

Российская Федерация  
Кировская область  
ООО «Элитэп»

---

# КАСКАДНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАРОВЫМИ КОТЛАМИ ДКВР 4-13

---

г. Киров, 2017

# ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

---

Системы автоматизированного управления каскадом паровых котлов марки ДКВР-4-13 разрабатывалась для котельной ЗАО «Санаторий «Нижне-Ивкино».

Целью проекта является распределение тепловой нагрузки между котлами и их эксплуатация с нагрузками, обеспечивающими максимальный КПД.

# ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ КАСКАДНОГО УПРАВЛЕНИЯ

---

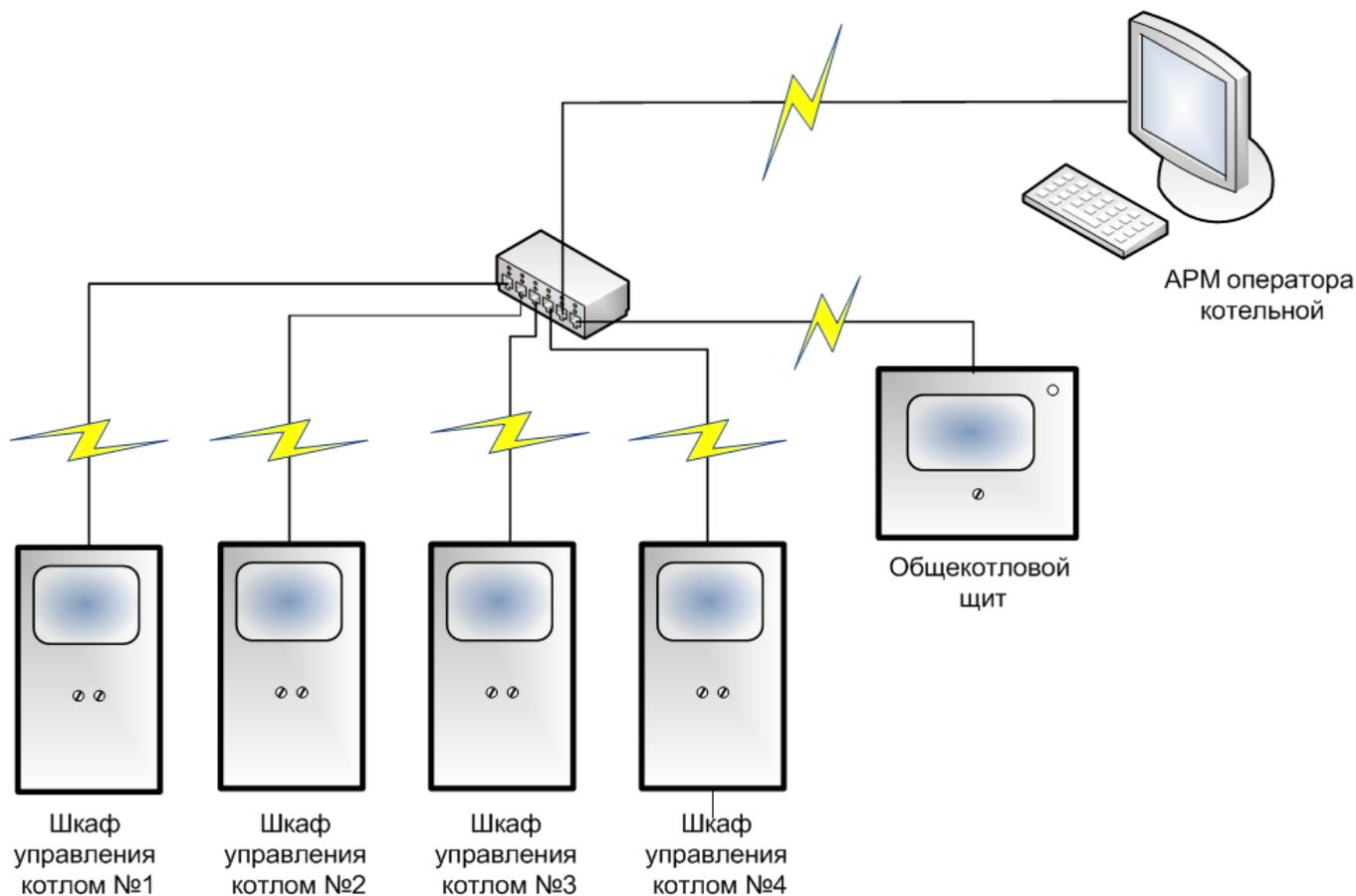
Система управления каскадом из 4-х котлов состоит из 4-х индивидуальных щитов управления котлами и одного общекотлового щита.

В основу каскадного управления легла идея присвоения котлам приоритетов от 1 до 4, в зависимости от времени их включения в каскад. Данное решение позволяет реализовать различные алгоритмы управления мощностью котлоагрегатов. Подробное описание алгоритма работы приведено в разделе «Алгоритм управления каскадом котлов».

Щиты управления котлами спроектированы и собраны на базе промышленных контроллеров, производимых ООО «КОНТЭЛ» г. Владимир.

# ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ КАСКАДНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Связь щитов управления с общекотловым щитом реализована с помощью локальной сети по протоколу Ethernet и представлена на рисунке ниже.



# АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАСКАДОМ КОТЛОВ

- +В основу алгоритма управления каскадом котлов легла идея управления мощностью котлоагрегатов в каскаде по различному алгоритму. Для реализации этого была внедрена система приоритетов.
- + Под приоритетом котла понимается его номер в каскаде. Котел с низким приоритетом является «ведомым», котел с высоким приоритетом «ведущим».
- +Управление нагрузкой ведущего котла производится по закону ПИД-регулирования для поддержания заданного давления в барабане котла.
- +Управление нагрузкой ведомого котла осуществляется ступенчато. Количество ступеней и их шаг задается в меню общекотлового щита.
- +Переключение со ступени на ступень осуществляется в по команде с общекотлового щита, на основе процентного соотношения текущей мощности к номинальной.
- +Для каждого котла также задается диапазон мощности от минимального до максимального, при котором обеспечивается работа с оптимальным КПД.
- +При приближении ведущего котла к верхней границе диапазона, общекотловой щит по истечении времени выбега дает команду ведомому котлу команду на увеличение нагрузки на одну ступень.
- +При приближении ведущего котла к нижней границе диапазона, общекотловой щит по истечении времени выбега дает команду ведомому котлу команду на увеличение нагрузки на одну ступень.
- +Внешний вид панели общекотлового щита приведен на рисунке ниже.

# ОБЩЕКОТЛОВОЙ ЩИТ



Рисунок 1. Общий вид главного экрана общекотлового щита

# ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕНЮ

- ✘ На экране (рис.1) расположены элементы управления и индикации работы:
  1. Окно сообщений контроллера о необходимости оператору ввода либо вывода котла из каскада.
  2. Кнопка «СБРОС» - служит для сброса запроса на ввод либо вывод котла из каскада.
  3. Световая индикация.
  4. Кнопка отключения звукового сигнала.
  5. Кнопка возврата на начальный экран.
  6. Кнопка перехода на экран настроек.
  7. Окно индикации текущего цикла соответствующего котла.
  8. Индикатор готовности котла для работы в каскаде (Переключатель «ДИСТ» на щите управления котлом).
  9. Индикатор наличия интерфейсной связи между контроллером каскада и щитом управления котлом.
  10. Текущая степень модуляции котла.
  11. Давление пара на выходе из котла.
  12. Давление мазута в котле.
  13. Приоритет работы котла.
  14. Индикация команды на запуск котла в каскаде.
  15. Ввод пароля для доступа к настройкам (по умолчанию - 1111).
  16. Индикация текущего уровня доступа к настройкам.

# ОПИСАНИЕ РЕГУЛЯТОРА



Рисунок 2. Настройки каскада котлов

# НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА

- ✘ На экране (рисунок 2) расположены уставки для настройки каскада котлов:
- **min нагрузка %** - задание минимальной величины модуляции котла, по достижении которой запускается счетчик, задаваемый уставкой «**выбег МЕНЬШЕ**».
- **max нагрузка %** - задание максимальной величины модуляции котла, по достижении которой запускается счетчик, задаваемый уставкой «**выбег БОЛЬШЕ**».
- **выбег БОЛЬШЕ** – задание задержки на запуск следующего котла в каскад, или увеличение ступени.
- **выбег МЕНЬШЕ** – задание задержки на вывод котла из каскада, или уменьшение ступени.
- **величина ступени** – задание величины ступени модуляции котлов с меньшим приоритетом.

# ПРЕИМУЩЕСТВА КАСКАДНОГО УПРАВЛЕНИЯ

1. При работе по данному алгоритму обеспечивается равномерная загрузка котлоагрегатов по мощности и отсутствует «волнообразный» режим работы, когда при параллельной работе двух паровых котлов при индивидуальном регулировании мощности один из котлоагрегатов уменьшает нагрузку, а второй одновременно увеличивает, затем происходит наоборот.

2. Алгоритм позволяет обеспечить загрузку котлов равномерно, заданием оптимальной границы диапазона мощности. Особенно это актуально, когда нижний диапазон производительности котла ограничен 40% по техническим характеристикам горелки или самого котла.

# ОПИСАНИЕ КОТЛОВЫХ ЩИТОВ УПРАВЛЕНИЯ

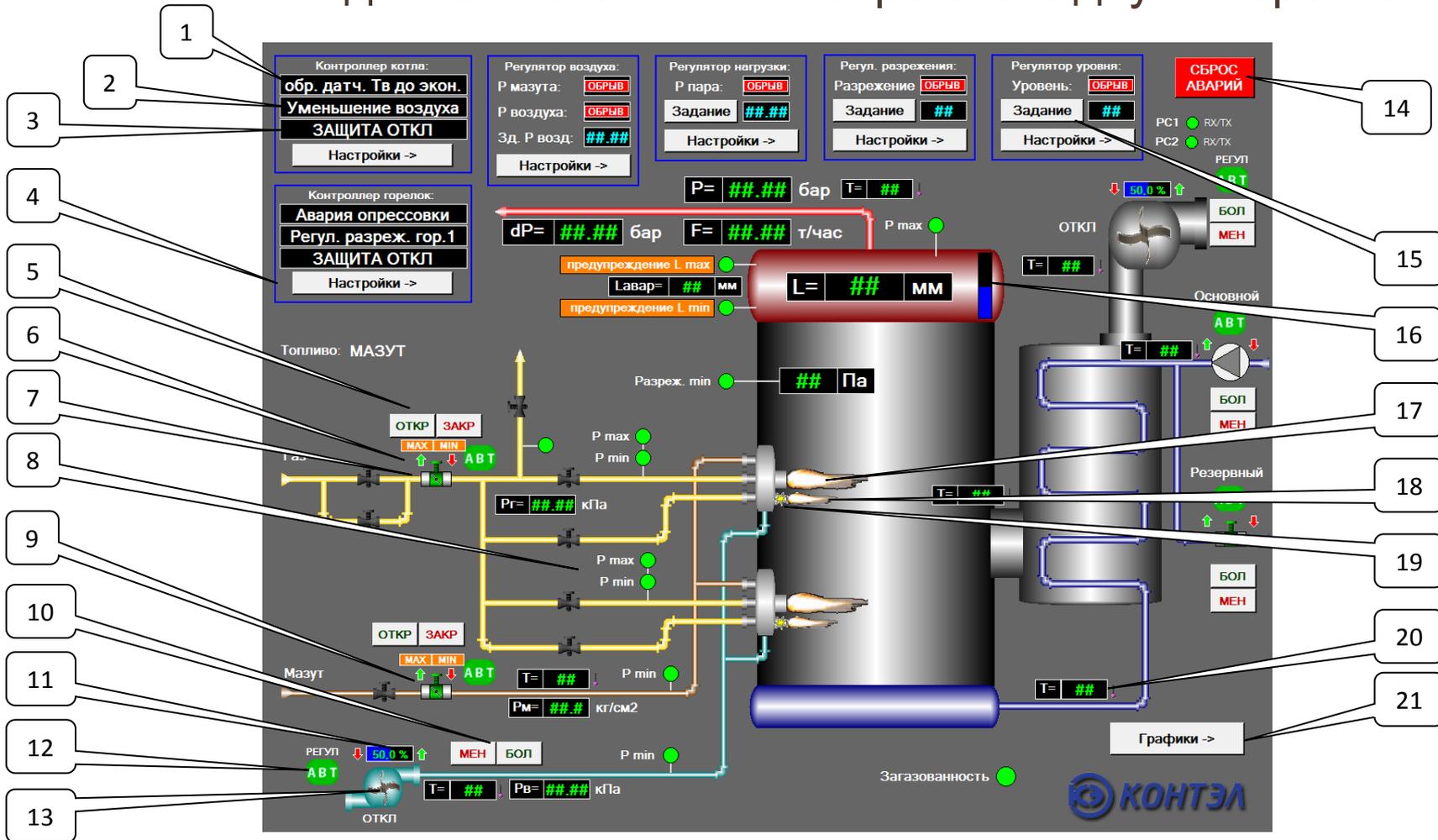
На двери шкафа установлена сенсорная ЖК-панель оператора, позволяющая осуществлять:

1. вывод оперативной информации о состоянии датчиков и другого оборудования, а также об аварийных ситуациях котла;
2. управление оборудованием котла с помощью активных управляющих элементов мнемосхемы;
3. ввод значений уставок для настройки необходимых режимов работы оборудования котла.

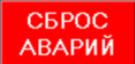
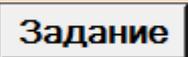
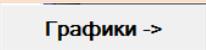
Внешний вид мнемосхемы котельной с датчиками и элементами управления исполнительными механизмами показаны на рисунке 3. Перечень обозначений рисунка 1 приведён в таблице 1

# СЕНСОРНАЯ 17" ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ШКАФА

✘ Внешний вид мнемосхемы котлоагрегата с двумя горелками



Поз.	Описание	Внешний вид
1	Оперативный вывод сообщений контроллеров безопасности и горелок	аварийные сообщения 
2		текущий цикл работы 
3		отключен контроль датчиков безопасности 
4	Кнопка перехода на экран настроек контроллера	
5	Кнопки управления регулирующей заслонкой газа, регулирующим клапаном мазута, регулирующим клапаном уровня, (отображаются только в ручном режиме)	открыть 
		закрыть 
6	Пиктограмма изменение состояния исполнительного устройства	обороты больше/открытие 
		обороты меньше/закрытие 
7	Изображение регулирующей заслонки/клапана	
8	Индикатор состояния дискретного датчика	нормальное (зелёный) 
		аварийное (красный) 
9	Индикатор текущего состояния клапана	открыт (зелёный) 
		закрыт (тёмно-серый) 

		Описание	Внешний вид
10	Кнопки изменения частоты вращения электродвигателей дымососа, вентилятора, питательного насоса (отображаются только в ручном режиме)	обороты больше	
		обороты меньше	
11	Индикатор уровня разгона электродвигателей вентилятора и дымососа		
12	Индикатор выбора режима работы исполнительного механизма	автоматический (зелёный)	
		ручной (красный)	
		отключён (серый)	
13	Анимированное отображение работы электродвигателей вентилятора и дымососа		
14	Кнопка команды на сброс аварийных ситуаций в котельной		
15	Кнопка ввода значения уставки «ЗАДАНИЕ»		
16	Отображение уровня в воды в барабане		
17	Анимированное отображение дискретного сигнала	факел горелки	
18		факел запальника	
19	Индикатор включения высоковольтного трансформатора запальника		
20	Текущие показания аналогового датчика или задания		
21	Кнопка перехода к экрану графиков		

# ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ КАСКАДОМ КОТЛОВ

В разработке дизайна шкафа использовано максимальное использование возможностей панели и контроллера.

На главном экране сосредоточен необходимый минимум оперативной информации необходимый для эффективной работы каскада котлов.

Это позволяет минимизировать влияние «человеческого фактора» на алгоритм управления технологическим циклом.



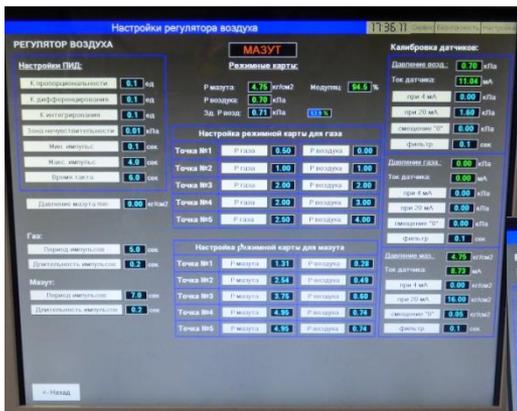
# ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОМ



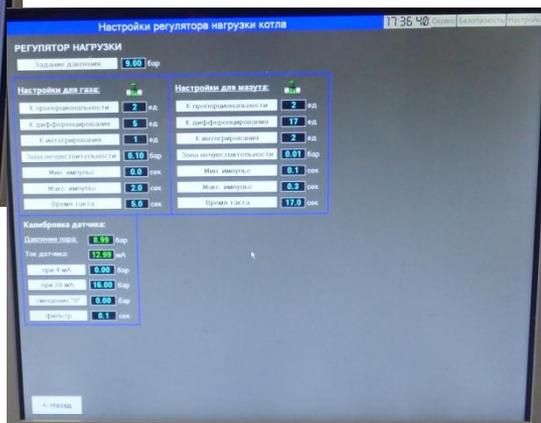
На лицевой панели щита управления котлоагрегатом расположены кнопки «Пуск/стоп».

Выбор режима управления «Местное и дистанционное». Местное управление подразумевает локальное управление работой котла. При дистанционном управлении нагрузка котла задается с общекотлового щита по локальной сети.

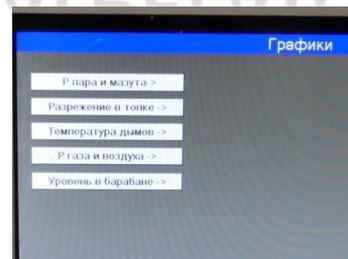
# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОМ



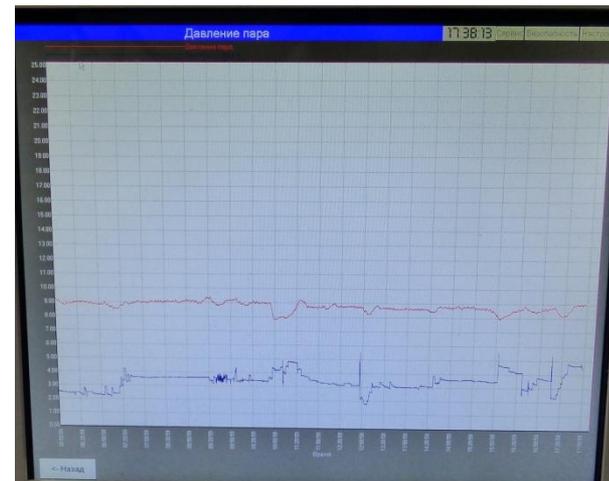
Точная настройка регуляторов воздуха



Настройка регулятора нагрузки котла



Функциональные графики для удобной настройки контуров регулирования



# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОМ

## Наглядная настройка датчиков

Контроллер котла ЦИКЛЫ

Настройка длительности циклов для топлива ГАЗ:		Настройка длительности циклов для топлива МАЗУТ:	
Закрытие заслонки 1	0 сек	Закрытие заслонки 1	0 сек
Контроль 1 (засп)	0 сек	Контроль 1 (засп)	0 сек
Разгон дымохода	0 сек	Разгон дымохода	15 сек
Разгон вентилятора	0 сек	Разгон вентилятора	15 сек
Стабилизация 1	0 сек	Стабилизация 1	10 сек
Увеличение воздуха	0 сек	Увеличение воздуха	45 сек
Контроль 2 (засп)	0 сек	Контроль 2 (засп)	0 сек
Стабилизация 2	0 сек	Стабилизация 2	20 сек
Контроль 3 (Р возд, Разр)	0 сек	Контроль 3 (Р возд, Разр)	10 сек
Вентиляция точки 1	0 мин	Вентиляция точки 1	1 мин
Уменьшение воздуха	0 сек	Уменьшение воздуха	15 сек
Стабилизация 3	0 сек	Стабилизация 3	10 сек
Контроль 4 (засп)	0 сек	Контроль 4 (засп)	0 сек
Прогрев котла	0 мин	Прогрев котла	1 мин
Поствентиляция	0 мин	Поствентиляция	1 мин
Закрытие заслонки 3	0 сек	Закрытие заслонки 3	0 сек

Настройка импульсов на ПЧ вентилятора и дымохода:  
Период импульсов: 5.0 сек  
Длительность импульсов: 2.0 сек

Настройка импульсов на ПЧ вентилятора и дымохода:  
Период импульсов: 5.0 сек  
Длительность импульсов: 2.0 сек

<- на схему    Аварийные датчики    Аналоговые датчики

## Настройка циклов работы котлоагрегата

Контроллер котла ДАТЧИКИ

Калибровка аналоговых датчиков контроллера котла:

Уровень (беззон)	Т.дымов до экон.	Т.воды до экон.	Т.мазута
Ток датчика: 12.70 мА	Ток датчика: 16.76 мА	Ток датчика: 13.14 мА	Ток датчика: 9.78 мА
при 4 мА: -315.0 мм	при 4 мА: 0 С	при 4 мА: -50 С	при 4 мА: 0 С
при 20 мА: 315.0 мм	при 20 мА: 500 С	при 20 мА: 180 С	при 20 мА: 300 С
максимум "0": -30.0 мм	максимум "0": 0 С	максимум "0": 0 С	максимум "0": 0 С
фильтр: 1.0 сек	фильтр: 0.1 сек	фильтр: 0.1 сек	фильтр: 0.1 сек

Т.воздуха: 19 С    Т.дымов за экон.: 282 С    Т.воды за экон.: 101 С    Т.пара: 151.9 С

Ток датчика: 3.85 мА    Ток датчика: 13.02 мА    Ток датчика: 15.19 мА    Ток датчика: 9.78 мА

при 4 мА: -50 С    при 4 мА: 0 С    при 4 мА: -50 С    при 4 мА: 0 С

при 20 мА: 180 С    при 20 мА: 500 С    при 20 мА: 180 С    при 20 мА: 300 С

максимум "0": 0 С    максимум "0": 0 С    максимум "0": -9 С    максимум "0": 0 С

фильтр: 0.1 сек    фильтр: 0.1 сек    фильтр: 0.1 сек    фильтр: 0.1 сек

Настройка отображения оборотов двигателей:  
Обороты дымохода: АДС: 100, Показ: 828.1  
Обороты вентилятора: АДС: 100, Показ: 2342

<- на схему    Аварийные датчики    Настройки циклов

Контроллер котла АВАРИИ

Настройка временных фильтров аварийных датчиков:

Р газа низкое	0.0 сек	Контакт	НО
Р газа высокое	0.0 сек	Контакт	НО
Р воздуха низкое	7.0 сек	Контакт	НО
Разрежение низкое	15.0 сек	Контакт	НО
Р пара высокое	3.0 сек	Контакт	НО
Уровень низкий	3.0 сек	Контакт	НО
Уровень высокий	3.0 сек	Контакт	НО
Авария горелок	0.0 сек	Контакт	НО
Авария в котельной	5.0 сек	Контакт	НО

Контроллер котла:  
Аварий нет  
РАБОТА  
СБРОС АВАРИИ

Время цикла: 0 : 0

Режим контроля:  
АКТИВИРОВАТЬ 0  
Время режима контроля: 10 мин

Аварийные параметры:  
Т.дымовых газов макс: 450 С  
Уровень низкий: -90.0 мм  
Уровень высокий: 90.0 мм  
Т.мазута низкая: 50 С  
Р пара высокое: 12.50 бар ΔР: 0.01  
Р воздуха низкое: 0.10 кПа ΔР: 0.01  
Разрежение низкое: 0 Па ΔР: 1  
Вр. фильтра аналог. дат: 3.0 сек

<- на схему    Настройки циклов    Аналоговые датчики

## Настройка аварийных сигналов

# SCADA - СИСТЕМА

- **Контроль за работой системы управления паровыми котлами ведется с помощью программного комплекса. Выбор пал на MasterSCADA™ как на самый современный, инновационный мощный и удобный инструмент для быстрой и качественной разработки систем. В нем воплощен двадцатилетний опыт разработчиков в области создания программных продуктов для систем автоматизации самых разных объектов.**
- **Сбор данных ведется по локальной сети с использованием протокола Ethernet.**

# РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА КОТЕЛЬНОЙ

Благодаря  
использованию  
двух мониторов  
легко  
обеспечить  
контроль и  
анализ работы  
каскада котлов



# СТОИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ И СРОКИ ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТА

**Стоимость** разработки и реализации составила около 4 млн. рублей, с учетом использования существующих первичных преобразователей давления и температуры.

**Период окупаемости** рассчитывался на основе оптимизации работы котлоагрегатов и эксплуатации их в наиболее экономичных режимах и составил 2,5 – 3 года.

# КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Руководитель проекта: Директор ООО «Элитэп»:

Шалагинов Николай Витальевич

Разработчик: ведущий инженер КИП и А ООО «Элитэп»

Стариков Владимир Викторович

По всем интересующим вопросам можно обращаться по следующим каналам связи:

Электронная почта: [info@elitep43.ru](mailto:info@elitep43.ru)

Телефон: (8332) 452-494, (8332) 78-27-66

Сайт: [www.elitep43.ru](http://www.elitep43.ru)