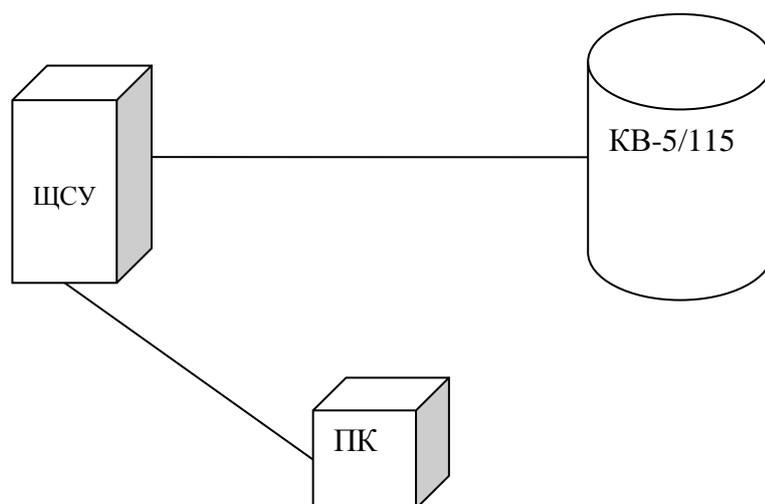


Рисунок 2. Структурная схема автоматизации

Несомненно, правильность механического задания режима функционирования немисливо сверить с программой, написанной в форме машинных кодов. Сократится время, расходуемое рабочим персоналом, на обслуживание оборудования. Уменьшатся финансовые расходы, связанные с поверкой и ремонтом приборов. Освободится площадь, которую можно будет использовать под другие нужды.

Центральная операционная система производит указанные ниже функции:

- регулирование работой контроллеров, соединенных с ней;
- Создание базы данных и архивация контролируемых заданий приборов управления;
- мониторинг технологического хода процесса;
- Обеспечение стыковки «человек – машина»;
- Формирование и хранение отчетов;
- Подготовка и вывод на печать технологической видеоинформации.

Некоторые, из описанных функций, были реализованы и на старом оборудовании. Но такая система как говорилось ранее, имела множество недоработок и не является полностью автоматизированной. С усовершенствованной системой появится возможность полноценно контролировать производство и непрерывно осуществлять контроль за процессом. А вся информация будет храниться в одном месте, что значительно упростит действия оператора и улучшит качество контроля.

Положительным моментом окажется то, что визуализация процесса представлена в удобном для человека формате. Это значительно сократит затраты на материальные средства.

В результате внедрения системы:

- упростится непрерывный контроль и регулирование;
- повысится безопасность требований условий труда.

Несомненно, переход на более современное оборудование, приведет к цивилизованной культуре производства и позволит рабочему персоналу стремиться к профессиональному росту.

#### 1.6. Существующий метод решения поставленной задачи

После проведенного анализа, выяснилось, что существующий уровень автоматизации не соответствует требованиям безопасности и высокой точности технологического процесса. Существует несколько вариантов выхода из сложившейся ситуации.

Первый – это замена контрольно-измерительной аппаратуры на более современную по модификации. Существующую модель системы при этом, оставить неизменной. Это самый простой вариант, но не подходящий для поставленных ранее задач.

Второй – это изменение существующей структуры. Управление и контроль за технологическим процессом возложить на микропроцессорный контроллер. Контроллер позволит заменить некоторые устаревшие датчики. Установка контроллера позволит повысить надежность регулирования технологией производства. Это сократит время, расходуемое на починку оборудования. Однако, неизменными останутся устройства регистрации и отображения данных. Неизменными останутся приборы отображения и регистрации данных. Данный вариант позволит сэкономить деньги, но не решит поставленных задач.

Третий – это решение всех проблем, которые возникли в результате использования существующей системы. Произведя установку микропроцессорных контроллеров на котлы и провести внедрение системы автоматического управления технологией производства тепловой энергии, позволит добиться высоких положительных результатов. Планируется, что система автоматического управления будет работать совместно с объектом управления через контроллер. Это позволит устранить все устаревшее оборудование, а также будет внедрен в систему СТГ. Необходимо будет также ввести в работу локальную технологическую станцию. Она будет хранилищем и накопителем информации. Это позволит решить проблемы с мониторингом и архивированием данных о ходе технологического процесса, при этом упростится оперативный контроль.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

## 2. ЧАСТЬ 2

### 2.1. Описание технологического процесса производства тепловой энергии

#### Водный режим водогрейных котлов

Для безаварийной и экономичной работы котельных установок большое значение имеет качество воды. Необработанная вода содержит растворенные соли, различные механические и органические примеси, а также кислород и углекислый газ. Основными накипиобразующими примесями необработанной воды являются соли кальция и магния, а также соединения железа, которые обуславливают жесткость воды и образующие накипь и шлам. Поскольку накипь плохой проводник теплоты (в 40 раз хуже чем сталь), в местах ее отложения происходит местный перегрев металла котла. Установлено, что при отсутствии накипи стенки труб котла при давлении 4,0 Мпа не превышает 280 °С, при толщине накипи в 3 мм. Температура металла повышается до 580 °С.

Главными показателями качества воды являются: прозрачность, солесодержание, щелочность и жесткость, содержание соединений железа.

Прозрачность воды характеризуется содержанием взвешенных примесей и определяется по высоте слоя воды, через который можно увидеть определенных размеров крест или шрифт (прозрачность по кресту или шрифту).

Солесодержание воды характеризует общее количество растворенных в ней веществ, его определяют путем измерения электрической проводимости или по массе сухого остатка выпаривания воды при температуре 105 – 110 °С.

Жесткость воды характеризует общее содержание солей кальция и магния. Общая жесткость делится на постоянную (некарбонатную), обусловленная содержанием сульфатов ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ) и временную (карбонатную), которая характеризуется содержанием бикарбонатов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . При нагревании и упаривании в котлах соли карбонатной жесткости образуют низкотемпературные накипи, состоящие в основном из  $\text{CaCO}_3$ .

Эти накипи образуются при нагреве воды уже до 40 – 50 °С. При более высоких температурах и больших солесодержаниях исходной воды возможно образование гипсовой накипи  $\text{CaSO}_4$ .

Важное значение имеет показатель концентрации в воде водородных ионов рН. В зависимости от этого показателя воду считают кислой, щелочной или нейтральной. Химически чистая вода имеет нейтральную реакцию, при этом часть молекул воды диссоциирована на ионы:



Степень этой диссоциации ничтожна: из 10 000 000 молекул воды только одна молекула распадается на ионы. Концентрацию в воде ионов водорода принято выражать отрицательным логарифмом этой величины, обозначаемым рН. При нейтральной реакции воды концентрации ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  одинаковы при

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

25 °С равны  $10^{-7}$  и рН этой воды равен 7; при рН<7 концентрация ионов водорода увеличивается и реакция будет кислая, а при рН>7 – щелочная.

### Химводоподготовка

#### Свойства воды

Вода-химическое соединение водорода и кислорода (H<sub>2</sub>O). Свойства воды: малая вязкость, низкая стоимость, практически несжимаемая, наибольшая плотность при температуре +4°С, составляет 1000кг/м<sup>3</sup>. Высокая теплоемкость, в системах теплоснабжения температура на выходе из котельной может быть 150 °С, а на входе 70 °С. Следовательно, 1 кг воды «переносит» 80 ккал.

Способность нахождения в трех видах состояния: кристаллическом, жидком, газообразном. Недостатками является содержание взвешанных и растворенных примесей, которые образуют накипь на поверхностях нагрева, способствуя процессу коррозии металла.

В зависимости от источника подпиточной воды производится различные виды очистки воды. Основным поставщиком подпиточной воды является ООО «Миньярводоканал-сервис». Эта организация осуществляет водозабор для подпитки котельной и холодного водоснабжения города Миньяра. Водозабор производится из открытого источника «Синие родники». После чего вода поступает на фильтровальную станцию где проходит несколько этапов очистки. Сначала вода проходит через систему фильтров-бассейнов, где проводится очистка воды от мелких частиц и взвесей. После чего поступает во вторую ступень очистки где производится обеззараживание воды с использованием гипохлорита натрия. Такой метод очистки позволяет обезвредить питьевую воду от различных микроорганизмов. После такой очистки воды можно потреблять как питьевую в сыром виде. В осенне-весенний период не рекомендуют потреблять воду в сыром виде для питья так как концентрация гипохлорита натрия значительно увеличивается. ООО «Миньярводоканал-сервис» имеет так же бойлер-резервуар для в котором хранится небольшой объем готовой воды на случай аварийной ситуации на насосной станции «Синие родники». Резервуар необходим для того чтобы обеспечить котельную водой на непродолжительное время. За это время работникам котельной необходимо перейти на резервный источник подпиточной воды.

Для аварийного водоснабжения котельной АО «Челябоблкоммунэнерго» разрешено производить водозабор непосредственно из реки Сим. На берегу реки оборудована резервная насосная станция. Вода взятая из реки Сим тоже проходит через фильтра, установленные в здании химводоочистки (ХВО) котельной.

Подпиточная вода прямым потоком проходит через систему фильтров. В первом фильтре установлены мелкодисперсные решетки для очищения воды от механических частиц и взвесей. Во втором и третьем фильтре находится

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

сульфоуголь (древесная смола). Сульфоуглем методом ионного обмена производится умягчение воды и обезжелезивание.

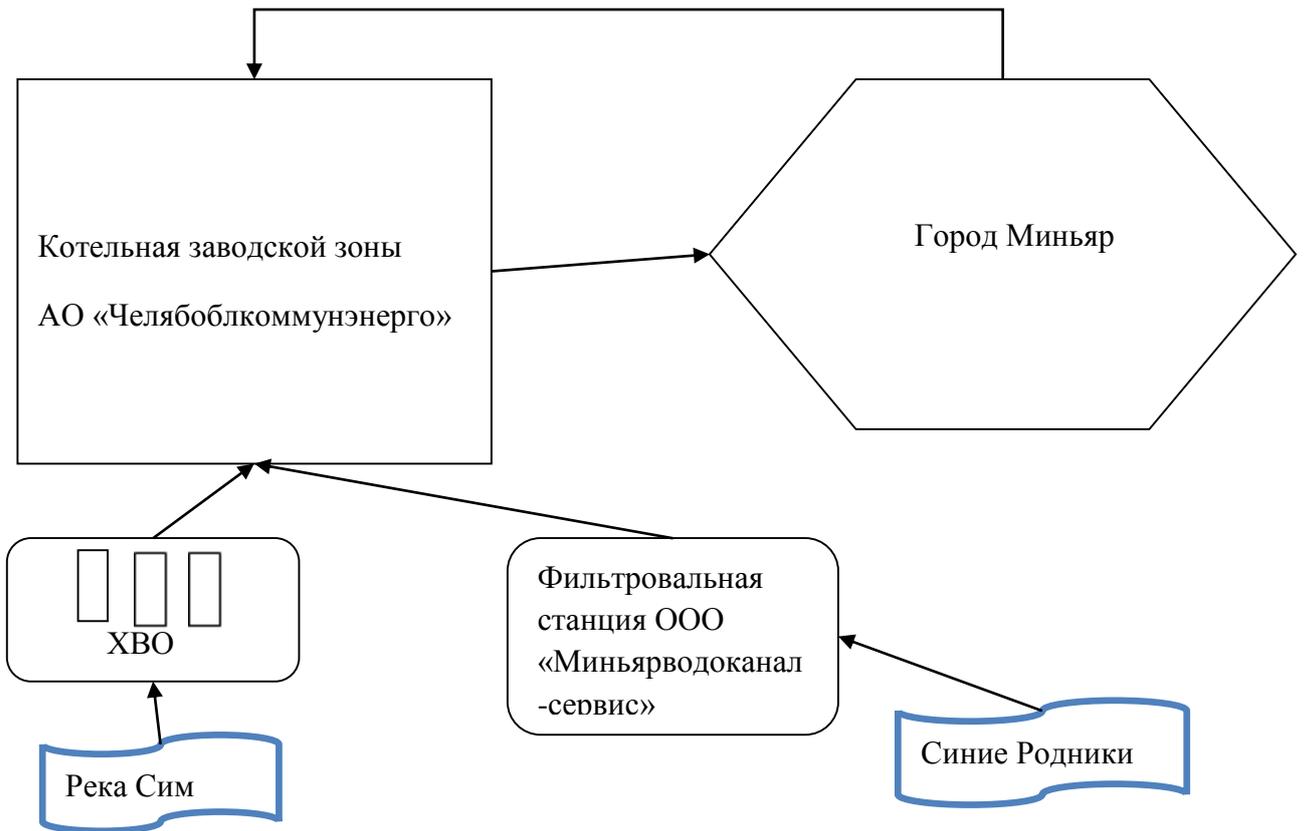


Рисунок 3. Функциональная схема водоснабжения котельной заводской зоны

Умягчение - ионный процесс удаления путем извлечения солей жесткости (кальция, магния и др.).

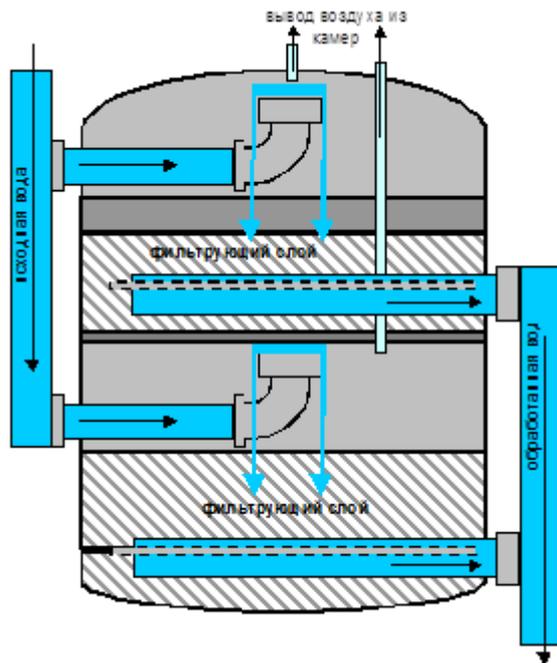


Рисунок 4. Схема фильтра с сульфоуглем

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Лист

25



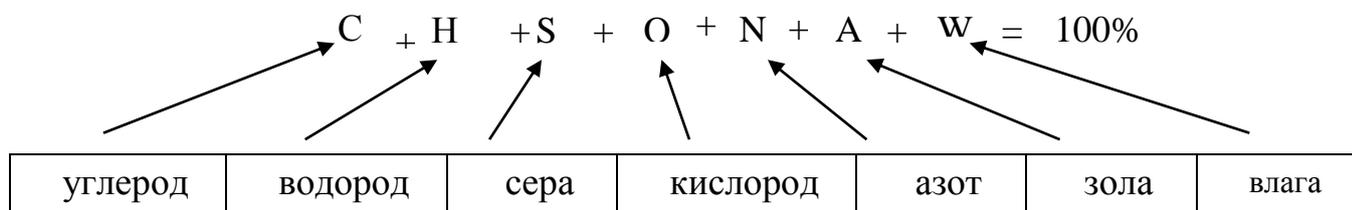


Рисунок 5. Состав органического топлива

«Высшей теплотой сгорания ( $Q_v$ ) топлива называют все количества тепла, выделенное при сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива, или 1 м<sup>3</sup> газообразного при превращении водяных паров, содержащих в продуктах сгорания конденсат». Однако при эксплуатации такой теплоты сгорания невозможно получить, поэтому введено понятие низшей теплоты сгорания ( $Q_n$ ). Для сравнения тепловой ценности различных топлив введено понятие «условное топливо», под которым подразумевается топливо, с теплотой сгорания (7000 ккал/кг), безразмерный коэффициент, служащий для пересчета натурального топлива.

Количество теплоты, выделяемое при сгорании 1 кг топлива, называется удельной теплотой сгорания. Чтобы подсчитать количество теплоты  $Q$ , выделившееся при полном сгорании топлива любой массы  $m$ , нужно удельную теплоту сгорания  $q$  умножить на массу сгоревшего топлива.  $Q=qm$ .

Процесс горения это химическая реакция окисления кислородом продуктов сгорания с выделением тепла и света. Количество воздуха, посчитанное по уравнениям горения, называется теоретически необходимым количеством. В топку котельного агрегата никогда не вводится теоретически необходимое количество воздуха, так как невозможно осуществить такое перемешивание топлива и воздуха. Поэтому в топку вводят воздух в количестве большем теоретически необходимого, Так называемого действительное количество воздуха –  $Y_d$ . А отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому  $\alpha=Y_d/Y_0$ , называют коэффициентом избытка воздуха.

#### 2.4. Характеристики топлива

Технической характеристикой твердого топлива является зольность, влажность и выход летучих. Классификация твердого топлива делит на следующие группы: древесина, торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы.

Жидкое топливо. В качестве жидкого топлива применяются мазут, нефть, дизельное топливо. Технической характеристикой жидкого топлива является: вязкость, плотность, зольность.

Вязкость является важнейшей технической характеристикой жидкого топлива определяющая возможность применения топлива.

Температура вспышки определяется температурой, при которой пары жидкого топлива в определенном соотношении с воздухом возгорают при соприкосновении с искрой. Сжигание мазута производится при температуре вспышки 80-140 °С. В целях пожаробезопасности мазут подогревают до температуры не менее 10 °С от температуры вспышки.

Температура воспламенения – это та температура, при которой после вспышки топливо горит не менее 5 секунд. Температура воспламенения превышает температуру вспышки на 15-20 °С.

Природный газ. Основными техническими характеристиками природного газа являются токсичность, плотность и взрываемость. Практически все типы «газового топлива легче воздуха», поэтому проникающий в помещение газ накапливается под перекрытием. В целях пожаробезопасности перед запуском парогенератора проводят анализ на отсутствие газа в возможных местах скопления.

Взрываемость. Газо-воздушная смесь, имея определенные пропорции, в присутствии огня может взорваться. Взрыв сопровождается мгновенным выделением большого количества энергии при высокой температуре обладающей большой разрушительной силой. Природный газ имеет верхние и нижние пределы воспламеняемости и содержат по объему 13,5 и 4,5 % соответственно (при 20 °С и 760 мм рт ст.). Наиболее широкими пределами воспламеняемости обладают водород (4-74%), окись углерода (12,5-74%), ацетилен (2,5-80%). При низкой концентрации, ниже нижнего предела воспламеняемости, газозадушная смесь не взрывается. При концентрации, превышающей верхний предел, смесь воспламеняется, но горит спокойно, без взрыва.

Токсичность. Понятие токсичности - способность газового топлива вызывать отравление. Более жизнеопасными в этом положении компонентами являются сероводород H<sub>2</sub>S и окись углерода CO. Смертельная концентрация окиси углерода – около 1% при воздействии на человека в течении 1-2 минуты. Даже незначительное содержание CO в воздухе (0,02%) вызывает заметное отравление.

## 2.5. Работа котла KB-5/115

Сетевая вода с температурой 70 °С подводится в котел KB-5/115, где разогревается до 115 °С и отправляется в тепловые сети города Миньяра.

### Устройство котла

Котел водотрубный состоит из: топочной камеры; экранных труб, соединенных коллекторами; дренажей; воздушников; обмуровки.

Водогрейные котлы KB-5/115 предусмотрены на «давление 0,6 МПа(6 кгс/см<sup>2</sup>) и температуру 115 °С». Водная полость котла выбрана с применением

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

тепловой энергии, она является действенным накопителем тепла и гарантирует стремительный разогрев котла при введении его в эксплуатацию. Конструкция топки дает возможность добиться совершенного сгорания газа при маленьком коэффициенте излишка воздуха. КПД котла значительный. Котел теплоизолирован, обмуровка выполнена из оцинкованного металла.

Фронтальная поворотная камера изнутри и сопло топки покрыты массой из огнеупорной смеси. Температура обратной воды, поступающей в котел, регулируется так, чтобы она достигала не менее 70°C, что предотвращает образование на стороне дымовых газов конденсата, вызывающего коррозию. Конструкция котла предоставляет возможность провести осмотр текущего состояния главных частей котла.

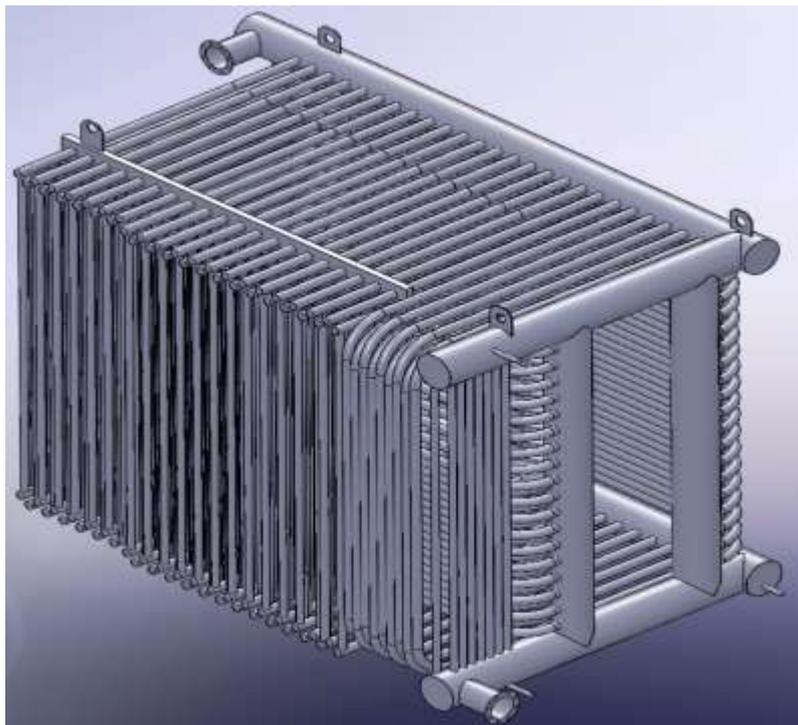


Рисунок 6. 3-D модель конструкции котла

Конструкция котла: цельносварная трубная часть, кожух с тепловой изоляцией, основание, горелка CIB UNIGAS HP 520A. Цельносварная трубная часть образует хорошо экранированную топку и одноходовую по газам конвективную часть. Трубная часть состоит из передних и боковых коллекторов, сваренных в раму, к которым присоединены трубы топочного экрана и конвективной части. Проем, образованный передними коллекторами, закладывается шамотным кирпичом с отверстием для установки конуса бетонного с плитой горелки и съемной передней панелью. Трубная часть установлена на металлическую раму-основание с листом, покрытым тепловой изоляцией. Боковой нижний коллектор закреплен к раме неподвижно, экранные трубы и конвективная часть - на скользящей опоре.

Трубный блок имеет входной трубопровод и выходной с установленными на них затворами и закладными деталями под приборы контроля. Экранные трубы в

					27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

топке из труб Д51х2,5 мм, а конвективная часть выполнена из труб Д38х2,5 мм с проволочной навивкой. В нижнем переднем и правом боковом коллекторе установлены дренажи для продувки и сброса воды 3 патрубка Ду25, 2 воздушника для сброса воздуха Ду15. Трубная часть закрывается металлическими щитами с закрепленной на них теплоизоляцией. В качестве изоляции применен муллитно-кремнеземистый войлок МКРВ-200.

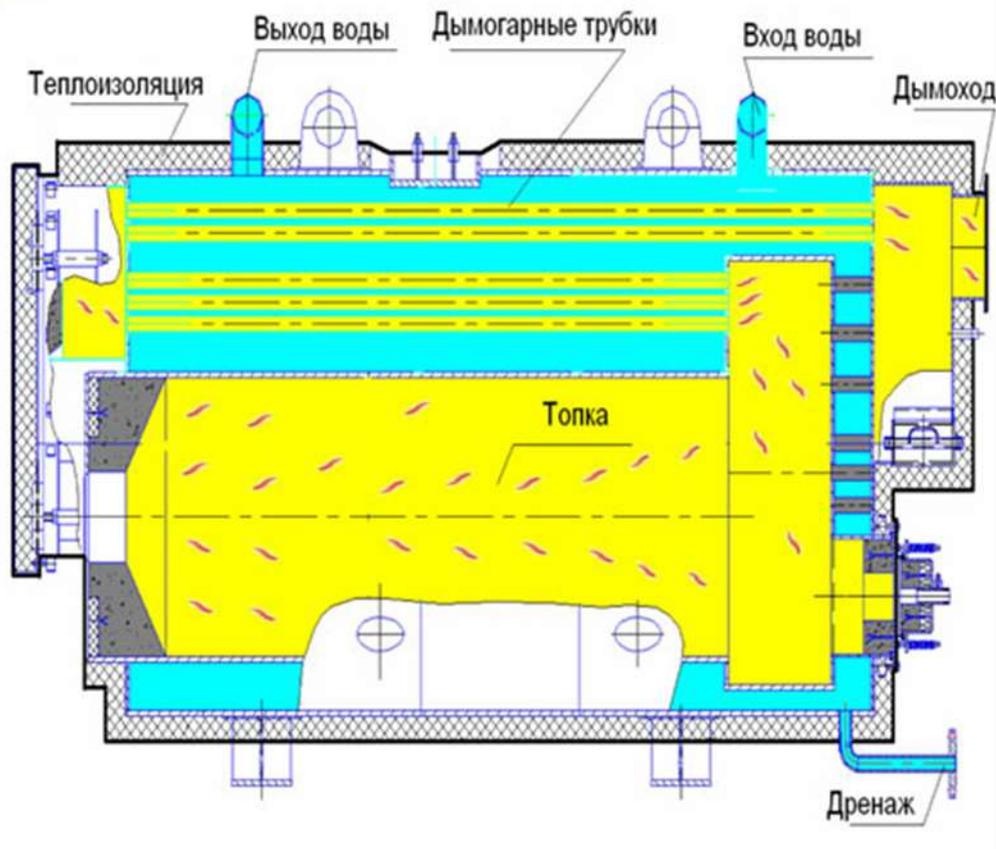


Рисунок 7. Конструкция котла в разрезе

На крыше установлены взрывные клапана топки и конвективной части. Взрывные клапана - откидного типа, давление срабатывания взрывного клапана 500Па. Спереди котла установлена горелка СIB UNIGAS HP 520А.

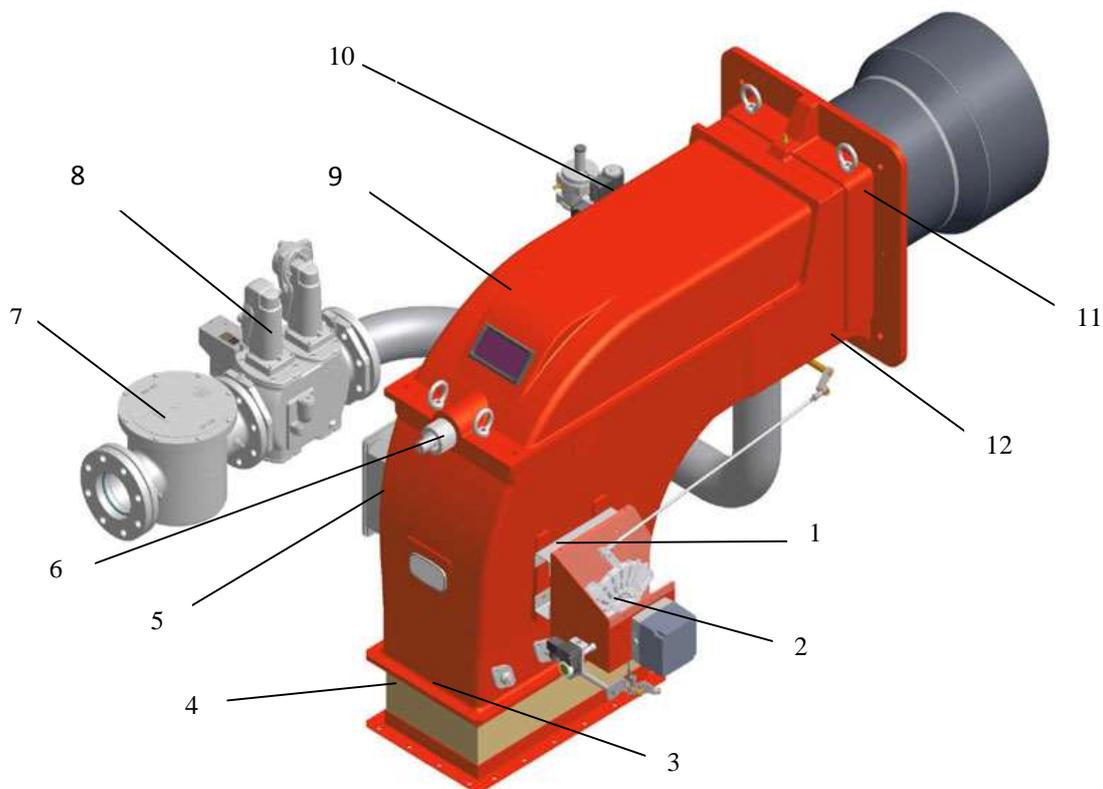
Промышленные горелки этой серии разработаны для тепловых систем, в которых требуется наличие вентиляторов больших размеров или теплообменников «воздух – дымовые газы», которые должны устанавливаться отдельно от горелки, с целью снижения уровня шума. Эти горелки имеются в исполнении со встроенным или отдельно стоящим электрощитом (настенным или напольным).

Оперативная работа на газу: Газ поступает из распределительного трубопровода, проходит через клапанную группу, укомплектованную фильтром и стабилизатором. Регулятор поддерживает давление в пределах, нужных для работы, значений. Электромагнитный сервопривод (2), который действует соответственно на заслонки регулирования расхода воздуха горения и на дроссельный клапан газа, применяет один кулачок с варьируемым профилем (13),

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

который допускает улучшение характеристик по газовым выбросам и, следовательно, позволяет добиться полного сжигания газа.

Расположение головки сгорания квалифицирует емкость горелки. Головка сгорания (11) описывает число теплоэнергии и геометрическую форму пламени. Газ и воздух подаются отдельно по геометрическим каналам до пересечения в зоне образования огня (камера сгорания). В камере сгорания протекает принудительная подача газа и воздуха.



- 1 Варьируемый сектор
- 2 Сервопривод
- 3 Сильфонное соединение
- 4 Фланец
- 5 Ответвительная коробка
- 6 Регулировочный винт головы сгорания
- 7 Фильтр газовый
- 8 Группа газовых клапанов
- 9 Крышка
- 10 Рампа запальной горелки
- 11 Группа головы сгорания с соплом
- 12 Фланец горелки

Рисунок 8. Строение газовой горелки CIB UNIGAS HP 520A

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Лист

31

## Принцип работы котла

Нагреваемая вода поступает в нижний передний коллектор и из левого переднего коллектора проходит по 18 трубам в низ правого переднего коллектора (1-й ход), затем по 18 трубам топки совершает обратный ход в верхнюю часть левого переднего коллектора (2-й ход). После этого вода попадает из него в верхний боковой продольный коллектор, разделенный перегородкой 3-й ход, затем из него по 14 парам труб, Ду 51x2,5 мм с 62 конвективными трубками Ду 38x2,5(4-й ход) вода переходит в верхний коллектор, далее из нижнего по экранам труб Ду 51x2,5 мм с 70 конвективными трубками Ду 38x2,5 мм - в нижний боковой продольный коллектор (5-й ход) и отводится в наружную сеть из нижнего продольного коллектора сзади котла. При этом скорость воды составляет в экранных трубах 0,4-0,6 м/с, в трубах конвективного пучка 0,22-0,3 м/с.

Сокращение расхода может привести к вскипанию воды в отдельных трубах и отложению накипи, что приведет к их пережогу, поэтому расход воды через котел во всем диапазоне тепло производительности должен быть не менее 0.9 номинального. На входе сетевого насоса должен постоянно работать грязевик для очистки сетевой воды от взвешенных частиц, которые могут забивать последний ряд конвективных труб. Поэтому рекомендуется периодическая продувка нижнего и левого коллекторов в начале отопительного сезона.

Розжиг горелки осуществляется запальником, контроль пламени - фотодатчиком.

Продукты сгорания из топки через фестон поступают в конвективную часть. Пройдя конвективные трубки без навитых и с навитыми ребрами, дымовые газы отводятся через газоход (карман дымососа), заслонку газохода и дымосос в дымовые трубы котельной.

Регулирующая заслонка с приводом МЭО, обеспечивает регулировку разряжения в топке котла от блока управления КСУ-2П-1-Г.

Взрывные клапана топки и конвективной части служит для предохранения элементов котла от разрушения при внезапном взрыве (хлопке). Обратный клапан устанавливается при монтаже на выходе воды из котла и служит для защиты по повышению давления воды.

Бесперебойная и экономичная работа котла обеспечивается:

- выполнением местной инструкции по эксплуатации для оператора;
- проведением пуско-наладочных работ и испытаний;
- обучением оперативного персонала;
- своевременной профилактикой оборудования.

## Подготовка котла к работе

1. Проверить готовность котла и его оборудования к пуску.
2. Проверить правильность подсоединения котла к отопительной системе.

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ



растворенные соли, так и взвешенный шлам. В условиях эксплуатации котлов применяется непрерывная и периодическая продувка.

Непрерывная продувка осуществляется для поддержания определенного солесодержания или щелочности котловой воды на уровне, необходимом для получения чистой воды. К оборудованию непрерывной продувки относятся сепаратор продувки с теплообменником (если таковой имеется) и холодильник отбора проб котловой воды из трубопровода.

Периодическая продувка производится для удаления шлама, оседающего в нижних точках котла. Продувка осуществляется из нижнего барабана и коллекторов экранов водогрейного котла. Периодическую продувку следует производить при растопке котла с давлением 0,3 – 0,4 Мпа в часы пониженных нагрузок или кратковременных остановов. Периодическая продувка котла и камер экранов производится по указанной химической лаборатории, но не реже одного раза за смену, в присутствии начальника смены или старшего оператора. Перед такой продувкой следует убедиться в исправной работе питательных насосов, наличии воды в подпиточном баке.

Продувка производится в следующем порядке:

- открывается второй вентиль по ходу воды, затем первый и производится продувка;
- во время продувки устанавливается постоянный контроль по давлению в барабане котла;
- при гидравлических ударах в продувочном трубопроводе немедленно прикрывается продувочный вентиль до прекращения стука в трубопроводе, затем вентиль снова открывается;
- при понижении давления воды в барабане котла до нижнего допустимого уровня, продувка немедленно прекращается;
- прекращение продувки осуществляется путем закрытия первого от барабана или от коллектора вентиля, затем второго.

После продувки через некоторое время произвести проверку продувочных линий, после вентилях, путем ощупывания на пропуск арматуры. Линии должны быть холодными. Время продувки необходимо зафиксировать в журнале.

#### Пуск котла

Растопку котла можно производить только при наличии письменного распоряжения. В распоряжении указывается продолжительность опрессовки котла и ее температура воды. При подготовке котла к растопке, оператор обязан проверить:

- исправность котла и вспомогательного оборудования;
- отсутствие в котле и газоходах людей или инородных предметов, после чего закрыть люки и лазы котла;

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

- состояние топки и газоходов, наличие естественной тяги;
- исправность питательных насосов, контрольно-измерительных приборов и их подключение, арматуры, предохранительных клапанов, достаточность освещения, исправность взрывных клапанов;
- Обратить особое внимание на отсутствие заглушек, поставленных при выводе в ремонт котла;
- Проверить работу технологических защит, сигнализации, блокировок с воздействием на арматуру.

Перед розжигом котел должен быть провентилирован. Время вентиляции зафиксировано в инструкции производства, но не должно быть меньше 10 – 15 минут. Перед пуском газа газопроводы должны продуваются газом, до соответствующих анализов на содержание кислорода. Проверяются на плотность отключающие устройства перед горелками. После тщательной проверки исправности котельного оборудования можно приступить к заполнению водой. Заполнение холодного котла водой производится подогретой водой. Длительность составляет примерно 1 – 2 часа. Во избежание появления термических напряжений в барабане и вальцовке кипятильных и экранных труб котла разность температур металла и воды в момент заполнения должна быть не более 40 – 45 °С. После заполнения необходимо убедиться, что давление воды в котле держится устойчиво. Перед началом растопки котла необходимо: плотно закрыть главную шаровую задвижку, открыть воздушники или предохранительные клапана, для выпуска воздуха из котла, закрыть продувочные и дренажные линии.

При наличии письменного распоряжения провести осмотр технического состояния газопроводов, техническое обслуживание арматуры (частичная прокрутка и проверка работоспособности оборудования), проверить чистоту рабочих мест, наличие освещения, противопожарного инвентаря. Проверить работоспособность защит, блокировок, защитно-запального устройства (ЗЗУ), сигнализации с воздействием на арматуру. Произвести контрольную опрессовку газопровода давлением 1000 мм. вод. ст. (допустимое понижение давления в течение часа не более 60 мм. вод. ст.). Проверить плотность затворов отключающей арматуры перед горелками, плотность затвора предохранительно-запорного клапана (ПЗК). Собрать схему продувки газопроводов до тупикового участка:

- открыть арматуру на продувочном газопроводе в тупиковом участке;
- проверить открытие газопровода безопасности;
- закрыть вентили пробоотборных штурцеров;
- взвести ПЗК;
- снять заглушку на газопроводе (по наряду-допуску);

					27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Пуск котла необходимо производить согласно местной инструкции по эксплуатации и режимной карте для оператора, составленных на основе производственной инструкции и инструкций завода-изготовителя горелки и автоматики.

Растопка котла должна вестись постепенно в течении времени, указанного в производственной инструкции.

Регулирование разряжения в топке котла осуществляется поворотом заслонки газохода перед дымососом.

Визуально проконтролировать параметры работы горелки, убедиться в нормальном горении.

Параметры работы - расход топлива, давление топлива перед горелкой, разрежение в топке окончательно уточняются при режимной наладке котла.

Дальнейшая работа котла осуществляется автоматически с помощью регулятора температуры воды за котлом.

Взрывы, возникающие в топках котлов, использующих газообразное топливо

Более частыми факторами образования взрывоопасной скопления газоздушной смеси могут произойти из-за:

- Не соблюдение правила вентилирования газоходов и топки;
- поступление топлива в горелку до образования запального факела;
- отрыв пламени переносного устройства запала в топке в момент подключения горелок;
- попытка розжига стоящей рядом горелки от работающей, без использования запального факела;
- вторичное подключение горелок после отрыва основного или запального факела, не проведя при этом вентиляцию газоходов и топки;
- не соблюдение последовательности открытия кранов стоящих перед горелкой;
- не соблюдение инструкции по продувке газопровода перед запуском котла в работу.

Также возникновение загазованности и взрывы при подключении горелочных устройств могут быть из-за:

- неправильная установка запальника или неисправность в нем;
- нарушение в установке положения газовой запорной арматуры или ее неплотность;
- попытка включения в работу горелочных устройств, при неработающей автоматики регулирования пламени или ее неисправность;
- Неисправность контрольно-измерительных приборов и неправильная оценка их значений.

Во время эксплуатации котла факторами погасания факела, загазованности топки и взрыва от раскаленных поверхностей обмуровки могут произойти из-за:

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				



Вступающий на дежурство оператор знакомится с записями о работе оборудования за предыдущую смену и со всеми распоряжениями администрации котельной, касающиеся обслуживания (температурой сетевой воды зависимой от температуры воздуха снаружи, графиком нагрузки котлов).

Оператор, сдающий смену, подготавливает и приводит все оборудование и помещение котельной в надлежащий вид; знакомит принимающего дежурство с состоянием и режимом работы оборудования, графиком нагрузки котлов; сообщает, какое оборудование находится в резерве или ремонте, какие работы проводились в смене, о задании на смену и замечаниях администрации.

Оператор, принимающий смену, после внешнего осмотра обмуровки работающих котлов и ознакомления с рабочей схемой коммуникации воды и газа, проверяет:

- давление воды во всех работающих котлах по манометрам, предварительно убедившись в их исправности;
- исправность предохранительных клапанов путем их продувки и осмотра правильности закрепления груза;
- действие всех имеющихся в котельной подпиточных приборов (эжектора, насосы) действием кратковременного запуска в работу;
- работу газовых горелок, при этом внимательно следить за давлением воздуха и газа перед горелками и на полноту сгорания газа;
- состояние контрольно-измерительных приборов;
- исправность автоматики и сигнализации;
- наличие противопожарного инвентаря и аптечки.

Оператор, принимающий смену, должен расписаться в сменном журнале замечаний и расписаться вместе с оператором, сдающим смену. Если обнаружены дефекты и неисправности, препятствующие дальнейшей работе котлов, принимающий оператор обязан немедленно сообщить руководству. Сдача смены во время ликвидации аварии, больным или нетрезвым людям явившимся на работу, запрещается.

#### Особенности эксплуатации водогрейных котлов

Особенностью водогрейных котлов является работа их при постоянном расходе сетевой воды и включении непосредственно в тепловую сеть. Нагрузка котлов регулируется изменением температуры входящей и выходящей воды путем изменения форсировки топки. Пуск и обслуживание водогрейных котлов отличаются от эксплуатации паровых котлов.

Пуск водогрейных котлов производится после окончания всех работ на теплотрассе, котельной и заполнения всей теплотрассы, питательной водой до появления давления перед сетевыми насосами не менее 0,2 МПа. Для установки циркуляции необходимо заполнить все сетевые насосы, через открытые задвижки

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

на всасе насосов, закрыть задвижки на напорной линии насосов и воздушник, собрать электрическую схему электродвигателей. Включить насос в работу, проверить правильность вращения вала насоса и создаваемое давление, медленно подорвать задвижку на напоре насоса, до появления характерного шума движения воды по трубам, следя за давлением перед насосом. Давление перед насосом не должно снижаться более чем до 0,05 МПа, во избежание срыва работы насоса. По мере заполнения тепловой системы давление перед насосом будет повышаться, при этом можно увеличить степень открытия напорной задвижки насоса, не допуская появления гидроударов в системе, при появлении гидроударов необходимо прикрыть задвижку. При заполнении следить за воздушниками, периодически развоздушивать верхние точки трубопроводов котлов. После восстановления полного давления в системе и устойчивой циркуляции приступить к подготовке котла к растопке.

## 2.6. Классификация приборов

Контрольно-измерительные приборы применяемые в теплотехнике принято разбивать на две группы: вторичные и преобразователи (датчики).

Преобразователи замеряют физические параметры (температуру, давления, расходы) и преобразуют их в сигналы, определенного вида энергии (электричество, сжатый воздух или жидкость под давлением). С поддержкой рядов связи (провода либо импульсные полосы) знак передается на показывающие вторичные приборы. Преобразователи могут существовать «слепыми», служащие лишь для передачи показаний на вторичные приборы, и показывающими.

Вторичные приборы делятся на показывающие, самопишущие, суммирующие либо счетчики.

КИП разрешено поделить в зависимости от измерительного параметра на последующие главные группы: измерения температуры, давления, расхода, уровня, приборы физико-химического разбора.

В составе электрических устройств, преобразователь является электрическим, то есть с изменением величины измеряемого параметра преобразователь меняет величину напряжения, тока, электрического сопротивления, ёмкости, индуктивности.

В составе пневматических устройств, применяется энергия сжатого воздуха, с поддержкой которой применяется передача кода, после чего приводится в действие вторичный прибор и исполнительный механизм. В составе гидравлических устройств главным ресурсом энергии оказывается жидкость, находящаяся под давлением. Все КИП разделяются по классу точности, определяющие как работает прибор с определенной погрешностью или точностью.

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Абсолютная погрешность – это разность в показаниях между данными с прибора и значением величины.

Класс точности устройства высчитывается как погрешность в значениях устройства в процентах от предельной величины шкалы. К примеру, класс точности устройства равен 0,5, а предельная величина шкалы 100%, отсюда следует, что неточность в вычислениях может составлять не более 0,5% от предельной величины шкалы, а это пол градуса. Поэтому надо учитывать, что чем меньше показания прибора в текущий момент, тем больший процент ошибки он допускает, так как 0,5° по всей шкале в 100° составляет 0,5%, а к показаниям в 10° - 5%.

В практике технических измерений обычно можно встретить устройства классов точности: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5.

Относительной погрешностью принято называть коэффициент абсолютной погрешности к реальному параметру измеряемой величины.

### Приборы давления

К приборам давления относятся манометры, вакууметры, тягонапорометры и мановакууметры.

Манометры – приборы измеряющие избыточное давление, вакууметры – приборы измеряющие давление ниже атмосферного, напорометры – измеряющие низкие давления примерно до 2500 мм. вод. ст. (25 кПа), тягомеры – измеряющие малые разрежения до 2500 мм. вод. ст.

Тягонапорометры и мановакууметры имеют шкалу с нулем посередине. Ими измеряется давление и разрежение. По правилу действия устройства измерения давления делятся на последующие группы: пружинные, грузопоршневые (в них измеряемое давление выравняется силой, образуемой нагрузкой на поршень и его массой), жидкостные.

Пружинные устройства подразделяются на устройства, в которых чувствительным звеном является многовитковая, одновитковая пружина, сильфон, мембрана, (гармониковая мембрана).

К жидкостным приборам относятся U – образные и однотрубные манометры.

Пружинные манометры наиболее распространенные. Эти приборы надежны, просты по устройству имеют большой диапазон измерений от 98 кПа до тысяч кгс/с<sup>2</sup>. Приборы предназначены для действия при температуре наружного воздуха от -4 до 60°С. Выпускаются классом точности: 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. Образцовые 0,16. Главная возможная погрешность определяется для устройств с односторонней шкалой – в процентах от верхнего предела показаний, для устройств с двусторонней шкалой с нулем в центре – в процентах от суммы границ показаний. Цена деления шкалы устройства зависит от класса точности устройства и верхнего предела измерения. На водогрейных котлах производительностью

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

наиболее 21Дж/ч(5 Гкал/ч) обязателен монтаж регистрирующего манометра.

Класс точности должен быть не ниже:

- «2,5 при рабочем давлении до 2,5 МПа»;
- «1,5 при давлении более 2,5 до 14 МПа»;
- «1,0 при давлении более 14 МПа».

Номинальный диаметр манометров, устанавливаемых на высоте до 2 метров должен быть не менее 100 мм, на высоте от 2 до 5 м – не менее 160 мм, на высоте более 5 м – не менее 250 мм. Госповерка не реже 1 раза в 12 месяцев. На предприятии должна проводиться поверка манометров контрольными не реже 1 раза в 6 месяцев (калибровка).

Не применяются приборы к эксплуатации:

- просроченные;
- не имеющие пломбы или клейма;
- имеющие механические повреждения, влияющие на показания;
- при отключении стрелка не возвращается к нулевому значению на величину превышающую половину погрешности.

Приборы для определения температуры

Приборы для определения температуры делятся на:

- стеклянные жидкостные манометры;
- дилатометрические или стержневые термометры, конструкция которых выполнена из двух стержней различных металлов, размер удлинения которых при одинаковом значении температуры различен. По расхождению линейных размеров стержней определяют температуру их нагрева;
- термометры биметаллические, имеющие высокочувствительные элементы в образе пружин разной формы. Пружины соединяют из двух пластин, имеющих разный коэффициент температурного расширения. После нагрева пружины она изменяет форму, и по размеру изгиба определяют значение измеряемой температуры;
- термометры манометрические;
- манометры термоэлектрические (термопары) – устройства в которых применяют метод термоэлектрического эффекта;
- термопары сопротивления, сформированные на свойствах металлов и их сплавов менять свою электрическую устойчивость при нагревании;
- пирометры излучения.

Если тело нагреть до температуры свыше 600°C, оно начинает излучать видимые световые лучи. Интенсивность излучения (яркость свечения) зависит от температуры, до которого нагрето тело.

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

## 2.7. Исходные данные из электротехники

### Функциональные возможности электрического тока

Простая электрическая связь включает в себя источник электроэнергии, двух линейных проводников и потребителя, связывающих источник энергии с потребителем. Источниками электроэнергии являются генераторы преобразующие типы энергии: химическую, световую и механическую – в электрическую. Источник электроэнергии и связанный с ним линейными сетями, потребитель энергии создают замкнутую цепь, по которой проходит электрический ток.

Электрический ток – это последовательное перемещение электрических зарядов в переносной среде, которое протекает под влиянием сил электрического направления. Сила тока распознается как число электронов, переходящих через поперечный разрез проводника за единицу времени 1 секунду единицей вычисления силы тока служит ампер (А), и записывается буквой «I». Энергия, нужная для бесперебойного перемещения тока по цепи, является ЭДС (электродвижущая сила). ЭДС источника тока не теряется при разрыве цепи. Тогда ЭДС приравнивается разности потенциалов (напряжению) на клеммах источника тока. Напряжение записывается буквой «U», измеряют в вольтах (В). Электрический ток перемещается под влиянием разности потенциалов (напряжения) на клеммах источника тока и отправляется от точки с высоким потенциалом (положительный заряд) к точке с низким потенциалом (отрицательный заряд). А движение электрического тока имеют в виду направление движения положительного заряда от плюса к минусу. Если сила и движение тока не меняется с течением времени, то этот ток принято называть постоянным. Электрический ток, который последовательно меняется по силе и движению принято называть переменным. Переменный ток, помимо силы и напряжения, описывается периодом и частотой. Периодом (Т) обозначает время, по течению которого переменный ток проходит одно целое изменение по размеру и направлению.

Частотой принято называть число целых изменений переменного тока, которые протекают за 1 секунду.

### Проводники и диэлектрики

Материалы, передающие электрический ток, принято называть проводниками. К таким относятся металлы, щелочи, растворы кислот, и соли. В электротехнике в виде материала для проводников обычно применяют медь и алюминий. Мало проводимые материалы принято называть диэлектриками. К таким относятся слюда, резина, пластмассы и некоторые другие материалы, к тому же газы и воздух. Распределенному перемещению электронов в проводнике препятствуют его атомы и молекулы. Это препятствие обычно называют

									Лист
									43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

электрическим сопротивлением, записывают буквой (R). Единица измерения – Ом.

Противостояние проводника опирается от его длины, температуры, материала и поперечного сечения.

«Закон Ома для участка и полной цепи:

Для участка цепи  $I=U/R$

Для полной цепи  $I=E/R+r$ ,

R – сопротивление внешнего участка цепи;

E – электродвижущая сила;

r – внутреннее сопротивление источника электрической энергии».

Трёхфазный ток является совокупностью трех связей переменного тока, в которых одновременно работают три синусоидальные ЭДС единой частоты, с одинаковыми амплитудами, перемещенными одна относительно другой на угол (120°). Такую систему получают при движении в однородном магнитном поле трех аналогичных обмоток, перемещенных в пространстве на угол (120°).

Работа, выполняемая за единицу времени, называется мощностью:  $P=A/t$ .

Единицей вычисления мощности является ватт. « $Вт=В*А*с=Дж/с$ » или « $Дж=Вт*с$ ».

Ватт – это мощность, при которой за 1 секунду производится работа, 1 Дж. В электрической связи это мощность, которая затрачивается в проводнике при напряжении 1В между его концами и при токе 1А. Устройство для вычисления мощности – ваттметр, содержит в себе две измерительные цепи (две катушки), из которых одна подключается, как амперметр, постепенно с объектом вычисления, а другая синхронно, как вольтметр. Работа выполняемая за 1 час при беспрерывной мощности « $1кВт(кВт*ч)=3\ 600\ 000\ Дж$ ».

### Трансформаторы непостоянного тока и электромагниты

При перемещении электрического тока через проводник в пространстве вокруг него появляется магнитное поле. При отсоединении тока магнитное поле пропадает. Магнитное поле появляется помимо области вокруг прямолинейного проводника, но и в области вокруг проводника, сплетенного в кольцо. Проводник, сплетенный в некоторое число колец, принято называть катушкой. Магнитное поле обладает наибольшим напряжением внутри катушки и изменяется от силы тока и количества витков. Если поменять магнитное поле в области проводника, то в проводнике наблюдается ЭДС, под влиянием которой в закрытом проводнике появляется электрический ток. Это действие принято называть взаимной индукцией и занесено в основу воздействия трансформатора. Электромагнитный прибор, который переводит переменный ток единого напряжения, в непостоянном токе иного напряжения принято называть трансформатором.

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Обмотка, подключенная к сети источника электроэнергии, принято называть первичной, а обмотка, от которой энергия передается потребителю – вторичной. Трансформаторы подразделяются на повышающие и понижающие.

Принцип действия трансформатора состоит в следующем: если основную обмотку трансформатора подсоединить к источнику непостоянного тока, то ток появляется в железном сердечнике трансформатора изменяющийся магнитный поток, который проходит в витки второй обмотки трансформатора, станет индуцировать в обмотке ЭДС.

Трансформаторы приобрели широкое действие при переводе электрической энергии на длительные расстояния.

#### Электрооборудование котельных

Электродвигатели – состоят из статора (неподвижной части), ротора (подвижной части).

Обмотка статора при подключении в электрическую сеть создает движущееся магнитное поле, которое проходит через обмотку ротора и появляется в ней ЭДС. В результате воздействия, проходящем в обмотке ротора тока, с движущимся магнитным полем статора, ротор переходит в поступательное движение. Если ротор движется со скоростью перемещения магнитного поля, двигатель будет называться синхронным, а если скорости не совпадают – асинхронным.

Щиты силовые, осветительные, рубильники и переключатели различного исполнения, магнитные пускатели, плавкие предохранители, автоматические выключатели.

#### 2.8. Тепловой баланс котельного агрегата

Термический коэффициент полезного действия представляет собой отношение полезно использованного в цикле тепла ко всему подведенному теплу.

$$\eta = Q_{\text{пол}} / Q_{\text{подв.}}$$

#### Метод обратного баланса

Потери с уходящими газами (4-7%); потери тепла от химической неполноты сгорания топлива (1-3%) при сжигании твердого топлива. Потери тепла от химической неполноты сгорания газообразного топлива, при полном соотношении газ-воздух, потери отсутствуют но при переходных режимах возможны до 0,5%; потери от механической неполноты сгорания топлива: при пылевидном сжигании 0,5-5%; при жидком и газообразном топливах -0%; потери тепла в окружающую среду (0,2-1%); потери тепла с физическим теплом шлаков (0,5-3%).

Уравнение обратного теплового баланса котельного агрегата при сжигании твердого топлива имеет вид:

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

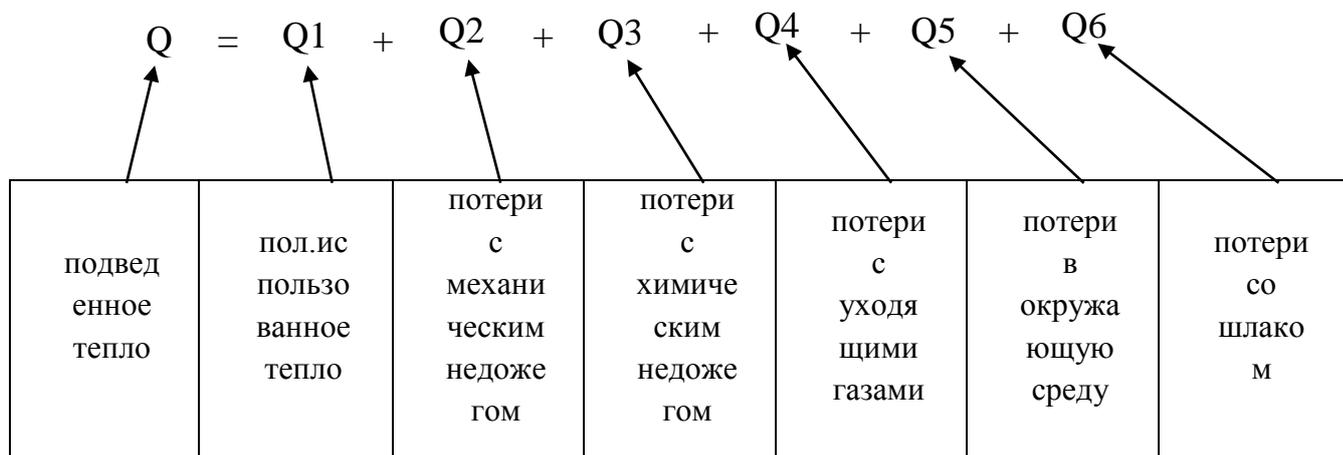


Рисунок 9. Уравнение обратного баланса

### Метод прямого баланса

$$\eta = \frac{D(I_{п.е.} - i_{п.в.}) + D_{прот.}(i_{прот.} - i_{п.в.})}{BQ_p}$$

При испытаниях применяются оба метода. Однако, прямой баланс, как правило, дает меньшую точность, чем обратный. Коэффициент полезного действия брутто учитывает только тепловые потери и характеризует тепловое совершенство парогенератора. Для полной оценки эффективности использования топлива введено понятие о КПД нетто, учитывающего кроме тепловых потерь еще и потери на собственные нужды.

### 3. ЧАСТЬ 3

#### 3.1. Разработка схемы функционирования

##### 3.1.1. Описание схемы функционирования

В схеме функционирования отображается принцип передачи информационных сигналов с котла на контроллер и передача этого сигнала на ПК. Где оператор устанавливает контроль, регулирует и изменяет заданные параметры, согласно режиму.

На котле KB-5/115 устанавливаются приборы температуры и датчики давления. Они отображают следующие параметры:

- расход газа;
- температуру воды в обратном и прямом трубопроводе;
- давление воздуха;
- разряжения в топке котла.

Датчики передают сигнал с параметрами на микропроцессорный контроллер «РЕМИКОНТ Р\*130ISa». Контроллер подключается к пульту управления и к ПК. На экране ПК выводится информация в виде мнемосхем. Оператор управляет технологическим процессом через пульт управления или же непосредственно с ПК.

##### 3.1.2. Описание модели математическим способом

Анализируя водогрейный котел можно визуально разделить на три основных контура:

- температуры;
- давления;
- соотношение газ-воздух.

Основным же является контур по температуре.

Для анализа синхронизированной работы инерционного контура управления температурой и малоинерционного контура управления соотношения, рассмотрим математический макет двухконтурной системы.

Система управления температурой воды в котле представляет собой двухконтурную подчиненную. Внешний контур производит регулирование температуры по сигналу согласования расхода газа. Сигнал согласования переходит на ввод регулятора поступления газа. С регулятора передачи газа сигнал переходит через трехпозиционный регулятор, который устанавливает направление движения электродвигателя. Электродвигатель управляет положением заслонки, вследствие чего изменяется подача газа. Сигнал с заслонки, определяющий применение топлива, переходит на предмет управления.

Внутренний контур управления расхода воздуха налажен так, что выполняет подачу воздуха в предмет регулирования в соответствии с подачей газа, поэтому его представляют как отдельный контур.

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

Внутренний контур производит регулирование потребление воздуха по методу изменения расхода. Сигнал параметров расхода получается в результате преувеличению сигнала потребления топлива в раз. Сигнал изменения расхода передается на соизмеряющий элемент. Сигнал несовпадения изменения воздуха передается на контроллер расхода. С контроллера сигнал передается на вентилятор с частотно – регулируемым приводом. В связи с чем изменяется частота вращения вала двигателя на вентиляторе, и следовательно, расход подающегося в горелку воздуха.

Для определения неизвестных коэффициентов применим методом наименьших квадратов.

Заведомо известно, что:

$$K_1 = \frac{1}{T_i} \quad (1.1)$$

$$t = K_2 * (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (1.2)$$

$$t_{i\text{ppac}} = K_2 * (1 - e^{-\frac{t_i}{T}}) \quad (1.3)$$

$$t_i - t_{i\text{ppac}} = (t_i - K_2 + e^{-\frac{t_i}{T}}) \quad (1.4)$$

Возведя в квадрат и сложив по всем дискретным значениям, получим:

$$F = \sum_{i=1}^{28} (t_i - K_2 + e^{-\frac{t_i}{T}})^2 \quad (1.5)$$

- сумма квадратов изменения температур по всем дискретным значениям.

Находим минимум функции F(K2 ,T), получаем искомые коэффициенты:

$$K_2 = 0,017;$$

$$T = 50 \text{ мин.}$$

Программа моделирования переходящего процесса в системе и определение оптимальных настроек контроллера позволяет убедительно продемонстрировать переходный процесс в работе, как при приемлемых настройках, так и при настройках, отличных от нормальных. В виде первичных условий для построения модели перемены температуры воды возьмем начальную температуру 00 °С, в виде установки – температура 115 °С, без изменения скорости нагрева. Приемлемыми настройками для системы являются:

$$K_p = 54,7$$

$$K_i = 1,8$$

### 3.1.3. Схема параметров настройки

- K2, K5 – масштабные коэффициенты, характеризующие степень воздействия сигналов автонастройки на значения;
- «Δ, ТМ , КП , ТИ (ТД );

- НЗ, Н4 – предел срабатывания и гистерезис нуля-органа;
- $\Delta$  - зона нечувствительности;
- КП – коэффициент пропорциональности;
- ТИ,ТД – постоянные времени, интегрирования и дифференцирования;
- ТМ – коэффициент, равный времени перемещения управляющего механизма, соответствующего 100%-му изменению регулируемого параметра;
- ТК – постоянная времени динамической балансировки алгоритма».

### 3.2. Разработка принципа работы котла КВ-5/115

#### 3.2.1. Описание алгоритма

Технологический алгоритм работы котла КВ-5/115, состоит из нескольких этапов. Следовательно, программа должна действовать, используя несколько этапов.

Принцип действий контроллера Р\*130ISa можно изобразить в образе:

- «Регулятора воздуха;
- Регулятора разрежения в топке котла».

Регулятор воздуха.

Используя ключ на панели управления дискретный знак передается на дискретный ввод контроллера Ремиконт Р\*130ISa. Затем передается на 6 ввод алгоблока «2.8 (43 ПЕР)» и обратно на 7 ввод того же алгоблока. Сообразно логике действий алгоблока «43 ПЕР», при существовании логической единицы на 6 вводе подключается 2 ввод алгоблока, который как известно подсоединяется к типовому выводу (11) этого алгоблока. При существовании логической единицы на 7 вводе, подсоединяется 3 ввод алгоблока к типовому выводу (11). Типовые входы 2 и 3 преобразуются используя коэффициенты К2 и К3. В связи с этим имеется возможность преобразовать знак по давлению газа переходящего с приборов давления на горелке.

Преобразованный знак давления газа является параметром по давлению воздуха для регуляторов «2.7(11 РИС)» и «2.8(02 РАН)». Знак переводится на 2-е входы регуляторов с преобразованием.

В алгоблоке «2.7(11 РИС)» перевернутый знак по давлению воздуха складывается с настоящей величиной давления воздуха передающегося с датчика давления и образует знак несовпадения в соответствии с которым, образуется выводной знак алгоблока «2.7(11РИС)». При отрицательной величине усиливается знак вывода и напротив при положительной величине понижается знак вывода, при этом добиваются, чтобы равнялась нулю. Образованный знак с вывода (11) передается на пульсирующий вывод контроллера Ремиконт Р\*130ISa для регулирования исполнительным механизмом. Также одновременно действует регулятор «2.8(02РАН)». С типичного вывода (11) алгоблока

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

«2.8(02РАН)» образованный типовой сигнал поступает на аналоговый вывод контроллера для регулирования частотным преобразователем.

При автоматическом методе вывод типового регулятора «2.8(02РАН)» подсоединяется к выводу (11) того же алгоблока.

При недостатке автоматического метода алгоблок «2.8(02РАН)» переводится в режим слежения, то есть на типовой вывод подсоединяется 6 ввод алгоблока на который поступает знак с ручного задатчика.

Прибор разрежения в топке котлоагрегата. Разрежение в топке котлоагрегата записывается с двух датчиков «(39а)» и «(39г)». Так как знак нестабилен практикуется некоторое изменение в двух алгоблоках «1.4(23 СЛЖ)» и «1.8(53 СИТ)». Знак с приборов разрежения «(39а)» и «(39г)» переходит на 2 и 3 ввода алгоблока «1.4(23 СЛЖ)» и на 1 и 3 ввода алгоблока «1.8(53 СИТ)». На 2 ввод алгоблока «1.8(53 СИТ)» переходит усредненный знак с вывода (11) алгоблока «1.4(23 СЛЖ)». С вывода (11) алгоблока «1.8(53 СИТ)» выбранный знак переходит на 2 ввода пульсирующего регулятора «2.1(12 РИН)» и регуляторов «3.1(02 РАН)» и «3.2(02 РАН)». В то же время на те же алгоблоки с вывода алгоблока «1.2(34 КОР)» переходит на 3 ввода обратный знак с приборов расхода (41в) и (41д), вместе направляется информация на иллюстрирующий прибор вычисления расхода устанавливаемого на позиции «(FI 41г)».

В процессе работы на схеме с регулирующими приборами в работу включается пульсирующий регулятор «2.1(12 РИН)». На 2 ввод переходит знак разрежения и на 3 ввод коллектирующий знак по потреблению воздуха с алгоблока «1.2(34 КОР)». Знак складывается с параметром, после чего протекает разбаланс и образуется регулирующий знак. Далее регулирующий знак переходит на алгоблоки «2.2(45 ИЗО)» и «2.3(45 ИЗО)», помимо этого эти алгоблоки необходимы для синхронизации переправляющих устройств дымососов.

Предварительно контролируемый знак о позиции управляющего механизма (39ж) и (39м) переходит на 4 и 5 ввода алгоблока «2.1(12 РИН)», что совместимо вводам нуль-органа, где проходит образование дискретного знака. Образованный дискретный знак с вывода 12.1 поступает на 2 и 3 ввода алгоблоков «(45 ИЗО)» и с вывода 12.2 поступает на 3 и 2 ввода тех же алгоблоков. В алгоблоках «(45 ИЗО)» образуется знак для регулирования управляющими механизмами и если один направляющий прибор превосходит другой, то в этих алгоблоках срабатывает логика «Запрета», что предоставляет возможность синхронизировать направляющие приборы.

### 3.2.2. Применяемые стандартные механизмы

В разработке принципа работы котлоагрегата применялись типовые алгоритмы из библиотеки принципов работы контроллера Ремиконт Р\*130ISa. Названия алгоритмов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Алгоритмы контроллера Ремиконт Р\*130ISa.

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Номер алгоблока	Код алгоритма	Полное название алгоритма
1.2	34 КОР	Корень квадратный
1.4	23 СЛЖ	Слежение
1.8	53 СИТ	Среднее из трех
2.1	12 РИН	ПИД импульсный с нуль-органом
2.2	45 ИЗО	Избирательное отключение
2.3	45 ИЗО	Избирательное отключение
2.7	11 РИС	ПИД стандартный
2.8	02 РАН	ПИД аналоговый с нуль-органом
2.8	43 ПЕР	Переключение
3.1	02 РАН	ПИД аналоговый с нуль-органом
3.2	02 РАН	ПИД аналоговый с нуль-органом
3.3	45 ИЗО	Избирательное отключение
3.4	45 ИЗО	Избирательное отключение

РАН (02) – ПИД аналоговый с нуль-органом.

Алгоритм создает знак несоответствия и совершает пропорционально–интегрально–дифференциальное (ПИД) трансформация этого знака.

Сигнал несоответствия образуется как разница между суммой трех вводных знаков и сигналом задания. Складывание вводного знака создается с использованием двух сумматоров.

Сигнал несоответствия равен:

$$\varepsilon = y_1 + y_2 - x_{здн} \quad \text{«(1.6)»}$$

Знак параметров хздн содержится в диапазоне 102,3 %, поэтому суммарный знак двух сумматоров также не может переходить через этот диапазон.

ПИД-преобразование осуществляется вместе с передаточной функцией:

$$W(p) = K_n \left( 1 + \frac{1}{T_u p} + \frac{T_d p}{\left(\frac{1}{8} T_d p + 1\right) \left(\frac{1}{4} T_d p + 1\right)} \right) \quad \text{«(1.7)»}$$

На вводе ПИД-звена внедряется зона нечувствительности и знак несоответствия преобразуется. При

$$|\varepsilon| < \frac{\Delta}{2} \quad \text{«(1.8)»}$$

знак на вводе ПИД-звена приравнен к нулю;

при « $|\varepsilon| > \frac{\Delta}{2}$ » (1.9)

на вход ПИД-звена передается знак,

равный « $(|\varepsilon| - \frac{\Delta}{2}) \text{sign } \varepsilon$ » (1.10)

На выводе ПИД-звена поставлен ограничитель. Интегрирование в ПИД-звене заканчивается и «замораживается» выводной знак интегратора, когда доходит до порога ограничения.

Величины установки

- $k_2 - k_5$  – масштабные коэффициенты, соответственно по входам 2 – 5 алгоритма. Сигнал на входе 1 не масштабируется;
- $H_1, H_2$  – уровни ограничения выходного сигнала. Соответственно по минимуму и максимуму;
- $H_3, H_4$  – соответственно порог срабатывания нуля-органа и гистерезис;
- $\Delta$  – зона нечувствительности;
- $T_i, T_d$  – постоянные времени, соответственно интегрирования и дифференцирования;
- $T_m$  – коэффициент, обычно устанавливаемый равным времени перемещения исполнительного механизма, соответствующего 100%-му изменению регулируемого параметра;
- $T_k$  – постоянная времени динамической балансировки алгоритма».

«РИС (11) – ПИД» пульсирующий типовой.

Алгоритм образует сигнал рассогласования и вместе с управляющим механизмом единой скорости приблизительно исполняет ПИД-преобразование этого знака.

Знак несоответствия образуется как разница между суммой пяти вводных знаков « $X_1 - X_5$ » и знаком задания.

Складывание вводных знаков устанавливается с использованием двух сумматоров. Начальный сумматор типовой, но без фильтрации. Выводной знак второго

« $y_2 = k_4 x_4 + k_5 x_5$ » (1.11)

Свойства второго сумматора аналогичны свойствам первого исключая то, что складываются лишь два вводных знака. Сигнал несоответствия равен:

« $E = y_1 + y_2 - x_{з\text{дн}}$ » (1.12)

Знак задания  $X_{з\text{дн}}$  наблюдается в диапазоне  $\pm 102.3\%$ , поэтому суммарный знак двух сумматоров тоже не может выходить за пределы этого диапазона.

Алгоритм включает ПИД-звено, содержащую передаточную функцию:

«
$$W_{\text{П}}(p) = k_{\text{П}} \left( 1 + T_{\text{И}} p + \frac{T_{\text{И}} T_{\text{Д}} p^2}{(T_{\text{Д}} p + 1)(\sqrt{4} T_{\text{Д}} p + 1)} \right)$$
» (1.13)

Что соответствует исполнительным механизмам константы скорости предоставляет передаточную функцию вида:

$$W_{2(p)} = k_n \frac{T_M}{T_{M0}} \left( 1 + T_{шp} + \frac{T_{\partial p}}{\left(\frac{1}{8}T_{\partial p} + 1\right) \times \left(\frac{1}{4}T_{\partial p} + 1\right)} \right) \quad (1.14)$$

«Тм и Тм,0» – это выбранный оператором коэффициент, выполняющий все время исполнения исполнительного механизма, и настоящее время, с которым действует исполнительный механизм. Все время передвижения исполнительного механизма – это время его обработки, которое приводит к 100%-му изменению управляющего параметра. Обычно «Тм =Тм,0» . Однако, применяемый персоналом коэффициент «кп» излагает действительный коэффициент соразмерности регулятора. В других случаях величина коэффициента соразмерности равна «кп=Тм /Тм,0».

На входе «ПДД2-звена» знак преобразовывается и устанавливается территория нечувствительности. Есть возможность выставить четыре дискретных величины минимальной продолжительности импульса «ti мин», которая зависит от произведения двух величин «Δ и Тм» и вычисляется из таблицы 3.

Таблица 3. Дискретные значения минимальной длительности импульса

$\delta = \Delta \times T_M$ , % x c	Ti мин, c
$25.6 < \delta \leq 51.2$	0.24
$0 < \delta \leq 25.6$	0.12
$51.2 < \delta \leq 76.8$	0.36
$\delta > 76.8$	0.48

Если выбирается Тм =Тм,0 , то при всяких значениях  $\delta \geq 12$  «автоматически» определяется максимально допустимая продолжительность минимального толчка, при которой не достигают автоколебания в закрытой системе в режиме одного включения. Если « $\delta < 12$ », автоколебания возможны в режиме единого включения. Метод «РИС» включает в себя нуль-орган, может работать в режиме удаленного управления и переходить в отключенное состояние. В этом алгоритме нет звена балансировки узла дистанционного управления. Поэтому при переводе на удаленный доступ, выходной знак алгоритма импульса принимает значение сигнала на вводе 6. В этом принципе есть вероятность статической и динамической балансировки способа. Балансировка выполняется при выключении алгоритма, что отнимает место в одном из гнезд «ДИСТ, РУЧН, СЛЕЖ». В выключенном режиме звенья «Д и Д2» превращаются в ноль, поэтому после применения алгоритма при бесперебойном сигнале несоответствия и вместе с выполняющим механизм константы скорости, алгоритм проявляет себя как интегрирующее звено.

Параметры настройки:

- « $k_2 - k_5$ » – масштабные коэффициенты, соответственно по входам 2 – 5 алгоритма. Сигнал на входе 1 не масштабируется;
- «Н3, Н4» – соответственно порог срабатывания нуля-органа и гистерезис;
- « $\Delta$ » – зона нечувствительности;
- «Кп» – коэффициент пропорциональности;
- «Ти, Тд» – постоянные времени соответственно интегрирования и дифференцирования;
- «Тм» – коэффициент, обычно устанавливаемый равным времени перемещения исполнительного механизма, соответствующего 100%-му изменению регулируемого параметра;
- «Тк» – постоянная времени динамической балансировки алгоритма.  
«РИН (12) – ПИД» импульсный с нуля-органом).

Учитывая особенности, присущие алгоритмам импульсного управления, алгоритм «РИН» подходит алгоритму «РАН».

«СЛЖ (23)» – слежение.

Алгоритм выводит сигнал  $\mathcal{E}$ , сформированный разницей между суммой трех входных сигналов и сигнала установки. Входные сигналы суммируются используя сумматор.

Функция слежения нужна в последующем. В установившемся режиме знак «у» на входе звена слежения равен сигналу  $\mathcal{E}$ . Если знак  $\mathcal{E}$  изменится, при этом скорость перемены станет больше скорости слежения (равной « $100/T_1$  [%/мин]»), знак «у» изменится с неизменной скоростью « $100/T_1$  [%/мин]», устремляясь сравниться с сигналом  $\mathcal{E}$ . Если скорость перемены сигнала  $\mathcal{E}$  меньше скорости слежения, знак «у» в каждом периоде успевает сравниться с сигналом  $\mathcal{E}$  и потому выполняется сходство « $u=\mathcal{E}$ ». На выводе звена слежения установлен стандартный ограничитель.

Величины настройки:

- « $k_2 - k_3$ » – масштабные коэффициенты, соответственно по входам 2 – 3 алгоритма. Сигнал на входе 1 не масштабируется;
- « $k_5$ » – коэффициент, определяющий степень автоподстройки параметра Т1;
- «Н1, Н2» – уровни ограничения выходного сигнала. Соответственно по минимуму и максимуму;
- «Н3, Н5» – соответственно пороги срабатывания двух пороговых элементов;
- «Н4» – гистерезис, одинаковый для обоих пороговых элементов;
- «Т1» – постоянная времени фильтра;
- «Т4, Т5» – постоянные времени звеньев динамической балансировки соответственно алгоритма и узла дистанционного управления.  
«КОР (34)» – корень квадратный».

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Алгоритм производит операцию вычисления корня из двух сигналов, образованными каналами а и b. вычисление корня из благоприятных знаков выполняется по формуле:

$$\llcorner y=10(\sqrt{x_a} + \sqrt{x_b}) \llcorner(1.15)$$

«где у – выходной сигнал алгоритма;  $x_a$  ,  $x_b$  – сигналы соответственно по каналам а и b; все сигналы выражаются в процентах».

Вычисление корня из неблагоприятного числа выполняется по формуле:

$$\llcorner \sqrt{x} = -\sqrt{|x|} \llcorner(1.16)$$

Отсюда следует, что при стопроцентном знаке по одной из цепей и при нулевом знаке - по другой цепи выводной сигнал алгоритма тоже равен 100 %.

Величины настройки:

- « $k_2 - k_5$ » – масштабные коэффициенты соответственно по входам 2 – 5 алгоритма. Сигнал на входе 1 не масштабируется;
  - « $H_1, H_2$ » – уровни ограничения выходного сигнала. Соответственно по минимуму и максимуму;
  - « $H_3, H_5$ » – соответственно пороги срабатывания двух пороговых элементов;
  - « $H_4$ » – гистерезис, одинаковый для обоих пороговых элементов;
  - « $T_2, T_3$ » – постоянная времени фильтра соответственно по каналам а и b;
  - $T_4, T_5$  – постоянные времени звеньев динамической балансировки соответственно алгоритма и узла дистанционного управления».
- «ПЕР (43)» – переключение.

Принцип выполняет функцию коммутатора типовых сигналов. Алгоритм подключается к типовому выводу один из пяти знаков: один внутренний (знак задания) и четыре внешних, переданных на вводы 1 – 4. Дискретные распоряжения на переход передаются на вводы 5 – 8 алгоритма. Команда, переданная на ввод с меньшим номером, имеет преимущество над командами, переданными на ввод с большим номером. Знак на дискретном выводе в двоичном коде фиксирует текущее место переключателя.

Метод считается выключенным, ежели на его дискретные вводы не передано ни одной команды. В этом случае к макету вывода метода подсоединен врождённый задатчик. Если на хоть какой из вводов 5 – 8 передан разрывной знак, к аналоговому выводу подсоединяется один из вводов 1 – 4, при этом предполагается, что метод работает в режиме удаленного управления и основной алгоблок переходит в режим «СЛЕЖ». В методе обеспечена балансировка хоть какого из вводов 1 – 4. Характеристики балансировки выставляются при поддержке коэффициента « $T_5$ ». При « $T_5=0$ » балансировки недостает. При « $0 < T_5 < \infty$ » внедряется динамическая балансировка, благодаря которой при переводе в режим «ДИСТ» (при переходе с задатчика на хоть какой из каналов 1 – 4)

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

выводящий знак меняется плавно с неизменной настраиваемой скоростью « $V=100/T5$  [%/мин]». Также плавно и с той же скоростью появляется переход с 1-го из вводов на любой иной. При « $T5 = \infty$ » первичная разница в сигналах «замораживается» и есть как неизменная добавка к текущему сигналу. Метод переводится в отключенное положение, ежели он работает в одном из режимов «ДИСТ, РУЧН, СЛЕЖ». В отключенном состоянии устанавливается балансировка канала задатчика, которая состоит в том, что к сигналу задатчика прибавляется знак компенсации, устанавливающий подлинное сходство аналоговых сигналов по цепи задатчика и на выводе алгоблока. В методе гарантированно 2 вида указанной балансировки – динамическая и статическая. При динамической балансировке, после ввода метода (при неимении команд на вводах метода 5 – 8 и режимов «РУЧН, СЛЕЖ») знак компенсации уменьшается до нуля с неизменной изменяемой скоростью « $V=100/T4$  [%/мин]». Статическая балансировка проводится с поддержкой обычного самодействующего изменения сигнала задатчика. После подключения метода заключительный смысл сигнала задания укрепляется. При статической балансировке звено динамической балансировки обнуляется (« $X9 = 0$ »). Отбор вида балансировки канала поручения делается при поддержке коэффициента « $T4$ ». При « $T4 = 0$ » балансировки недостает, при « $0 < T4 < \infty$ » вводится динамическая, а при « $T4 = \infty$ » - статическая балансировка.

Контроль сигналов в различных точках метода делается с поддержкой обычной процедуры. В контрольных точках 1 – 8 выделяются вводные сигналы метода, в точках 9, 10 – сигналы динамической балансировки аналогично по каналу задания и аналогично вводам 1 – 4.

Величины настройки:

- « $k2 - k4$ » – масштабные коэффициенты соответственно по входам 2 – 4 алгоритма. Сигнал на входе 1 не масштабируется;
  - « $T4, T5$ » – постоянные времени звеньев динамической балансировки соответственно по каналам задания и по входам 1 – 4 алгоритма».
- «ИЗО (45)» – избирательное отключение.

Ежели недостает запретов метод формирует выводящий знак, одинаковый размерности меж сигналом на вводе I и сигналом задания.

Вводной знак отфильтровывается. Подобно разностному сигналу внедряется зона не чувствительности. В методе введены 2 типа запретов.

Запрещение на символ выводного сигнала подавляет модифицирование сигнала в сторону положительных и отрицательных параметров. Команды запрета вводятся в этом случае на вводы соответственно 2 и 3. Ежели команды запрета введены сразу на входы 2 и 3, выводящий знак алгоритмов приравнивается к нулю. Запрещение на преобразование выводного сигнала подавляет модифицирование сигнала больше либо ниже (по абсолютной величине) того значения « $u0$ », которое имело выводящий знак в момент вступления запрета.

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Команда запрета на повышение сигнала подается на ввод 4, на убавление – на ввод 5. Ежели команды запрета введены сразу на вводы 4 и 5, выводящий знак метода «замораживается» при всяком изменении вводного сигнала.

Величины настройки:

- ««Н5» – зона нечувствительности;
  - «Т3» – постоянная времени фильтра;
  - «Т4, Т5» – постоянные времени звеньев динамической балансировки соответственно алгоритма и узла дистанционного управления».
- «СИТ (53)» – среднее из трех.

Метод распознает средний по уровню знак из трех вводных типовых сигналов. Выводной знак отфильтровывается, складывается с величиной и удерживается обычным ограничителем.

Величины настройки:

- ««Н1 , Н2» – уровни ограничения выходного сигнала. Соответственно по минимуму и максимуму;
- «Н3, Н5» – соответственно пороги срабатывания двух пороговых элементов;
- «Н4» – гистерезис, одинаковый для обоих пороговых элементов;
- «Т1» – постоянная времени фильтра;
  - «Т4, Т52 – постоянные времени звеньев динамической балансировки соответственно алгоритма и узла дистанционного управления».

### 3.3. Техническое обеспечение: обоснование и выбор

#### 3.3.1. Регулирующий микропроцессорный контролер Ремиконт

Управление трудным фабричным оборудованием может реализоваться разными методами. Задавать команды и отслеживать их исполнение может оператор со собственного пульта, что не всегда является хорошим решением для принципиального индустриального объекта. Присутствие самодействующего оснащения и устройств для контроля и измерения требует мгновенной переработки сигналов, данных и сведений о поломках. Человек даже при поддержке компьютера не способен исполнять все требуемые задания. Поэтому долгие годы в промышленности применяют особые приборы - контроллеры.

Контроллер - это устройство, которое регулирует работу приборов. Он приобретает от всех других устройств сигналы, какие вызывают ответную реакцию: включение либо выключение тех либо других функций, преобразование характеристик, переработка и хранение информации. В собственном начальном облике контроллеры представляли собой шкафы, которые содержали реле и контакты, логически связанные меж собой. Эти эталоны производились с уже данными функциями и параметрами управления, и поменять их в рабочем распорядке было нереально. С появлением новейших достижений в области техники, контроллеры стали базироваться на работе процессора. Это сделало

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

вероятным исполнением не лишь логических операций, однако и программирования устройства под конкретные условия. В настоящее время контроллеры имеют вероятность обработки и аналоговых, и цифровых сигналов. Не считая способности программирования, они получили и память для сохранения информации.

В современных контроллерах реле заменили микропроцессоры. Правильными технологическими действиями в индустрии стало еще удобнее, благодаря способности обрывать сигналы сходу от огромного числа приборов и контрольно-измерительных устройств, скорости обработки данных и прочности этого вида техники. Среди российских контроллеров наиболее огромное распространение получило устройство под наименованием Ремиконт. Он издавна и удачно используется на предприятиях нефтехимической, энергетической, металлургической, пищевой индустрии и почти всех остальных отраслях промышленности. Этот контроллер отличается от собственных иностранных аналогов более доступной ценой и прочностью при эксплуатации. Он отлично идет и для работы с обычным оборудованием, и для управления самыми новейшими технологическими действиями. Имеются разные модификации Ремиконта, носящие маркировку из нескольких цифр и букв, к примеру, везде где только можно встречаются Ремиконт-130. Так как индустриальное оборудование в нашей стране управляется конкретно этим видом контроллера, то и все новые образцы основываются на моделях Ремиконта. Скажем, уже некоторое время удачно используется модель Ремиконт 130ISa, который имеет более обширные способности в области программирования и действенного управления автоматическим оборудованием на промышленном предприятии.

Главные задачи контроллера Ремиконт - построение сетей управления автоматическими приборами и управление таковыми системами в действии. Контроллер исполняет регулирование систем, регистрацию данных, приобретенных от устройств, охрану всей системы от аварийной ситуации и блокировку устройств в вариантах, когда это нужно. Обслуживать контроллер Ремиконт может специалист, даже не знакомый с языками программирования, так как характеристики задаются при поддержке выбором модулей и блоков для всякого входящего сигнала и исходящего управления. Все имеющиеся на производстве контроллеры имеют все шансы существовать соединенными в локальную сеть, а управление ими станет реализоваться с компьютера. Вся поступающая информация регистрируется и сберегается в памяти устройства. Она может храниться в течении 10 лет без включения питания. Помимо этого, контроллер Ремиконт обустроен всеми важными системами самодиагностики и сохранности.

По собственному наружному виду контроллер представляет собой некоторое количество блоков. Главный из их является железным корпусом довольно значительного размера, в который помещают микропроцессор; флэш-память для сохранения информации и регистрации событий; оперативную память, которая

						27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
							58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

охватывает технологические способности устройства и основание данных программы; динамическую память, которая требуется для внедрения программ в текущих обстановках; таймеры; каналы для включения к информационным сетям, таких как Ethernet и Modbus. Входят в состав контроллера и разные усилители сигналов и блоки питания. Все блоки устанавливаются стационарно на промышленном предприятии, в соответствии с моделью контроллера.

В процессе эксплуатации микропроцессорный контроллер Ремиконт исполняет сбор сигналов от приборов, обрабатывает информацию всех датчиков, исполняет коррекцию сигналов, изготавливает фильтрацию входящих сигналов. Не считая этого, он способен исполнять расчеты арифметических заданий. Удобство российских контроллеров Ремиконт безоговорочно. А возникающие новейшие разработки в данной области разрешают избежать трудного процесса привыкания иностранных контроллеров к оборудованию наших промышленных компаний. Растет скорость операций, растут способности по хранению информации, развиваются способности по программированию Ремиконта и управлению устройством с индивидуального компьютера. Это дает понять, что использование в индустрии микропроцессорного контроллера Ремиконт остается актуальным и функционально оправданным.

Контроллеры предусмотрены для построения высокоэффективных, доступных по стоимости и достоверных систем автоматизации разных технологических объектов широкого класса – обычных, средних и трудных, медлительных и стремительных, сконцентрированных и рассредоточенных в пространстве. Этим гарантируется единичная разработка проектирования систем разнообразной трудности и равномерность аппаратуры автоматики на предприятии, значительно убавляющая затраты на конструирование, комплект ЗИП, обучение персонала и т. п. Контроллеры рекомендуются для внедрения инжиниринговым и проектным организациям, компаниям с огромной численностью разнотипных технологических объектов.

Контроллеры нацелены на автоматизацию технологических объектов в разных сферах:

- «теплоэнергетика (водоподготовка, котлоагрегаты, вспомогательное оборудование);
- нефтегазовая промышленность (компрессорные станции, добыча и транспортировка, переработка);
- промышленность стройматериалов (стекольные, кирпичные и цементные заводы);
- пищевая промышленность (объекты сахарных заводов, спиртзаводов, пивзаводов, хлебозаводов);
- агропромышленный комплекс (управление климатом теплиц, овощехранилищ, элеваторов и т.п.);

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

- энергохозяйство предприятий и учреждений (генерация, учет и оптимальное распределение тепловой энергии, системы промышленной безопасности и т.п.);
- управление энергохозяйством городов (системы водоснабжения и канализации, тепловые пункты микрорайонов, тепловые пункты зданий, внутридомовые тепловые пункты, системы телемеханики электрических подстанций, системы управления уличным освещением и т.п.)».

#### Основные показатели назначения контроллеров

Таблица 4. Основные показатели значения контроллеров

КОНТРОЛЛЕРЫ	МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО АНАЛОГОВЫХ (ДИСКРЕТНЫХ) ВХОДОВ/ВЫХОДОВ И ШАГ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ $\Delta k$	ОСНОВНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ, %	МИНИМАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ЦИКЛА ТП* И ШАГ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ $\Delta t$ , мс	ТИП ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ
КРОСС-500	3840 (3840) $\Delta k=1, 2, 4, 8 (8, 16)$	$\pm 0.2, \pm 0.1$	2 $\Delta t=1$	простые и сложные сосредоточенные и рассредоточенные
Микроконтроллеры Т-МК1, МК1**	32 (32) $\Delta k=1, 2, 4 (1, 2, 4)$	$\pm 0.1$	2 $\Delta t=2$	малые рассредоточенные
Ремиконт Р-130ISa	20 (32) $\Delta k=8, 10 (16)$	$\pm 0.3$	10 $\Delta t=2$	малые сосредоточенные

« »

\*ТП – технологическая программа

\*\* Микроконтроллеры Т-МК1, МК1 входят в состав контроллера КРОСС-500, но могут применяться и самостоятельно.

#### Функции контроллеров

Контроллеры предусмотрены для решения последующих типовых задач автоматизации:

- сбор, контроль, регистрация и архивация информации с датчиков разных типов;
- защита технологического оснащения;
- логическое, программно-логическое управление технологическими агрегатами, самодействующий запуск и останов технологического оснащения;
- всережимное регулирование прямых и косвенных характеристик по разным законам;
- расчет технико-экономических характеристик технологического процесса; математическая переработка информации по разным методам;
- обмен данными с иными контроллерами в рамках контроллерной управляющей сети настоящего времени;
- обслуживание технолога, оператора дистанционно (станция оператора на основе ПК и SCADA-системы) и/или по месту (панель оператора на шкафе управления);
- обслуживание технического персонала при наладке, программировании, починке, проверке технического состояния контроллера дистанционно

(инженерная станция на основе ПК и IDE-системы) и/или по месту (миниатюрный пульт опции);

- самоконтроль и диагностика всех устройств контроллера в постоянном и периодическом режимах, вывод данных о техническом состоянии контроллера обслуживающему персоналу.

Контроллеры выполняют свои задачи как в приборном, так и в режимном времени, как в приборных, так и в фактических единицах технологических величин. Все контроллеры удовлетворяют нормам и технологиям внешних систем, что гарантирует системную и программную сочетаемость контроллеров друг с другом, и к тому же с приборами других производителей, поддерживающих данные нормы, в пределах одной АСУ ТП.

В контроллерах используются следующие средства нормы:

- PC-сочетаемые главные процессоры;
- операционная многофункциональная система настоящего времени RTOS\*32, удовлетворяющая стандарту POSIX;
- технологические и операционные языки программирования (три технологических языка системы ISaGRAF, увеличенные библиотекой методов контроллера P-130);
- регулирующие промышленные сети (Ethernet, ModBus);
- интерфейсы RS-232, RS-485;
- местные сети (ModBus);
- приборы обмена со SCADA-системами (OPC-сервер), изобретенные со SCADA-системами Citect (CiTechnologies), InTouch (Wonderware), Trace Mode (AdAstra), Каскад (ООО«Каскад-АСУ»), Master SCADA (InSAT Company) и др.

#### Контроллер КРОСС-500

Главное предназначение – построение высокоэффективных (дешевых и достоверных) систем автоматизации разных объектов в технологии. Форма объектов автоматизации - трудные сконцентрированные и ранжированные объекты.

Контроллер КРОСС-500 владеет функционально-децентрализованной структурой, построенной на главном процессоре, разумных устройствах ввода-вывода, программируемых устройствах самостоятельного регулирования (микроконтроллерах) и 4-х поочередных скоростных внутренних шинах, соединяющих модули. Все составляющие контроллера работают синхронно и самостоятельно: каналы ввода-вывода в приборах; сами модули, правящие процедурами ввода-вывода и первичной обработки информации (калибровка, линеаризация, фильтрация); 4 внутренние шины, выполняющие обмен данными приборов с главным процессором; основной процессор, выполняющий

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

технологическую программу контроллера. Контроллер представляет собой средство измерений, «зарегистрирован под № 28849-05 в Муниципальном реестре средств измерений. Сертификат об утверждении типа средств измерений СПО 416310308».

### Микроконтроллер МК1

Программируемый микроконтроллер МК1 выполняет задачи защиты, регулирования, управления, независимо от основного процессора или одновременно с ним. Микроконтроллер МК1 изготовлен на основе проектно-компонованного прибора ADIO1 и содержит до 8 ячеек с типовыми каналами ввода-вывода; 8 дискретных входов; 8 дискретных выходов. МК1 отличается от прибора ADIO1 планом платы процессора и постоянным программным обеспечением, дающим возможность выполнять свою технологическую программу заказчика. МК1 делает возможным управление объектом, уменьшая избыточность и цену систем.

### Контроллер Ремиконт Р-130ISa



Рисунок 10. Микропроцессорный контроллер Ремиконт Р-130ISa

### Характерные индивидуальности контроллера

Контроллер Р-130ISa представляет новое происхождение контроллера Р-130 – классики российской автоматики. Новейший контроллер по сопоставлению с контроллером Р-130 содержит расширенные многофункциональные способности, более высокую продуктивность обработки и передачи данных, а еще наиболее развитую систему программирования.

### Содержание контроллера

В основе контроллера состоит РС-совместимый процессор на основе микропроцессора i386SX40, обладающий:

- flash-памятью для записи постоянного программного покрытия и технологических программ потребителя;
- действующую энергонезависимую память для записи базы информации технологической программы;



4. Программный комплект «КОНФИГУРАТОР МОДУЛЕЙ» для управления и наладки модулей контроллера «КРОСС-500».

5. Программный комплект «КОНФИГУРАТОР ПУЛЬТА» для соединения контроллера «КРОСС-500» с пультом технолога-оператора с журналом обмена VT-52.

6. Программные устройства коммуникации с верхним уровнем:

- OPC-сервер для соединения контроллеров серии со
- SCADA-системами, испытанный со SCADA-системами Citect (CiTechnologies), InTouch (Wonderware), Trace Mode (AdAstra), FIX (Indasoft), Master SCADA (InSAT Company), Каскад (ООО «Каскад-АСУ»);
- коллекции подпрограмм коммуникации средств верхнего уровня,
- не использующих стандарт OPC, с основным процессом контроллеров (переменными ISaGRAF-программы);
- коллекции подпрограмм коммуникации верхнего уровня с устройствами ввода-вывода и микроконтроллерами контроллера «КРОСС-500».

Все программные продукты работают на персональном компьютере в программе Windows.

Эксплуатационные характеристики контроллеров

Контроллеры серии могут работать при выполнении условий:

- широта рабочих температур от +5°C до +50°C, от -40° до +85°C;
- влажность до 95% при температуре 35°C;
- без обязательной вентиляции в широте рабочих температур.

Порядок выбора контроллера

Для имеющегося типа производства Ремиконт идеально подходит. На сегодняшний день на рынке представлены различные модели контроллеров, которые по скорости реакции имеют преимущество перед, но в нашем случае отдаем предпочтение Ремиконту ввиду его относительно недорогой стоимости по сравнению с другими аналогами.

Модель P-130ISa имеет положительные отзывы в работе на других производствах. Завод изготовитель предоставляет возможность выбора между готовым базовым комплектом и проектно-компонованного по требованию заказчика. Что повышает надежность в работе. Опыт других промышленных предприятий показывает, что базовый комплект ломается крайне редко и только в нем можно автоматически переключиться на резервный модуль. Если же модули проектно-компонованного комплекта выйдут из строя, то ввести в работу резервный модуль можно будет только отключив контроллер. А как показывает практика сборные модули ломаются гораздо чаще базовых. Учитывая простую и удобную конструкцию контроллера, можно предположить, что замена неисправного модуля на рабочий в P-130ISa не составит труда.

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					

### 3.4. Преобразователь частотный

Частотные преобразователи используются в электродвигателях трехфазного тока. Предназначены для регулирования скорости непрерывного вращения. Состоят из:

- выпрямителя ( сетевого преобразователя);
- промежуточного контура постоянного тока;
- инвертора (преобразователя питания электродвигателей);
- коммутирующих устройств;
- устройств управления;
- устройств регулирования;
- устройств защиты.

Частотные преобразователи работают в четырех квадрантах. Используя реверсирование напряжения в промежуточном контуре, сохраняется направление постоянного тока. Рекуперация электроэнергии возможна при торможении. СЦЗ (система цифрового задания) позволяет предварительно установить значения частоты или скорость вращения.

Частотные преобразователи типа DDU380/390 состоят из трех шкафов:

- тиристорного шкафа ST
- шкафа IC-цепей
- информационного шкафа SI

«На передней раме шкафа SI располагаются кассеты систем управления (GR 6110) и регулирования (GB 5600) преобразователя частоты и их источники питания, а на панели управления – защитные автоматы вспомогательных устройств и потенциометры-задатчики. В нижней части шкафа располагается главный ввод преобразователя частоты с силовым автоматом, трансформатор тока, коммутирующим реактором сетевого преобразователя и помехоподавляющими цепями.»

«На поясе измерительных приборов располагаются амперметр, частотомер и красная лампочка для аварийной сигнализации.»

«На передней двери размещены органы управления для включения и отключения преобразователя частоты, а также для подтверждения сигналов неисправности.

В шкафу ST находятся сетевой преобразователь, состоящий из шести тиристорных блоков, и преобразователь для питания электродвигателей, состоящий из шести тиристорных и шести диодных блоков. На входе и выходе преобразователя частоты, а также в промежуточной цепи постоянного тока предусмотрены металлооксидные варисторы (МОВ) для ограничения напряжений. Кроме того, в шкафу ST имеется кассета для контроля за работой преобразователя.»

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

«Шкаф SZ укомплектован двумя сглаживающими дросселями для промежуточного контура постоянного тока и коммутирующим устройством преобразователя для питания электродвигателей, состоящим из 6 дросселей и 24 конденсаторов. Коммутирующая емкость может быть согласована с электродвигателем посредством перемычек и болтовых клемм.»

Для защиты от перегрева и теплотерь в каждом шкафу установлен крышечный вентилятор.

«Силовой контур ПЧ в основном состоит из ввода питания. Сетевого преобразователя, дросселя промежуточного контура и преобразователя для питания электродвигателей.»

«Преобразователь частоты питается через располагающийся в шкафу SI силовой автомат и коммутирующий дроссель сетевого преобразователя. В качестве сетевого преобразователя (выпрямителя) применяется неавтономный (ведомый сетью) преобразователь по симметричной шестифазной мостовой схеме.

Дроссель промежуточного контура служит для сглаживания тока и для гальванической развязки сетевого преобразователя и преобразователя для питания электродвигателей.»

«Автономный инвертор (преобразователь для питания электродвигателей) формирует из зависимого от нагрузки выпрямленного тока промежуточного контура (за счет соответствующего тактирования) трехфазную систему с прямоугольными фазными токами. На напряжение электродвигателя, которое в зависимости от нагрузки формируется синусоидально, наложены пики напряжений, возникающие в следствие переключения тока на индуктивностях рассеяния.

Инвертор работает по принципу пофазной коммутации, т.е. отпиранием тиристора следующей фазы автоматически прекращается протекание тока в фазе, которая до сих пор была токопроводящей. Для этого в шкафу SZ имеются коммутирующие конденсаторы, которые при отпирании последующего тиристора на выключаемый тиристор кратковременно подают напряжение в обратном направлении и способствуют мягкому переключению тока с одной фазы электродвигателя на другую. Диоды инвертора обеспечивают развязку коммутирующих конденсаторов и токоприемника.»

Частотные преобразователи работают в четырех квадрантах, рассчитаны на торможение и запуск в обоих направлениях. «Схемное решение силовой части ПЧ при работе электродвигателей в генераторном режиме допускает реверсирование направления энергии за счет реверсирования напряжения промежуточного звена при измененном направлении протекания тока. Сетевой преобразователь при этом переводится в инверторный режим и рекуперировывает тормозную энергию электропривода в трехфазную питающую сеть.» Электродвигатели, благодаря преобразователю частоты, могут работать со своим крутящим моментом, за счет

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

одновременного изменения частоты и напряжения. «При реверсировании задания они затормаживаются с номинальным моментом и снова разгоняются до заданной скорости вращения в обратном направлении за счет изменения последовательности отпираания преобразователя, питающего электродвигатели, при приблизительно нулевой скорости вращения, т.е. за счет изменения направления вращения магнитного поля.»

Параметры частотного преобразователя:

- «Вторичный 3-х фазный ток трансформатора ( $I_{втор}$ ) = 3 x 0,66 А
- Максимальное число оборотов электродвигателя ( $n_{max}$ ) = 1000 об/мин
- Максимальная скорость привода ( $v_{max}$ ) = 10,2 м/с
- Выходное напряжение интегратора XI10:V9 ( $U_{вых}$ ) = 6,7 В»

Таблица 5. Параметры ПЧ

Мощность, кВт	Входная частота, Гц	Выходная частота, Гц	Напряжение питания, В	Номинальный выходной ток, А
200	50	0-50	380	390

Характеристики других преобразователей

Hitachi J300 – 150 HFE – Сравнительные характеристики

Таблица 6. Сравнительные характеристики Hitachi J300 – 150 HFE

Мощность, кВт	Входная частота, Гц	Выходная частота, Гц	Напряжение питания, В	Номинальный выходной ток, А
200	50-60	0,1-400	380-415	300

1336VT – B020 (Allen - Brodley) – Сравнительные характеристики

Таблица 7. Сравнительные характеристики 1336VT – B020 (Allen - Brodley)

Мощность, кВт	Входная частота, Гц	Выходная частота, Гц	Напряжение питания, В	Номинальный выходной ток, А
250	47-63	0-250	380-460	390

ACS601 – 0020 – 3 «ABB» - Сравнительные характеристики

Таблица 8. Сравнительные характеристики ACS601 – 0020 – 3 «ABB»

Мощность, кВт	Входная	Выходная	Напряжение	Номинальный

	частота, Гц	частота, Гц	питания, В	выходной ток, А
200	50- 60	0-300	380-415	390

### Порядок выбора преобразователя частоты

Изучив характеристики других преобразователей остановим свой выбор на VEB DDU –380/390. Этот преобразователь наиболее подходящий для подобного типа производства. Некоторые из рассмотренных преобразователей превосходят по своим характеристикам VEB DDU –380/390, но исходя из условий экономии он нам более предпочтительней.

### 3.5. Порядок выбора адаптера связи контроллера и ПК

Связь между ПК и контроллером должна осуществляться по интерфейсу ИРПС. На СОМ-порт ПК необходимо установить адаптер связи, так как система СКАТ-Х может работать сразу с несколькими контроллерами. Система СКАТ-Х рекомендует использовать адаптер последовательных портов – восьмиканальный. «Он предназначен для организации связи IBM PC – совместимых персональных компьютеров с восемью устройствами, имеющими канал последовательного обмена «Интерфейс радиальный последовательный»». Модуль с таким каналом используется в Ремиконте.

«Конструктивно АПП8 выполнен в соответствии со стандартом на платы расширения для персональных компьютеров IBM PC и устанавливается внутри системного блока персонального компьютера.»

ПК будет осуществлять управление адаптером. Адаптер позволит проводить двусторонним обмен информацией между ПК и оконченными устройствами. Любой канал адаптера можно установить в один из режимов работы:

- дуплексный режим;
- передача, при которой данные передаются из компьютера в оконечное устройство;
- прием, при котором данные принимаются в компьютер из оконечного устройства.

«Скорость обмена устанавливается в зависимости от качества линии в пределах от 75 бит/с до 19200 бит/с.»

### 3.6. Информационное обеспечение и его разработка

#### 3.6.1. Информационное обеспечение на базе ППП СКАТ-Х и его разработка

С помощью монитора и пульта (МПО) оператор будет управлять технологическим процессом котельной. Это составные части системы на базе ППП СКАТ-Х.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Монитор пульта выполняет следующие функции:

- отображает на мониторе мнемосхемы технологического процесса;
- выдает на экран текущие технологические параметры;
- сигнализацию предупреждения об авариях и неисправностях;
- сигнализацию о нарушениях работы контроллера и в линии связи ПК-контроллер;
- отслеживание истории технологических значений в графической форме;
- дистанционное подключение или отключение технологического оборудования;
- изменение настроек локальных линий регулирования;
- перевод линий регулирования в режим ручного контроля и изменение позиции исполнительного механизма;
- введение параметром ручных переменных;
- просмотр журнала аварийных ситуаций;
- просмотр журнала действий операторов;
- оценка состояния системы регулирования;
- получение быстрой помощи по работе персонала в любой момент.

Конструкция экрана оператора. Поле экрана делится на 3 зоны:

1. верхняя графа экрана – включает в себя дисплей с индикаторами обнаружения аварийных ситуаций; отображение времени и звуковой команды, индикаторы расположения каналов и обмена с контроллерами, отображение поступления текстовых сообщений, микродисплей. Цвет индикатора становится серым, если нет аварийной ситуации. Когда возникает авария, цвет меняется на яркий, мигающий белый цвет на красном фоне:

00:00 ! Авария П-Авария Почта [-----] P T K L -----

Введены нижеперечисленные индикаторы аварий:

«Авария»– нарушение технологических границ;

«П-Авария»–предавария (нарушение предаварийных границ);

«P»–реконфигурация обмена (подстройка системы обмена с контроллерами при ошибках по отдельным каналам);

«T»–таймер оператора;

«K»–авария контроллера;

«L»–аварии в линии связи.

Фрагмент верхней строки, имеющий вид [-----] отображает текущее состояние 8 каналов обмена с контроллерами. Индикатор загорается зеленым цветом, если нет ошибок по каналу. Если есть одна ошибка – цвет становится желтым. Если обмен с контроллером невозможен – цвет индикатора красный. Если канал не активен, блокирован или неопределен, то индикатор загорается серым цветом.





- перемещение окна (экрана) по истории;
- точное перемещение (сдвиг по 8 точек экрана);
- сдвиг окна на ¼ экрана;
- сдвиг на целое окно к текущему времени или к началу истории;
- увеличение масштаба времени ( сжатие ) в 2 раза – максимум 64 суток;
- уменьшение масштаба времени ( растяжение ) в 2 раза – минимум 7 минут;
- увеличение масштаба графиков (сжатие графиков) в 2 раза;
- уменьшение масштаба графиков (растяжение графиков) в 2 раза;
- существует возможность медленного или быстрого перемещения визира.
- поиск данных и установка окна на требуемые дату/время;
- включение и отключение режима осреднения значений параметров;
- включение и отключение режима интегрирования параметров;
- изменение масштаба времени интегрирования параметров.»

Отображение каждого параметра производится в своем цвете и в своем размере. «Диапазон значений параметра (6,7) отображается цветом данного параметра.

При изменении масштаба графиков линии верхней и нижней аварийных границ (4,5) перемещаются в соответствии с текущим масштабом.»

Время и дата для границ окна и для визира отображаются в виде:

```

      ЧЧ:ММ:СС / ДД.ММ
      -----
часы, минуты, секунды ----   --- день, месяц
  
```

В режиме графического просмотра архива используются два режима работы:

1. ТРЕНД – оперативное отображение текущих значений параметров синхронно с приемом данных от контроллера;
2. ОКНО – просмотр любого фрагмента истории.

При входе в журнал начальным является режим ТРЕНД. Отрисовка графиков заданий производится на фоне получения и обработки сигналов от Контроллера.

При использовании «старых» значений с жесткого диска загорается индикатор «поиск» (10). Для упрощения визуализации графиков параметров за большой промежуток времени применяется режим осреднения значений.

«При включенном режиме осреднения каждая точка графика и значение под визиром соответствует среднему из всех значений параметра для данной точки».

При просмотре архива данных режим осреднения не действует. Отрисовка графиков, при отключении режима осреднения, производится с большей скоростью при больших масштабах, за счет уменьшения точности отображения.

«Режим интегрирования параметров позволяет получить интегральные значения аналоговых параметров за требуемый временной интервал при просмотре истории изменения параметров в графической форме».

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

## Отображение архива аварий

Любая возникающая аварийная, а также предаварийная ситуация записывается в журнале аварий. При выведении архива аварий на экран, появляется рамка, в которой содержатся сведения об аварийных ситуациях в обратном хронологическом порядке. То есть верхняя строка соответствует самой новой записи из журнала аварий. Каждая авария имеет свою дату и время возникновения, а также тип аварии и аббревиатура переменной. Так же в журнале фиксируется момент когда авария была устранена и параметры установок перешли в нормальное значение. Полное название параметра можно получить по аббревиатуре. Ошибки в линии связи и неисправности контроллера изображаются записью «Особая ситуация в канале N», при этом выдается код ошибки. Так же часть протокола можно отыскать по дате и времени. На рисунке 12 изображен внешний вид протокола «Карта аварий».

```
-----F1-----
: 07.10.92 14:08 TC1ва072 Нарушена ВА граница
: 07.10.92 14:08 TC1ва012 Нарушена ВА граница
: 07.10.92 14:08 TC1ва011 Нарушена ВА граница
: 07.10.92 14:08 TC1ва010 Нарушена ВА граница
: 07.10.92 14:08 S1вд000 Аварийное состояние
: 07.10.92 14:08 S10/103 Аварийная ситуация
: 07.10.92 14:08 S11/103 Аварийная ситуация
: 07.10.92 14:04 Нет ошибок в канале 3 !
: 07.10.92 14:04 0008 - Особая ситуация в канале 3
---+ 284/1130 +-----F1-----
```

Рисунок 12. Внешний вид протокола «Карта аварий»

## Воспроизведение фрагментов системных архивов

Система СКАТ-Х позволяет печатать на принтере фрагменты системных журналов. Данная информация используется для того, чтобы более детально произвести мониторинг самого технологического процесса, правильности действий персонала (не обязательно в аварийных ситуациях), причин аварий и их последствий.

Для выполнения данного процесса задают следующие значения:

- время начала печати и дату;
- время конца печати и дату.
- тип необходимых данных:
- «Параметры» – печать значений параметров;
- «Аварии» – печать фрагмента журнала аварий;
- «Оператор» – печать фрагмента журнала действий оператора;
- «Полная печать» - печать всей информации, выполняемой режимами «Параметры», «Аварии» и «Оператор».
- «список технологических параметров и интервал печати значений параметров в минутах, если запрашивается печать параметров».

На рисунке 13 изображен фрагмент окна печати.

-----Параметр-----	-----Значение-----
:Дата начала печати	22.09.92
:Время начала печати	16:08:00
:Дата конца печати	22.09.92
:Время конца печати	16:11:00
:Интервал печати параметров, мин	1
:Тип выводимых данных	Параметры
:Список технологических параметров	вход - Enter

Рисунок 13. Фрагмент окна печати

При запуске данного процесса производится одновременный контроль верного задания параметров, соответствие времени, режиму задания. Если обнаружится ошибка, то на микродисплее высветится запись «Ошибка параметров». Если же ошибок не обнаружено, то файл формируется с результатами и производится его печать. Если принтер не готов начать печать, то на дисплее появляется соответствующее сообщение.

В программу печати включены следующие функции:

- фиксируется номер смены, а также ее изменение;
- Значения аналоговых и дискретных величин разделяют на таблицы;
- «значения аналоговых параметров печатаются с заданным оператором интервалом с осреднением значений на интервале;
- печатаются только изменения состояния дискретных переменных (дата и время изменения, новое состояние);
- выполняется расчет и печать общего времени нахождения параметра во включенном и выключенном состояниях за интервал печати».

### 3.7. Выбор и описание системного и математического обеспечения

#### 3.7.1. ППП СКАТ-Х

##### 3.7.1.1. Предназначение системы

«ППП СКАТ-Х (в последующем система СКАТ-Х) предназначен для решения задач автоматизации управления технологическими процессами и производствами непрерывного и дискретного характера в реальном масштабе времени.

Область применения системы – автоматизация процессов химической, нефтехимической, биохимической, фармацевтической, металлургической, пищевой промышленности».

«СКАТ-Х является распределенной системой управления с гибкой структурой, включающей диспетчерскую технологическую станцию (ДТС), до 16 локальных технологических станций (ЛТС) и систему взаимодействия с объектом управления на базе микропроцессорных контроллеров (Ломиконт, Ремиконт, МИП, Ш-711).

Гибкость структуры СКАТ-Х проявляется в том, что локальные технологические станции могут выступать как автономные системы, способные

					27.03.04.2017.066.00 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

решать задачи управления довольно крупными объектами (например, при использовании контроллеров Ломиконт 110/112, до 1024 входных и до 512 выходных аналоговых переменных, до 4096 входных и до 2048 выходных дискретных переменных).

Вместе с тем, ЛТС СКАТ-Х без какой-либо доработки могут быть объединены в единую информационную систему посредством локальной технологической сети СКАТ-Х. Использование локальной технологической сети позволяет ввести еще один уровень иерархии управления – диспетчерское управление».

Структура системы СКАТ-Х изображена на рисунке 14.

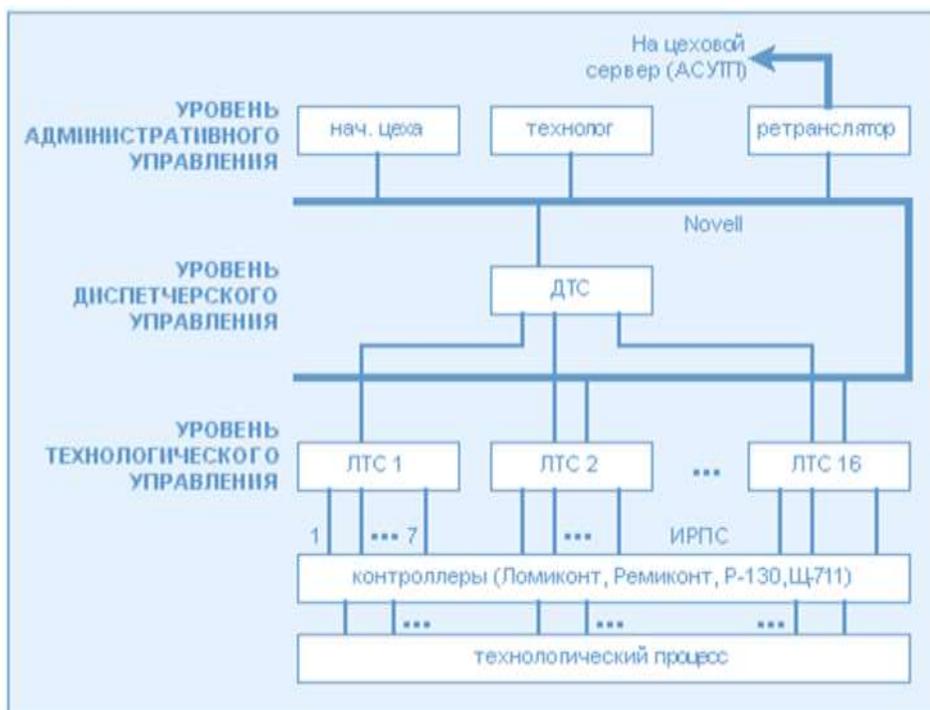


Рисунок 14. Структура СКАТ-Х

«ЛТС решает задачи управления объектом, получая необходимую информацию о состоянии объекта и реализуя управляющие воздействия на объект. ДТС решает задачу координации действий ЛТС в соответствии с заданным критерием управления крупным объектом, получая оперативную информацию с объекта и от операторов ЛТС.

Операторские станции СКАТ-Х (ЛТС и ДТС) реализуются на персональных компьютерах (ПК) в обычном или промышленном исполнении».

#### Технические характеристики станции СКАТ-Х

Основными характеристиками являются:

- «Используемый ПК – IBM PC/AT-286/287,20Мб,EGA/VGA
- Используемая операционная система – MS-DOS 3.3 и выше
- Объем используемой памяти:

оперативной – не менее 640 Кбайт

дисковой – не менее 10 Мбайт

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Лист

75



- систему управления (Монитор пульта оператора).

## Общие принципы построения системы СКАТ-Х

Функции системы СКАТ-Х. «Программная система СКАТ-Х состоит из двух основных частей: системы настройки на объект управления (системы подготовки) и системы управления объектом.

Система настройки обеспечивает возможность адаптации СКАТ-Х к работе на конкретном технологическом объекте и позволяет выполнять:

- описание конфигурации оборудования;
- задание требуемых характеристик обработки технологических параметров;
- подготовка мнемосхем технологических процессов;
- описание контуров регулирования;
- определение характеристик каналов передачи данных;
- определение характеристик прикладных процессов;
- описание состава абонентов локальной технологической сети.

Работа пользователя в системе настройки сводится к заполнению таблиц и не требует никаких операций, связанных с программированием».

Набор функций для системы пульта управления оператора визуально делятся на три части:

### 1. контроль и функции управления работой:

- отображение действующей информации о заданиях параметров на мнемосхемах;
- запись истории операций, возможность графического изображения динамики процесса, оперативное поступление информации об изменениях параметров;
- дистанционное управление пуском/остановом оборудования с отображением состояния на мнемосхемах (только ЛТС);
- изменение установочных параметров локальных контуров управления (только ЛТС);
- изменение режима работы из автоматического в ручное путем перевода исполнительного механизма (только ЛТС).

### 2. Система контроля и регулирования аварийными ситуациями:

- сигнал нарушения технологического процесса;
- нарушение и приближение к технологическим границам,
- появление аварийных ситуаций в результате возникновения косвенных признаков;
- квитирование сигналов аварии;

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					





- обмен "человек – компьютер" (возможность формирования запросов оператора к компьютеру другой станции и возможность передачи информации на другую станцию)».

#### Надежность системы

Надежность системы обеспечивается посредством соблюдения правил эксплуатации, установок и использования некоторых механизмов для построения программного обеспечения. «К числу последних относятся:

- встроенная подсистема контроля целостности системы СКАТ-Х;
- механизм самовосстановления среды системы после сбоев и отключений машины (например, вследствие аварий по питанию);
- постоянный контроль состояния контроллеров и линий связи;
- автоматическая реконфигурация обмена вследствие аварий на линиях связи с контроллерами (обрыва линии);
- надлежащая организация подсистемы обмена (с анализом и исправлением возможных ошибок при передаче данных по линиям связи, обработкой сбоев в каналах и т.п.);
- регенерация информации по состоянию технологического оборудования».

### 3.7.2. Система автоматизации и проектирования АСУ ТП TRACE MODE

#### Изложение системы

«Trace Mode – программный комплекс, являющийся графической инструментальной системой для проектировщиков АСУ ТП и инженеров служб автоматизации предприятий. Основной частью его применения является разработка верхнего уровня систем промышленной автоматизации. Созданные в Trace Mode проекты состоят из набора файлов, описывающих используемые сигналы, промежуточные переменные, структуру математической обработки данных, документирования и архивирования, а так же файлы, содержащие графические формы представления информации управления, шаблоны генерируемых отчетов, файлы технологических и аварийных сообщений».

«Система содержит набор программных средств, позволяющих разрабатывать и отлаживать системы управления не прибегая к использованию языков программирования. Система ориентирована на стандартные, надежные аппаратно-программные средства, а следовательно, создаваемые с её помощью разработки имеют не высокую стоимость. Данное качество является большим плюсом».

«Trace Mode открытая система, поддерживающая практически любые системы контроллеров. Система допускает плавное обновление программных и аппаратных средств».

«Операторские станции, разработанные с помощью Trace Mode, отличаются многообразием эргономических решений, обусловленных богатством

										Лист
										80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

графических форм отображения информации. Одна и та же величина может быть представлена 200-ми видами».

«Операторские станции, созданные на базе Trace Mode, можно объединять в локальную сеть и создавать многоканальные системы телеуправления. В рамках пакета можно создавать сетевые комплексы, включающие до 200 сетевых узлов.

Система обеспечивает обработку информации от 4096 каналов ввода/вывода».

«Разработка АСУ ТП осуществляется в три этапа:

- создание статических мнемосхем технологического объекта;
- создание базы каналов при помощи редактора базы каналов;
- наложение на статический рисунок отображения информации из базы каналов при помощи редактора форм изображения».

Требования к аппаратному обеспечению Trace Mode

- «ПК совместимый с IBM PC/AT;
- CPU не ниже 80386DX;
- наличие сопроцессора;
- RAM не менее 1 Мб;
- HDD не менее 4 Мб;
- видеокарта SVGA (VESA) 640 x 480;
- звуковая плата совместимая с Adlib Sound Blaster;
- мышь, совместимая с MS Mouse (джойстик);
- принтер MS DOS 5.0 и выше».

Обоснование выбора математического и системного обеспечения

Автоматизированная система регулирования технологическим процессом СКАТ-Х выбрана исходя из следующих соображений. Система имеет меньшие требования к ПК. С ней легко работать. В основном у рабочего персонала среднеспециальное образование и его вполне достаточно чтобы освоить эту систему. У СКАТ-Х было альтернативное решение. Система управления технологией производства, спроектированная на базе САПР «Trace Mode». Эта система имеет возможности более качественной графики и она является современным и универсальным аналогом более дорогих систем. Однако у системы имеются свои недостатки. «Для внедрения новой системы необходимо купить дистрибутивы у организации-изготовителя, что влечет за собой значительные финансовые затраты». Использование данной системы требует установки современного аппаратного обеспечения, которое повлечет за собой дополнительные расходы. При диагностировании системы «Trace Mode» на других предприятиях обнаружались некоторые проблемы. Одна из них – это хранение и размер архива. В одинаковых условиях размеры архива Trace Mode

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

больше на несколько порядков, чем архив СКАТ-Х. 300 МВа и 8 МВа соответственно. Так же временная разметка у Trace Mode насчитывает 1.5 часа, а у СКАТ-Х – около 20 минут. Анализируя полученные факты, приходим в выводу, что выгоднее всего установить в котельную систему СКАТ-Х.

### 3.8. Программное обеспечение на базе ППП СКАТ-Х

#### Описание каналов входа и адаптера

Подготовка программного обеспечения для проекта производится на основе системы автоматизированного управления технологического процесса котельной СКАТ-Х, и состоит из инженерного программирования, то есть в создании мнемосхем технологии и привязки мнемосхем к сигналам, поступающим от контроллера.

«Программирование производится из системы подготовки СКАТ-Х.

Привязка контроллеров к каналам СКАТ-Х производится при выборе из меню функций пункта меню [Каналы, F2]. Вызвав команду [Выбор], можно установить на первый канал контроллер, управляющий водогрейным котлом КВГМ-100. Настройка каждого канала производится при вызове команды [Настройка]. При вызове данной функции устанавливаем следующие значения:

- Скорость – 4800 бод;
- Паритет – четный;
- Стоп-бит – 2;
- Слово – 8 бит.

Описание адаптера связи производится при вызове опции [Адаптер]. Адаптер обрабатывает прерывание IRQ3 (300Н) от СОМ-2.

Описание входов системы СКАТ-Х производится при выборе команды меню функций [Параметры, F3], при помощи опций [Аналоговые входы] и [Дискретные]».

#### Составление мнемосхем технологического процесса

Создание и редактирование мнемосхем производится при помощи встроенного в систему СКАТ-Х редактора псевдографических изображений.

«Для начала работы необходимо выбрать в меню функций пункт [Схемы, F5], а из появившегося подменю – опцию [Выбор схемы]. После выбора схемы – вызвать опцию [Подготовка схемы]. После совершения данных действий станет возможным создание псевдографического рисунка. Для удобства работы оператора необходимо создать несколько видов мнемосхем. На одной мнемосхеме будет отображаться циркуляция воды в котле, на другой – разрезание в котле (вместе с арматурой, задвижками и клапанами) и несколько сигналов, характеризующих протекание процесса».

«Доступ к ресурсам псевдографического редактора происходит через функциональные клавиши F1 – F12 и клавиши переключения регистров. F1 – помощь. Набор спецсимволов вызывается путем нажатия клавиши F2. Если необходимый символ отсутствует в наборе, его можно создать в знакогенераторе. После создания графического изображения, к нему необходимо привязать сигналы, поступающие от контроллера. Поля экрана, к которым будут привязаны аналоговые сигналы, создаются и описываются при вызове опции [Числовые поля]. F3 – добавить, F5 – изменить, F6 – позиция, F7 – цвет.

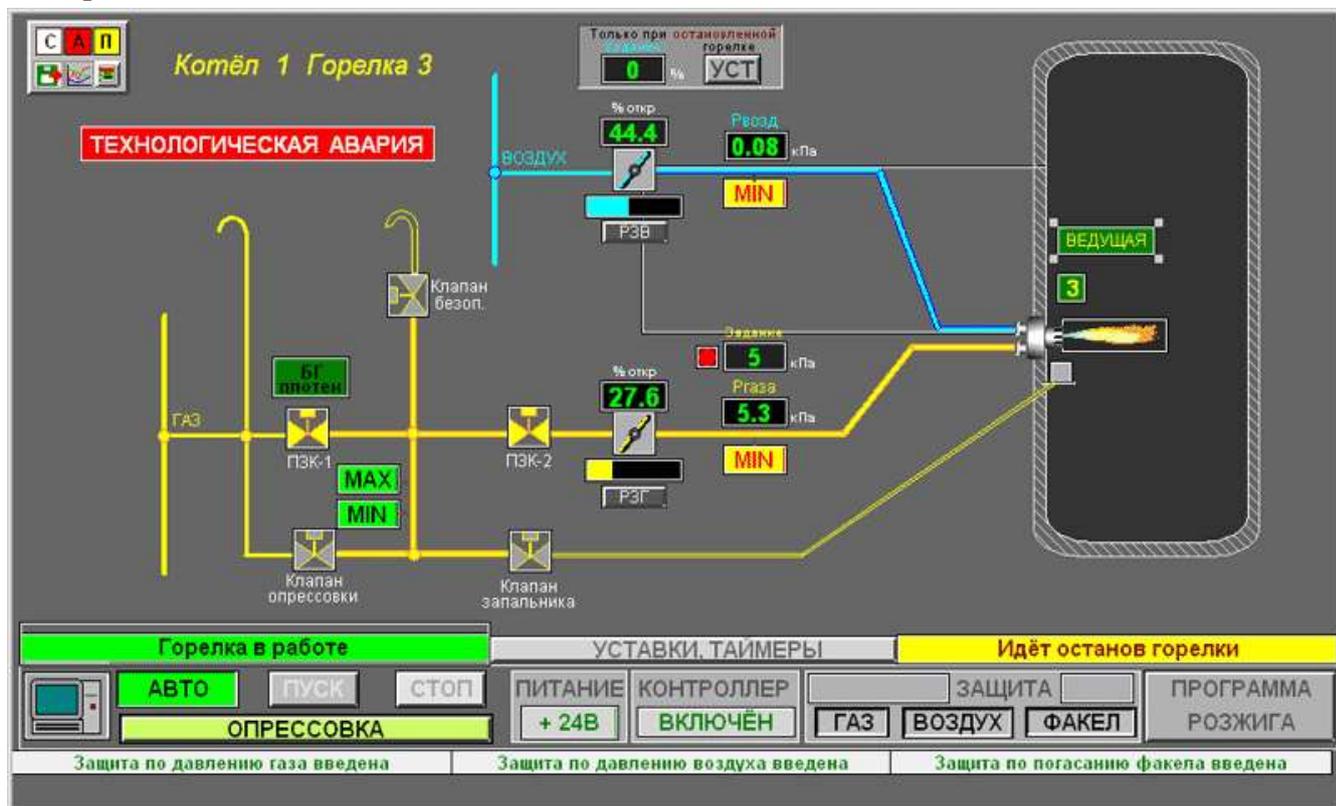


Рисунок 15. Внешний вид мнемосхемы

Поля для дискретных сигналов создаются и описываются при вызове опции [Динамические поля]. Функциональные клавиши имеют такие-же функции».

#### Создание конструкции схем и карты аварий

«Готовые мнемосхемы необходимо включить в иерархию схем, только включенные туда схемы будут доступны оператору ЛТС при работе в системе монитора».

«Включение мнемосхем в иерархию схем производится при выборе пункта меню функций [Объект, F6], опции [Иерархия схем]. При помощи клавиши [Insert] мнемосхема включается на данном уровне».

«Создание карты аварий производится при вызове опции [Карта аварий]. Сначала производится создание псевдографического рисунка, с последующей привязкой к его полям необходимых мнемосхем».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

27.03.04.2017.066.00 ПЗ

Лист

83

### 3.9. Создание организационного обеспечения

Для введения в эксплуатацию системы автоматического управления необходимо разработать очередность ее работы и порядок действий персонала. Проще говоря необходимо разработать алгоритм действий. На основе данных технологического процесса можно разработать организационную структуру технологии производства теплоэнергии.

В данной структуре будут внедрены новые звенья. ЛТС будет установлена в операторной, при этом несколько пользователей получают определенные обязанности.

«Оператор» – оператор управляет технологическим процессом. В его непосредственные обязанности входит управление технологическим процессом посредством системы СКАТ-Х. Чтобы управлять этой системой, необходимо изучить ее возможности. Распоряжения по ведению технологии производства оператор получает от технолога. Отслеживая соблюдение технологического процесса, оператор может изменять нагрузку оборудования, менять уставки, вносить изменения в законы пересчета, по которым вычисляются некоторые параметры, изменять технологические границы, проводить мониторинг о изменениях нагрузок и их влиянии на работу оборудования.

Если возникла аварийная ситуация, либо произошел отказ какого-либо измерительного прибора или автоматики, оператор докладывает о случившемся технологу и немедленно останавливает технологический процесс. «При помощи средств СКАТ-Х (применяя систему монитора и видеосхемы или тестируя контроллер, управляющий технологическим процессом) определяет возможную причину аварии». Если же сбой произошел из-за неправильной работы контроллера или контролирующей аппаратуры, пытается исправить неполадки самостоятельно. Либо, для устранения неполадок, вызывает слесаря-ремонтника, слесаря КИПиА, или ведущего инженера. Это нововведение позволяет сократить время на выявление неисправностей и их устранение.

«Программист – специалист», осуществляющий функциональное расширение системы в соответствии с местными требованиями без привлечения разработчика».

«Машинист ЦТЩУ», вместе с машинистом-обходчиком по котельному оборудованию под руководством старшего машиниста котельной являются ответственными за безопасную эксплуатацию всего котельного оборудования и обеспечение установленных параметров теплоносителей на выходе из котельной». Машинист ЦТЩУ отвечает за безопасность при эксплуатации всего котельного оборудования в части:

- контроля, управления оборудованием с центрального теплового щита управления котлами;

										Лист
										84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы проведен анализ принципов построения подобных систем, сравнительные характеристики технического обеспечения, выпускаемого различными мировыми производителями. В результате сравнения и, исходя из требований унификации и стоимостных требований, был произведен выбор технического обеспечения.

При разработке программного обеспечения были учтены все технологические требования к подобным системам, а также требования и пожелания оперативного персонала, который будет эксплуатировать разрабатываемую систему.

После внедрения данной работы на котельной заводской зоны, весь цикл производства тепловой энергии можно будет автоматизировать. Полная автоматизация технологии позволит в будущем приступить к созданию централизованной системы управления котельной, а в ближайшее время, после запуска системы – отладить её в работе, оптимизировав её функционирование и сократить затраты.

									Лист
									86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ				

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1991-735с.
2. Контроллер регулирующий микропроцессорный Ремиконт. Техническое описание., 2Яа.399.540 ТО
3. Автоматика отопительных котлов и агрегатов /И.С. Берсенов, М.А. Волков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 376с.
4. Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф. Производственные и отопительные котельные. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 248 с, ил.
5. Сидельский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.
6. Нестеренко А.Д., Дубровного В.А., Забокрицкого Е.И. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. под ред. – Киев: издательство «Наукова думка», 1976. Стр. 745 – 823.
7. АО «Челябоблкоммунэнерго» - Производственная инструкция АО «Челябоблкоммунэнерго» для оператора котельной. Челябинск 2013. Стр. 11 – 36.
8. Автономная некоммерческая организация «Учебный центр Професионал» - «Учебное пособие для оператора котельной», Сургут 2008. Стр. 1 – 49.

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	27.03.04.2017.066.00 ПЗ					