

# КОТЕЛЬНАЯ

Руководство  
оператора

## Содержание

Содержание .....	1
1. Блок-схема АСУТП .....	3
2. Экраны панели. Мнемосхемы.....	3
2.1. Индикаторы состояния. Кнопки навигации. ....	3
2.2. Обозначение кнопок на панели оператора (ТРИМ5) .....	4
2.2. Котловой контур. ....	5
2.3. Контур отопления. ....	7
2.4. Контур вентиляции. ....	8
2.5. Подпитка. ....	9
2.6. Настройки. ....	11
2.6.1. Настройки (Меню). ....	11
2.6.2. Настройки (Зима/Лето). ....	12
2.6.3. Настройки (Котловой контур) .....	13
2.6.4. Настройки (Каскад).....	15
2.6.5. Настройки (Котел 1) .....	16
2.6.6. Настройки (Контур вентиляции). ....	18
2.6.7. Настройки (Контур отопления). ....	21
2.6.8. Настройки (Подпитка). ....	23
2.6.9. Настройки (Светозвуковая сигнализация) .....	26
2.6.10. Настройки (Дата и время).....	27
2.7. Журнал аварий.....	27
3. Управление. ....	28
3.1. Система поддержания давления. ....	28
3.2. Регулятор температуры контура отопления или вентиляции. ....	28
3.3. Принцип расчета погодозависимой уставки. ....	29
3.4. Принцип работы ПИД – регулятора. ....	29
3.4.1. Пропорциональная составляющая. ....	31
3.4.2. Интегральная составляющая. ....	34

3.4.3. Дифференциальная составляющая. ....	39
3.4.4. Постоянная интегрирования. Постоянная дифференцирования. ....	41
3.5. Котлы. ....	42
3.5.1. Управление Зима/Лето. ....	42
3.5.2. Каскад.....	42

## 1. Блок-схема АСУТП



## 2. Экраны панели. Мнемосхемы.

### 2.1. Индикаторы состояния. Кнопки навигации.

Индикаторы состояния расположены в верхней части экрана панели оператора.

Тулица 0.0С

- текущая температура на улице.

Ввод1 Ввод2

- контроль питания вводов.

ИБП

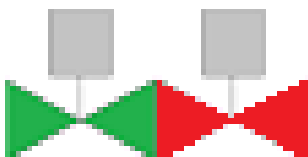
- контроль зарядки ИБП.



- состояние двери котельной закрыты/открыты.



- «Пожар». Сработал датчик дыма в котельной.  
Белый цвет – норма; красный – задымление котельной.



- газовый клапан системы автоматического контроля загазованности (САКЗ) закрыт. Красный цвет – закрыт. Зеленый – открыт.

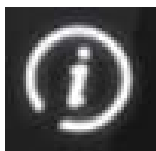


- индикатор технологической аварии котельной.  
Белый цвет – норма, красный/желтый – авария.



- кнопки навигации между мнемосхемами.

## 2.2. Обозначение кнопок на панели оператора (ТРИМ5)



- переход в журнал аварий из любого открытого экрана, удержание кнопки в течении 3 секунд – сброс аварий.

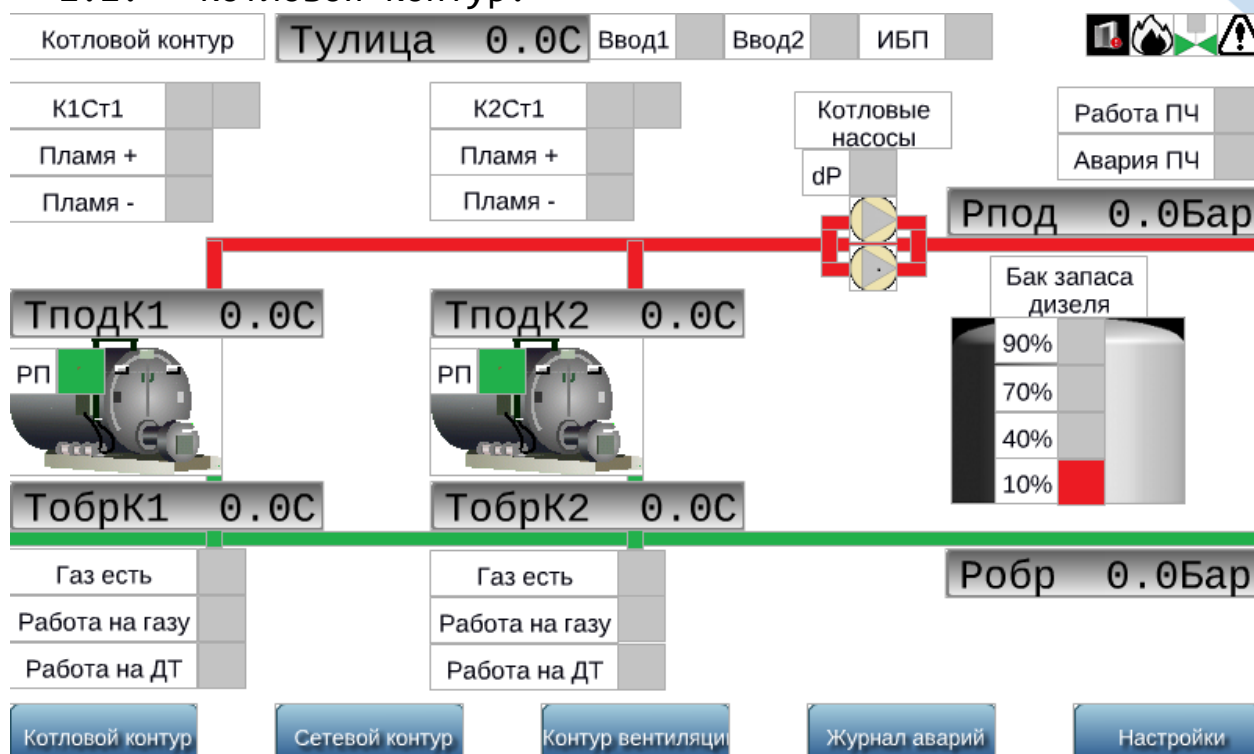


- переход из любого экрана в «Мнемосхема (Котловой контур)».



- переход из любого экрана к меню «Настройки (Меню)».

## 2.2. Котловой контур.

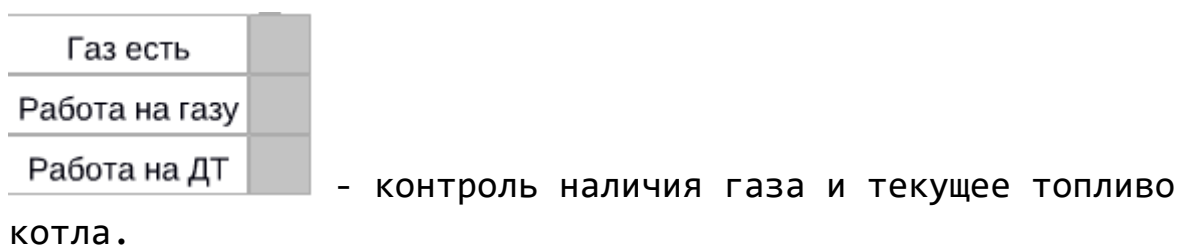


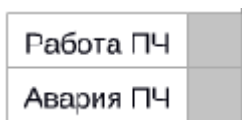
На главном экране отображаются котлы и их физические параметры.



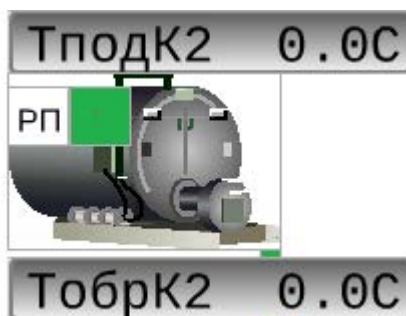
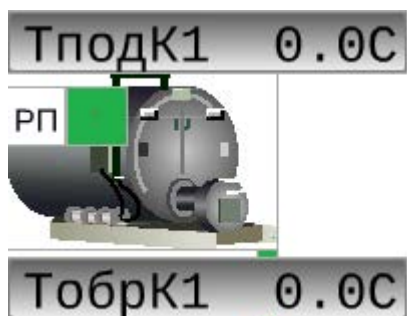
управления первой и второй ступенями котла и подтверждение работы ступеней. Команды управления ступенями – левый столбец; подтверждение работы – правый столбец. K1 котел №1. K2 котел №2. K1Ст1 первая ступень. K1Ст+ вторая ступень пламя больше. K1Ст- вторая ступень пламя меньше.

Пример: Если горит верхняя строчка зеленым цветом – это означат, что идет команда на пуск первой ступени и она работает. Пламя больше или пламя меньше загораются только во время подачи импульса управления модуляцией.

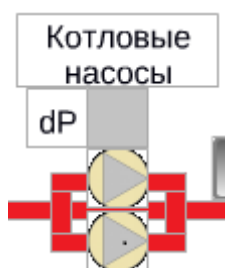




- индикаторы, характеризующие состояние преобразователя частоты вращения насосов (ПЧ). Работа ПЧ «Зеленый» - двигатель запущен и вышел на заданную частоту, «Серый» - двигатель **остановлен**. Авария ПЧ «Красный» - ушел в аварию, двигатель **остановлен**.



- температура подающего и обратного теплоносителя котла и состояние **реле протока** (РП) соответствующего котла



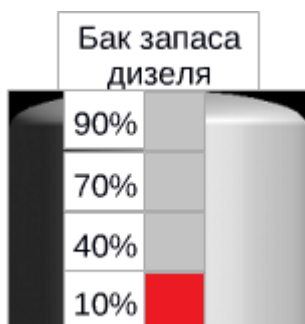
- котловые насосы и реле протока котловых насосов. Серый цвет насоса соответствует выключенному состоянию, желтый – насос в режиме наладки, зеленый насос включен.



- давление подающего теплоносителя.

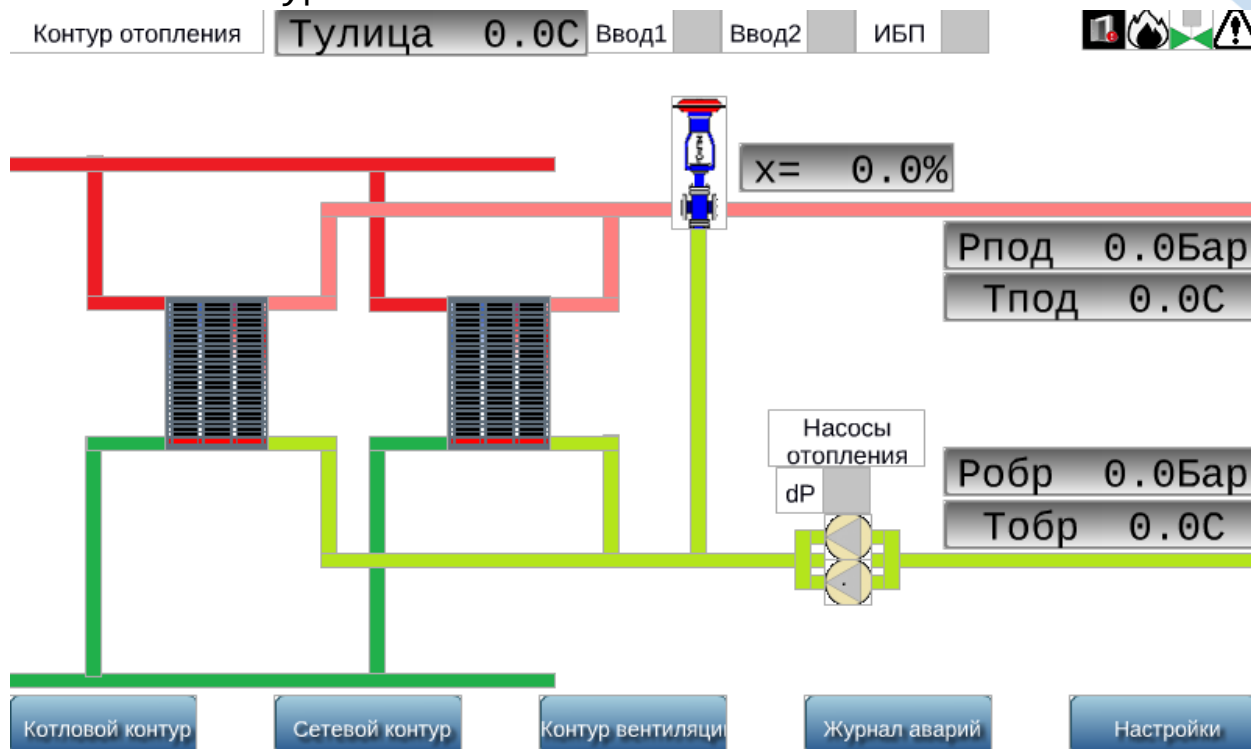


- давление обратного теплоносителя.



- бак запаса дизеля. Индикаторы соответствуют уровню наполнения емкости.

### 2.3. Контур отопления.

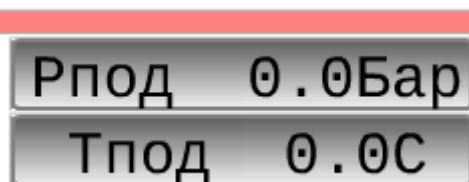


$x = 0.0\%$

- регулятор температуры подачи контура отопления.



- насосы отопления.



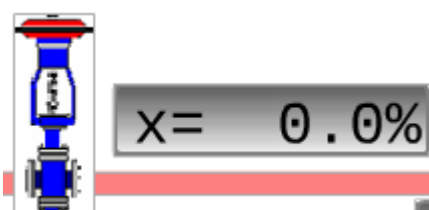
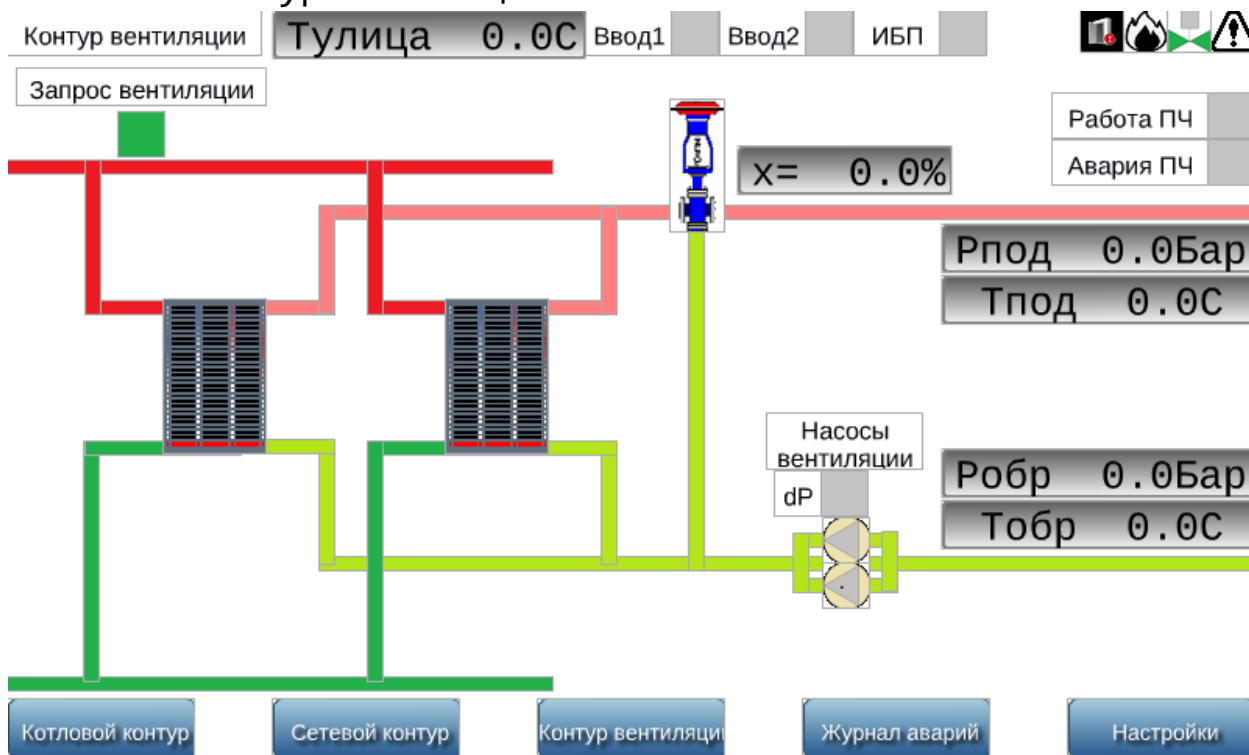
- давление и температура подачи котлового контура.



Робр 0.0Бар  
Тобр 0.0С

- давление и температура обратного теплоносителя котлового контура.

## 2.4. Контур вентиляции.



- регулятор температуры подающего теплоносителя контура вентиляции.



- насосы вентиляции.

Рпод 0.0Бар  
Тпод 0.0С

- давление и температура подающего теплоносителя контура вентиляции.

Робр 0.0Бар  
Тобр 0.0С

- давление и температура обратного теплоносителя контура вентиляции.

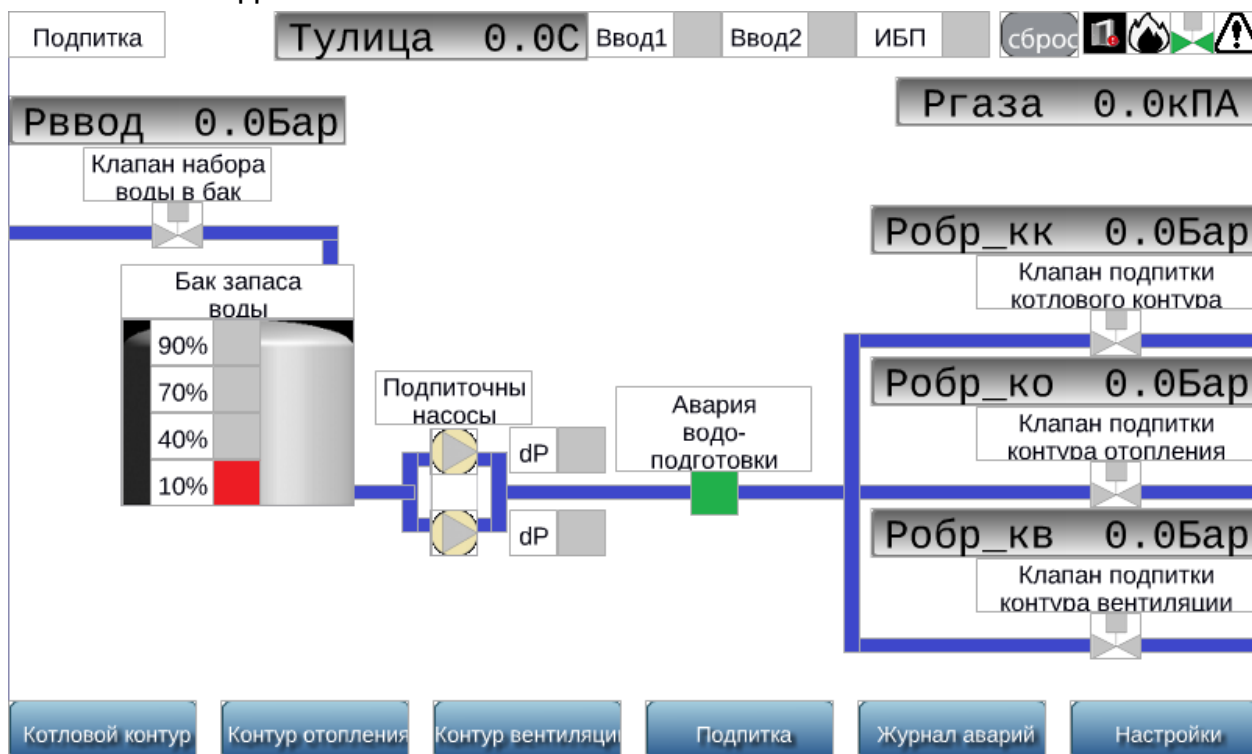
Работа ПЧ  
Авария ПЧ

- индикаторы, характеризующие состояние преобразователя частоты (ПЧ). Работа ПЧ «Зеленый» - двигатель запущен и вышел на заданную частоту, «Серый» - двигатель **остановлен**. Авария ПЧ «Красный» - ушел в аварию, двигатель **остановлен**.

Запрос вентиляции

- запрос щита вентиляции.

## 2.5. Подпитка.





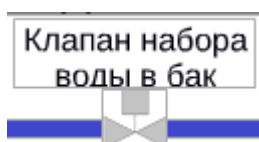
- бак запаса воды и состояния датчиков уровня. Верхний и нижние индикаторы аварийные, свечение красным цветом означают перелив и низкий уровень соответственно. При аварийно-низком уровне отключаются насосы подпитки – защита от сухого хода. Средние уровни, рабочие, свечение зеленым цветом сигнализируют о норме.



- подпиточные насосы и реле перепада давления подпиточных насосов. Серый цвет насоса соответствует выключенному состоянию, желтый – насос в режиме наладки, зеленый насос включен.

Рввод 0.0Бар

- давление воды на вводе.

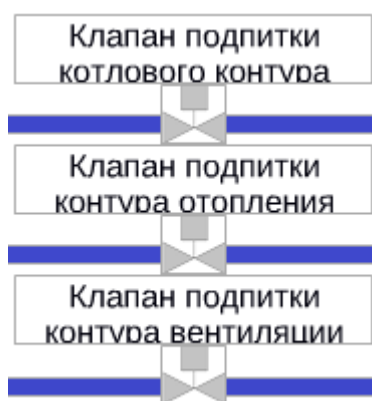


- клапан набора воды в бак. В рабочем режиме подсвечены зеленым цветом.

Авария водоподготовки



- авария водоподготовки. В случае аварии светится красным цветом.



- подпиточные клапана. В рабочем режиме подсвечены зеленым цветом.

## 2.6. Настройки.

### 2.6.1. Настройки (Меню).



## 2.6.2. Настройки (Зима/Лето).

Назад		Настройки (Зима/Лето)	
Авто/Зима/Лето		Авто	
Т перехода [C]		15	
Гистерезис [C]		5	

№	Параметр	Описание
1	Авто/Зима/Лето	режим перехода зима/лето (автоматически или принудительно оператором)
2	Т перехода [C]	температура перехода. Включение летнего режима управления происходит после превышения уличной температуры значения, заданного в этом поле
3	Гистерезис [C]	гистерезис перехода. Включение зимнего режима управления происходит после падения уличной температуры ниже температуры перехода на значение заданное в этом поле

Подробное описание алгоритма перехода зима/лето смотри в разделе 3.5.1 Управление Зима/Лето.

## 2.6.3. Настройки (Котловой контур)

Назад		Настройки (Котловой контур)	
Авто/Оператор	Авто		
Туставка оператор [C]	70		
Аварийные уставки			
Тподачи/обратки			
Тмакс[C]	100		
Тмин[C]	20		

№	Параметр	Описание
1	Расчет уставки	
2	Авто/Оператор	режим расчета уставки котлового контура автоматически/принудительно оператором. При выборе автоматического режима расчета уставки, уставка вычисляется в зависимости от уставки сетевого контура или контура вентиляции. Если какой-то контур не может достичь заданной уставки, то уставка котлового контура начинает расти. При выборе «оператор» уставка котлового контура задается оператором в поле «Туставка оператор»
3	Туставка оператор [C]	уставка котлового контура заданная оператором
4	Аварийные уставки	

5	Тподачи/обратки	
6	Тмакс[С]	аварийная максимальная температура котлового контура. При этом значении выключаются горелки
7	Тмин[С]	аварийная минимальная температура котлового контура
8	Гистерезис[С]	гистерезис аварийной температуры котлового контура. При снижении/превышении текущей температуры аварийной уставки снимается соответствующая авария
9	Давление газа	
10	Рмакс[мБар]	аварийное максимальное давление газа. При этом значении выключаются горелки
11	Рмин[мБар]	аварийное минимальное давление газа. При этом значении выключаются горелки и переключаются на дизель
12	Гистерезис[мБар]	гистерезис аварийного давления газа. При снижении/превышении текущего давления аварийной уставки снимается соответствующая авария
13	Насосы	
14	Режим наладки	
15	Режим наладки	режим наладки насосов котлового контура
16	Старт/стоп Н1	старт/стоп наладки насоса 1
17	Старт/стоп Н2	старт/стоп наладки насоса 2
18	Автоматический режим	

19	Время провала старта[с]	время проверки работы насоса после старта, при отсутствии подтверждения насос выключится
20	Интервал смены [ч]	интервал смены ведущего насоса
21	Насосы	при установке значения <Нет> аварии связанные с РП учитываться не будут
22	Преобразователь частоты	
23	Авария частотника	считывание аварии частотника DO или RS485
24	Работа частотника	считывание работы частотника DO или RS485
25	Частота [Гц]	задание частоты частотника 0-50 Гц

#### 2.6.4. Настройки (Каскад)

Назад

Настройки (Каскад)

Гистерезис вкл. котлов	10	
Дельта выкл K1Ст1 [С]	-5	
Дельта выкл K1Ст2 [С]	0	
Дельта выкл K2Ст1 [С]	4	
Дельта выкл K2Ст2 [С]	6	
Интервал смены [ч]	24	

№	Параметр	Описание
1	Гистерезис вкл. котлов	параметр используется для расчета температуры включения котлов. Температура включения котлов равна



		текущая уставка минус значение этого параметра
2	Дельта выкл K1Ст1 [С]	провал температуры для первой ступени ведущего котла
3	Дельта выкл K1Ст2 [С]	провал температуры для второй ступени ведущего котла
4	Дельта выкл K2Ст1 [С]	провал температуры для первой ступени ведомого котла
5	Дельта выкл K2Ст2 [С]	провал температуры для второй ступени ведомого котла
6	Интервал смены [ч]	интервал смены ведущего котла
7	Пауза между стартами [с]	интервал времени, который выдерживается между стартами ступеней котлов. Первая ступень ведущего котла всегда стартует без задержки

Подробное описание смотри 3.5.2 Каскад.

#### 2.6.5. Настройки (Котел 1)

Назад

Настройки (Котел 1)

Наличие РП котла	Вкл
Провал старта Ст1 [сек]	90
Аварийная температура	
Тмакс [С]	100
Тмин [С]	5
Гистерезис [С]	5

№	Параметр	Описание
1	Наличие РП котла	при установке значения параметра <Нет> все аварии связанные с РП котла не учитываются

2	Провал старта Ст1 [сек]	время проверки работы первой ступени после старта
3	Аварийная температура	
4	Тмакс [С]	максимальная аварийная температура котла. При достижении этой уставки котел отключится, и авария отобразится в журнале аварий
5	Тмин [С]	минимальная аварийная температура котла. Если температура опустится до этого значения котлы продолжают работать, и авария отобразится в журнале аварий
6	Гистерезис [С]	гистерезис макс/мин аварийной температуры котла
7	Модулируемая горелка	
8	Kp	пропорциональный коэффициент ПИД – регулятора модулируемой горелки
9	Ti	интегральный коэффициент ПИД – регулятора модулируемой горелки
10	Td	дифференциальный коэффициент ПИД – регулятора модулируемой горелки
11	Время полного хода [с]	Время полного хода привод горелки
12	Режим наладки	
13	Режим наладки	статус режима наладки системы управления котлом. ВНИМАНИЕ!!! Данный режим не является штатным. В данном режиме показания датчиков не оказывают влияние на работу устройства. Устройство будет продолжать работать пока будет подана команда «старт» и активен статус режима наладки. Это касается всех разделов руководства, всех устройств и исполнительных механизмов у которых есть режим наладки!
14	Старт/Стоп Ст1	наладка старт/стоп ступени 1 котла
15	Пламя +	наладка старт/стоп команды пламя плюс ступени 2 котла

16	Пламя -	наладка старт/стоп команды пламя минус ступени 2 котла
17	Выбор топлива	
18	Режим выбора топлива	Авто - топливо для котлов выбирается автоматически в зависимости от наличия газа. Оператора - топливо выбирается принудительно оператором
19	Запрет дизеля	Запрет переключения на дизель, даже при отсутствии газа
20	Оператор	топливо выбранное оператором
21	Задержка перекл. [мин]	Задержка между переключениями топлива

Настройки котла 2 идентичные.

#### 2.6.6. Настройки (Контур вентиляции).

Назад

Настройки (контур вентиляции)

Автоматический режим

Запуск по запросу

Внешний регулятор

Насосы

Время провала старт [с]

Интервал смены [ч]

Нет

Нет

90

24

№	Параметр	Описание
1	Автоматический режим	
2	Запуск по запросу	запуск алгоритма контура вентиляции только по запросу от щита вентиляции
3	Внешний регулятор	включение трансляции управляющего сигнала регулятора температуры на вход внешнего регулятора
4	Насосы	

5	Время провала старт [с]	время проверки работы насоса после старта, при отсутствии подтверждения насос выключится
6	Интервал смены [ч]	интервал смены ведущего насоса
7	Наличие РП	при установке значения <Нет> все аварии связанные с РП учитываться не будут
8	Расчет уставки контура	
9	График /оператор	режим расчета уставки сетевого контура по температурному графику/принудительно оператором. При выборе «график», уставка сетевого контура вычисляется по двум точкам графика точки графика задаются оператором (смотри ниже). При выборе «оператор» уставка сетевого контура задается оператором в поле «Туставка оператор»
10	Тулица точка 1 [С]	температура улицы нижняя точка (минимальная уличная температура на графике)
11	Туставка точка 1 [С]	уставка, соответствующая нижней (минимальной) температуре на улице
12	Тулица точка 2 [С]	температура на улице верхняя точка (максимальная уличная температура на графике)
13	Туставка точка 2 [С]	уставка, соответствующая верхней (максимальной) температуре на улице
14	Уставка оператор [С]	уставка сетевого контура заданная оператором
15	Компенсация т/о	???
16	ПИД - регулятор	
17	Кр	пропорциональный коэффициент
18	Ti	постоянная интегрирования
19	Td	постоянная дифференцирования
20	Аварийный уставки	
21	Тподачи/обратки	

22	Тмакс [С]	аварийная максимальная температура контура вентиляции
23	Тмин [С]	аварийная минимальная температура контура вентиляции
24	Гистерезис [С]	гистерезис аварийной температуры контура вентиляции. При снижении/превышении текущей температуры аварийной уставки снимается соответствующая авария
25	Режим наладки	
26	Насосы	
27	Режим наладки	статус режима наладки насосов контура вентиляции. ВНИМАНИЕ!!! Данный режим не является штатным. В данном режиме показания датчиков не оказывают влияние на работу устройства. Устройство будет продолжать работать пока будет подана команда «старт» и активен статус режима наладки. Это касается всех разделов руководства, всех устройств и исполнительных механизмов у которых есть режим наладки!
28	Старт/стоп насос 1	старт/стоп наладки насоса 1
29	Старт/стоп насос 2	старт/стоп наладки насоса 2
30	ПИД - регулятор	
31	Управление 0-100%	управляющее воздействие в режиме наладки
32	Преобразователь частоты	
33	Авария частотника	считывание аварии частотника D0 или RS485
34	Работа частотника	считывание работы частотника D0 или RS485
35	Частота [Гц]	задание частоты частотника 0-50 Гц

## 2.6.7. Настройки (Контур отопления).

Назад

Настройки (контур отопления)

Автоматический режим

Насосы

Время провала старта[с]

90

Интервал смены [ч]

24

Наличие РП

Да

Расчет уставки контура

№	Параметр	Описание
1	Автоматический режим	
2	Насосы	
3	Время провала старта[с]	время проверки работы насоса после старта, при отсутствии подтверждения насос выключится
4	Интервал смены [ч]	интервал смены ведущего насоса
5	Наличие РП	при установке значения <Нет> все аварии связанные с РП учитываться не будут
6	Расчет уставки контура	
7	График/оператор	режим расчета уставки контура вентиляции по температурному графику/принудительно оператором. При выборе «график», уставка сетевого контура вычисляется по двум точкам графика точки графика задаются оператором (смотри ниже). При выборе «оператор» уставка сетевого контура задается

		оператором в поле «Туставка оператор»
8	Тулица точка 1 [C]	температура улицы нижняя точка (минимальная уличная температура на графике)
9	Туставка точка 1 [C]	уставка, соответствующая нижней (минимальной) температуре на улице
10	Тулица точка 2 [C]	температура на улице верхняя точка (максимальная уличная температура на графике)
11	Туставка точка 2 [C]	уставка, соответствующая верхней (максимальной) температуре на улице
12	Уставка оператор [C]	уставка сетевого контура заданная оператором
13	Компенсация т/о	???
14	ПИД - регулятор	
15	Kp	пропорциональный коэффициент
16	Ti	постоянная интегрирования
17	Td	постоянная дифференцирования
18	Режим наладки	
19	Насосы	
20	Режим наладки	статус режима наладки насосов контура отопления. ВНИМАНИЕ!!! Данный режим не является штатным. В данном режиме показания датчиков не оказывают влияние на работу устройства. Устройство будет продолжать работать пока будет подана команда «старт» и активен статус режима наладки. Это касается всех разделов руководства, всех устройств и исполнительных механизмов у которых есть режим наладки!
21	Старт/Стоп насоса 1	старт/стоп наладки насоса 1
22	Старт/Стоп насоса 2	старт/стоп наладки насоса 2
23	ПИД - регулятор	
24	Управление 0-100%	управляющее воздействие в режиме наладки

## 2.6.8. Настройки (Подпитка).

Назад		Настройки (Подпитка)	
Автоматический режим			
Время провала старта[с]		10	
Интервал смены [ч]		24	
Работа при аварии РП		Нет	
Аварийное давление			
Давление воды на вводе			

№	Параметр	Описание
1	Автоматический режим	
2	Время провала старта[с]	время проверки работы насоса после старта, при отсутствии подтверждения насос выключится
3	Интервал смены [ч]	интервал смены ведущего подпиточного насоса
4	Наличие РП	при установке значения <Нет> все аварии связанные с РП учитываться не будут
5	Уставки давления	
6	Давление воды на вводе	
7	Рмакс на вводе [Бар]	Минимальное аварийное давление воды на вводе
8	Рмин на вводе [Бар]	Минимальное аварийное давление воды на вводе
9	Гистерезис	гистерезис аварийного давления воды на вводе. При снижении/превышении текущего давления аварийной уставки



		снимается соответствующая авария
10	Давление контура отопл.	
11	Уставка [Бар]	уставка давления котлового контура
12	Гистерезис [Бар]	гистерезис уставки давления котлового контура
13	Рмакс сет. кон. [Бар]	максимальное аварийное давление контура отопления
14	Рмин сет. кон. [Бар]	минимальное аварийное давление контура отопления
15	Гистерезис [Бар]	гистерезис аварийного давления контура отопления. При снижении/превышении текущего давления аварийной уставки снимается соответствующая авария
16	Давление контура вент.	
17	Уставка [Бар]	уставка давления контура вентиляции
18	Гистерезис [Бар]	гистерезис уставки давления контура вентиляции
19	Рмакс конт. вен. [Бар]	максимальное аварийное давление контура вентиляции
20	Рмин конт. вен. [Бар]	минимальное аварийное давление контура вентиляции
21	Гистерезис [Бар]	гистерезис аварийного давления контура вентиляции. При снижении/превышении текущего давления аварийной уставки снимается соответствующая авария
22	Давление котлового конт	
23	Руставка [Бар]	уставка давления котлового контура
24	Гистерезис [Бар]	гистерезис уставки давления котлового контура
25	Рмакс котл.кон [Бар]	максимальное аварийное давление котлового контура

26	Рмин котл.кон [Бар]	минимальное аварийное давление котлового контура
27	Гистерезис [Бар]	гистерезис аварийного давления котлового контура. При снижении/превышении текущего давления аварийной уставки снимается соответствующая авария
28	Режим наладки	
29	Режим наладки	статус режима наладки подпиточных насосов. ВНИМАНИЕ!!! Данный режим не является штатным. В данном режиме показания датчиков не оказывают влияние на работу устройства. Устройство будет продолжать работать пока будет подана команда «старт» и активен статус режима наладки. Это касается всех разделов руководства, всех устройств и исполнительных механизмов у которых есть режим наладки!
30	Насосы	
31	Старт/Стоп насоса 1	старт/стоп наладка насоса подпитки 1
32	Старт/Стоп насоса 2	старт/стоп наладка насоса подпитки 2
33	Клапан набора воды	
34	Наладка старт/стоп	старт/стоп наладка клапана набора воды в бак
35	Клапан подп котл контур	
36	Наладка старт/стоп	старт/стоп наладка клапана подпитки котлового контура
37	Клапан подп вент сист	
38	Наладка старт/стоп	старт/стоп наладка клапана подпитки контура вентиляции
39	Клапан подп сист отопл	
40	Наладка старт/стоп	старт/стоп наладка клапана подпитки системы отопления

Принцип системы поддержания давления описан в 3.1 Система поддержания давления.

#### 2.6.9. Настройки (Светозвуковая сигнализация)

Назад

Настройки (Свето-звуковая сигнализация)

Световая сигнализация

Авария

Вкл

Взлом

Вкл

Пожар

Вкл

Звуковая сигнализация

Авария

Вкл

№	Параметр	Описание
1	Световая сигнализация	
2	Авария	включение светового маяка при технологической аварии
3	Взлом	включение светового маяка при взломе котельной
4	Пожар	включение светового маяка при пожаре
5	Звуковая сигнализация	
6	Авария	включение звукового маяка при технологической аварии
7	Взлом	включение звукового маяка при взломе котельной
8	Пожар	включение звукового маяка при пожаре

### 2.6.10. Настройки (Дата и время)

Назад

Настройки (Дата и время)

Установите дату и время:

:40

05.06.2015

▼

▲

### 2.7. Журнал аварий

Назад

Журнал аварий

✓

**Журнал пустой**  
 Нет записанных событий.

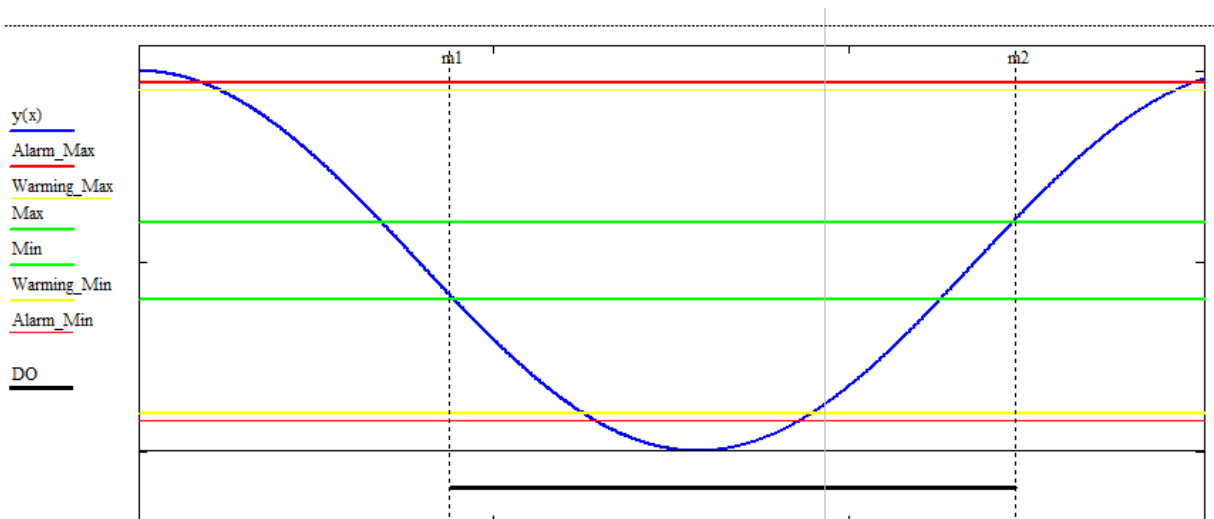
⚠	<b>Провал старта сетевого насоса 1</b>	14:59:09 27.06.2016
	Случившееся событие сохранено в журнале	
⚠	<b>Провал старта сетевого насоса 2</b>	14:59:09 27.06.2016
	Случившееся событие сохранено в журнале	
⚠	<b>Провал старта подпиточного насоса 1</b>	14:59:09 27.06.2016
	Случившееся событие сохранено в журнале	
⚠	<b>Провал старта подпиточного насоса 2</b>	14:59:09 27.06.2016
	Случившееся событие сохранено в журнале	
⚠	<b>Высокая температура котла 1</b>	14:59:09 27.06.2016
	Случившееся событие сохранено в журнале	

Максимальный объем журнала 200 аварий, при переполнении журнала с появлением каждого нового события, одна самая старая запись будет удаляться.

### 3. Управление.

#### 3.1. Система поддержания давления.

Для поддержания давления служат подпиточные насосы установка задается в настройках подпитки, один из насосов включаются одновременно с открытием одного из клапанов подпитки любого из контуров (котловой, вентиляция, отопление). Принцип работы отображен на графике:



Где  $y(x)$  – текущее значение регулируемой величины,  $Alarm\_Max$  – максимальное аварийное значение,  $Warming\_Max$  – максимально-допустимое значение,  $Max$  – верхний рабочий уровень,  $Min$  – нижний рабочий уровень,  $Warming\_Min$  – минимально-допустимое значение,  $Alarm\_Min$  – минимальное аварийное значение,  $DO$  – управляющий выход.

При падении давления в одном из контролируемых контуров ниже уровня MIN открывается клапан соответствующего контура и включается один из подпиточных насосов, при превышении давления значения MAX клапан закрывается, а подпиточные насосы выключаются.

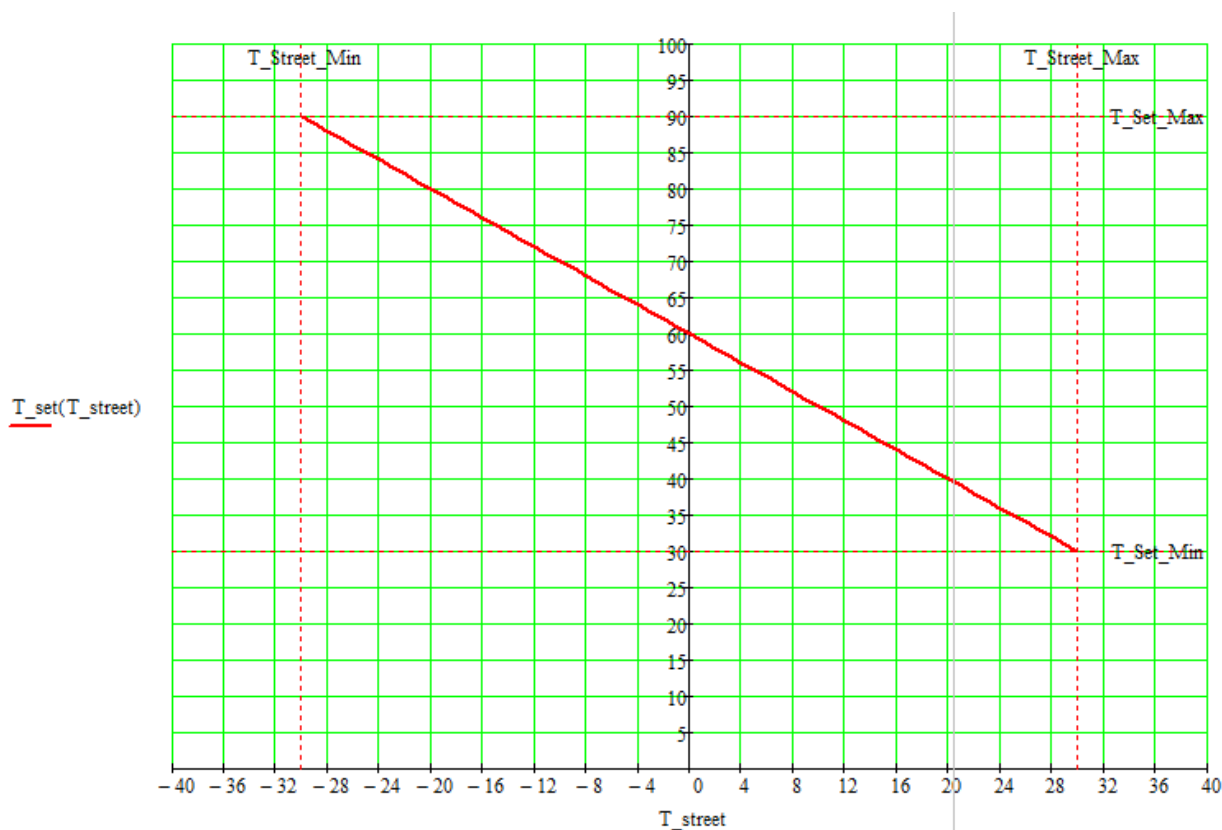
Клапан набора воды в бак работает по верхнему и нижнему рабочим уровням. При падении воды ниже нижнего аварийного уровня или при превышении верхнего аварийного формируется авария и запись в журнал аварий.

#### 3.2. Регулятор температуры контура отопления или вентиляции.

Задвижка, изменяя проток воды в единицу времени оказывает управляющее воздействие на температуру в

соответствующем контуре. В основе управления лежит ПИД – регулятор, коэффициенты которого задаются в окне Настройки (Регулятор температуры контура отопления или вентиляции).

3.3. Принцип расчета погодозависимой уставки.  
Принцип расчета уставки показан на графике:



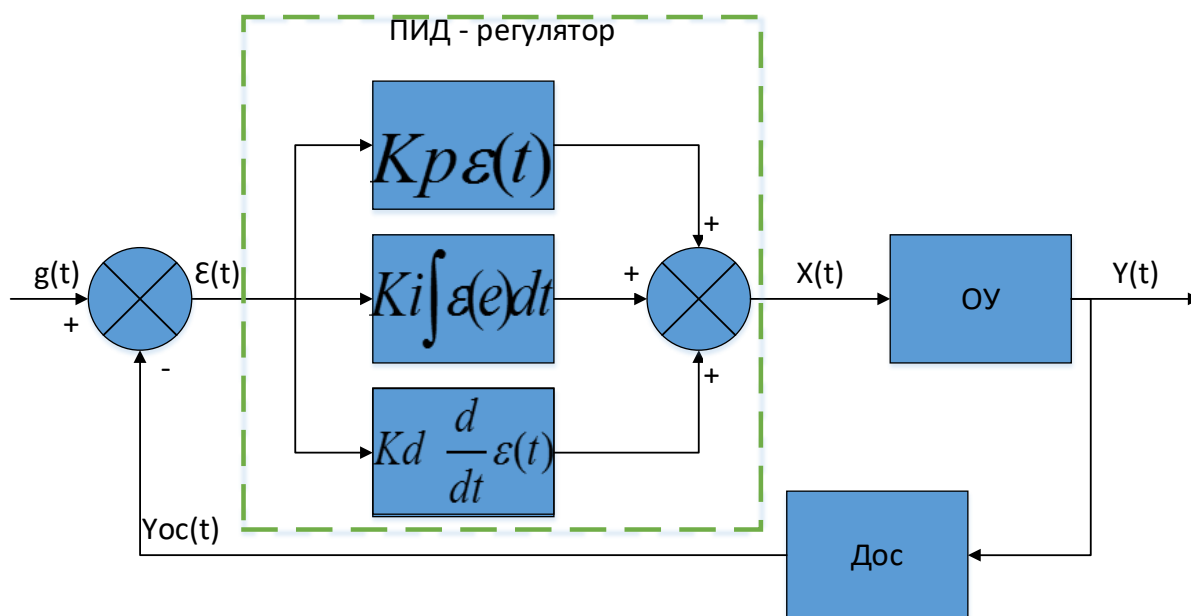
Где  $T_{set}$  – погодозависимая уставка,  $T_{street}$  – текущая температура на улице,  $T_{Set\_Max}$  – верхняя точка уставки,  $T_{Set\_Min}$  – нижняя точка уставки,  $T_{Street\_Max}$  – верхняя точка температура на улице,  $T_{Street\_Min}$  – нижняя точка температура на улице.

3.4. Принцип работы ПИД – регулятора.  
Пропорционально – интегрально – дифференциальные (ПИД) регуляторы – физические устройства или их совокупность, предназначенные для получения необходимых точности и качества переходного процесса, управляемого (выходного) физического параметра.

Использование ПИД подразумевает наличие обратной связи (ОС). ОС – связь при которой на вход регулятора подается задающее воздействие (уставка) и действительное значение выходного

физического параметра, таким образом результат функционирования регулятора оказывает влияние на его входные параметры, которые, в свою очередь, определяют дальнейшую работу регулятора.

По сути ПИД – регулятор – это математическая операция. Рассмотрим принцип работы классического ПИД – регулятора, отраженного на следующей функциональной схеме:



Где  $g(t)$  – задающее воздействие (уставка),  $\varepsilon(t) = g(t) - Y_{oc}(t)$  – ошибка регулирования,  $x(t)$  – управляющее воздействие,  $y(t)$  – регулируемый физический параметр,  $Y_{oc}(t)$  – сигнал обратной связи,  $K_p$  – коэффициент пропорциональной составляющей,  $K_i$  – коэффициент интегральной составляющей,  $K_d$  – коэффициент дифференциальной составляющей, соответственно:  $X_p = K_p \cdot \varepsilon(t)$  – пропорциональная составляющая,  $X_i = K_i \cdot \int \varepsilon(t) dt$  – интегральная составляющая,  $X_d = K_d \cdot \frac{d}{dt} \varepsilon(t)$  – дифференциальная составляющая, ОУ – объект управления, Дос – датчик обратной связи.

Таким образом, управляющее воздействие – это совокупность влияний каждой составляющей ПИД – регулятора:

$$x(t) = X_p + X_i + X_d ;$$

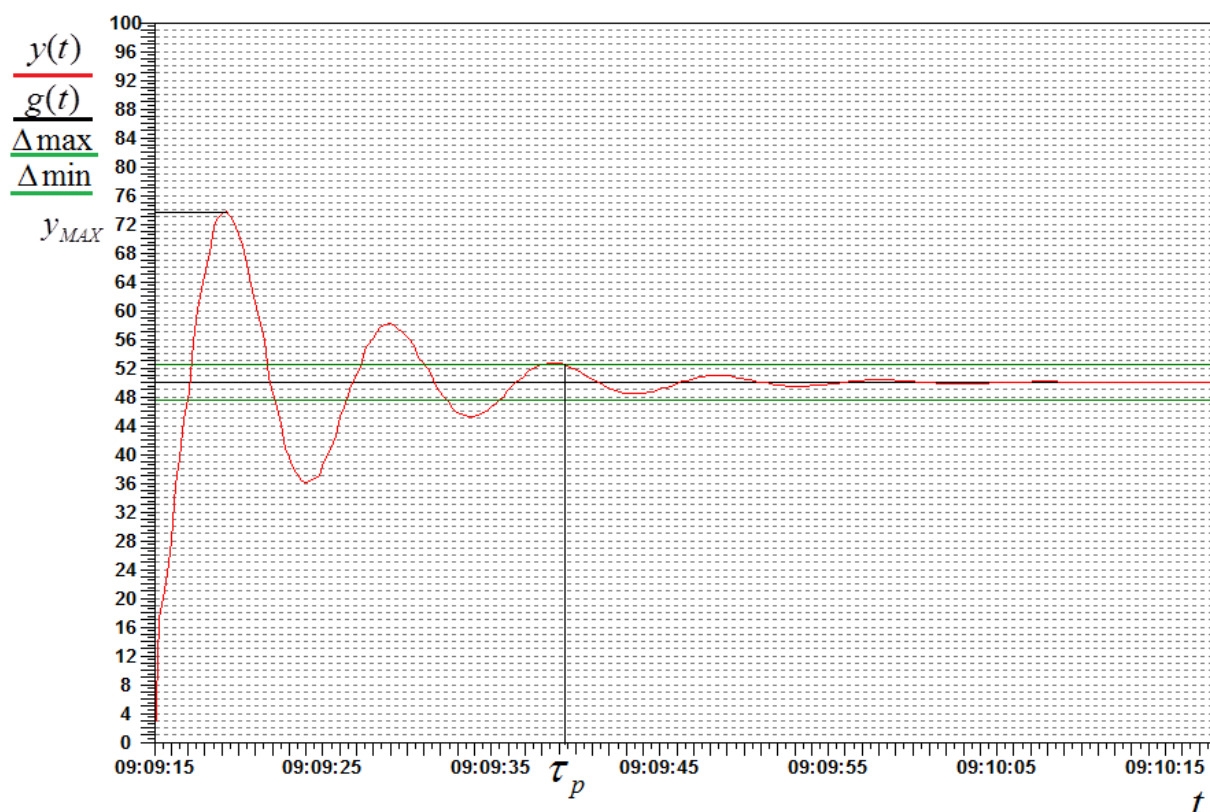
$$x(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + K_i \cdot \int \varepsilon(t) dt + K_d \cdot \frac{d}{dt} \varepsilon(t) \quad (5.1)$$

Для качественного анализа переходного процесса используют следующие параметры.

Перерегулирование – первый максимальный выброс управляемого параметра, выраженный в процентах.

Время регулирования – интервал времени по истечении, которого регулируемая величина попадает в зону регулирования и больше не покидает ее.

Зона регулирования – область значений управляемого параметра, которая считается нормой.



Где  $y_{MAX}$  – максимальное значение управляемого параметра,

соответственно  $\delta = \frac{y_{MAX} - g(t)}{y_{MAX}} \cdot 100\%$  – перерегулирование,  $\Delta_{max}$  –

верхняя граница зоны регулирования,  $\Delta_{min}$  – нижняя граница зоны регулирования,  $\tau_p$  – время регулирования.

#### 3.4.1. Пропорциональная составляющая.

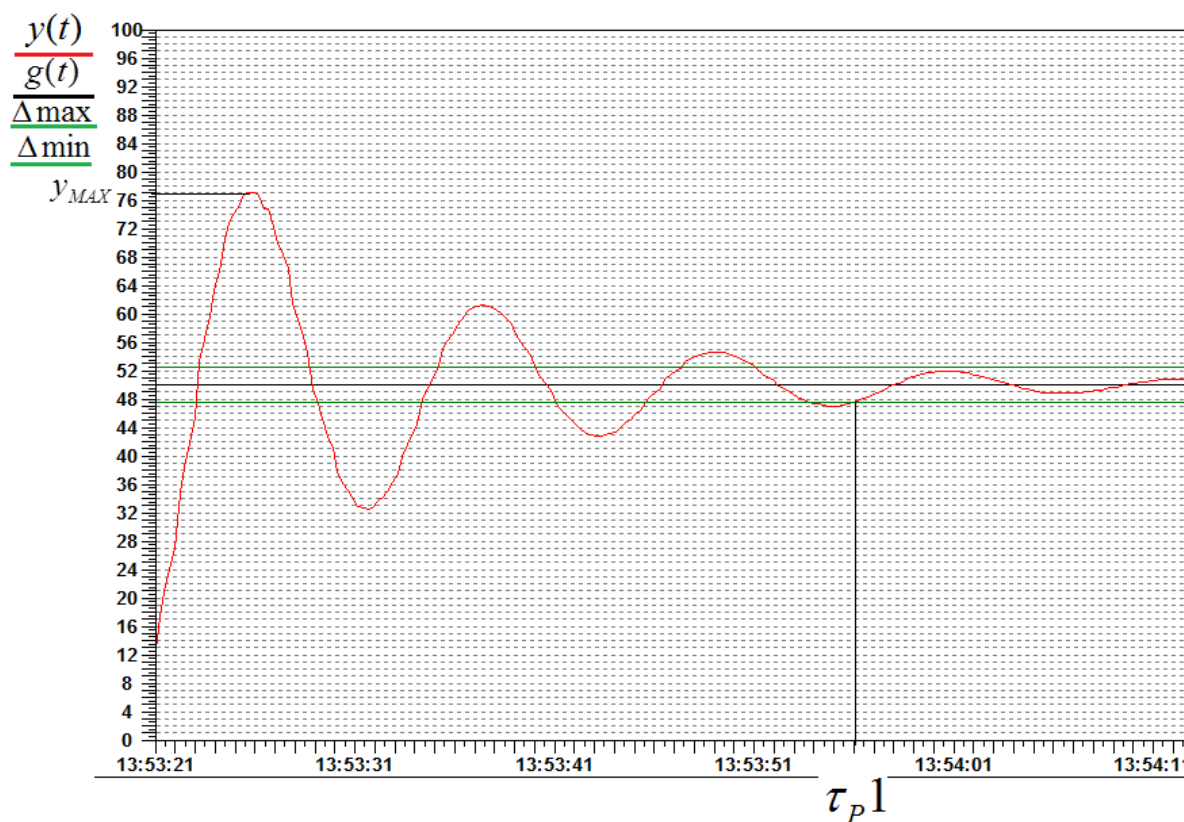
Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины от задающего воздействия, наблюдаемому в данный момент времени. Он тем больше, чем больше это отклонение.



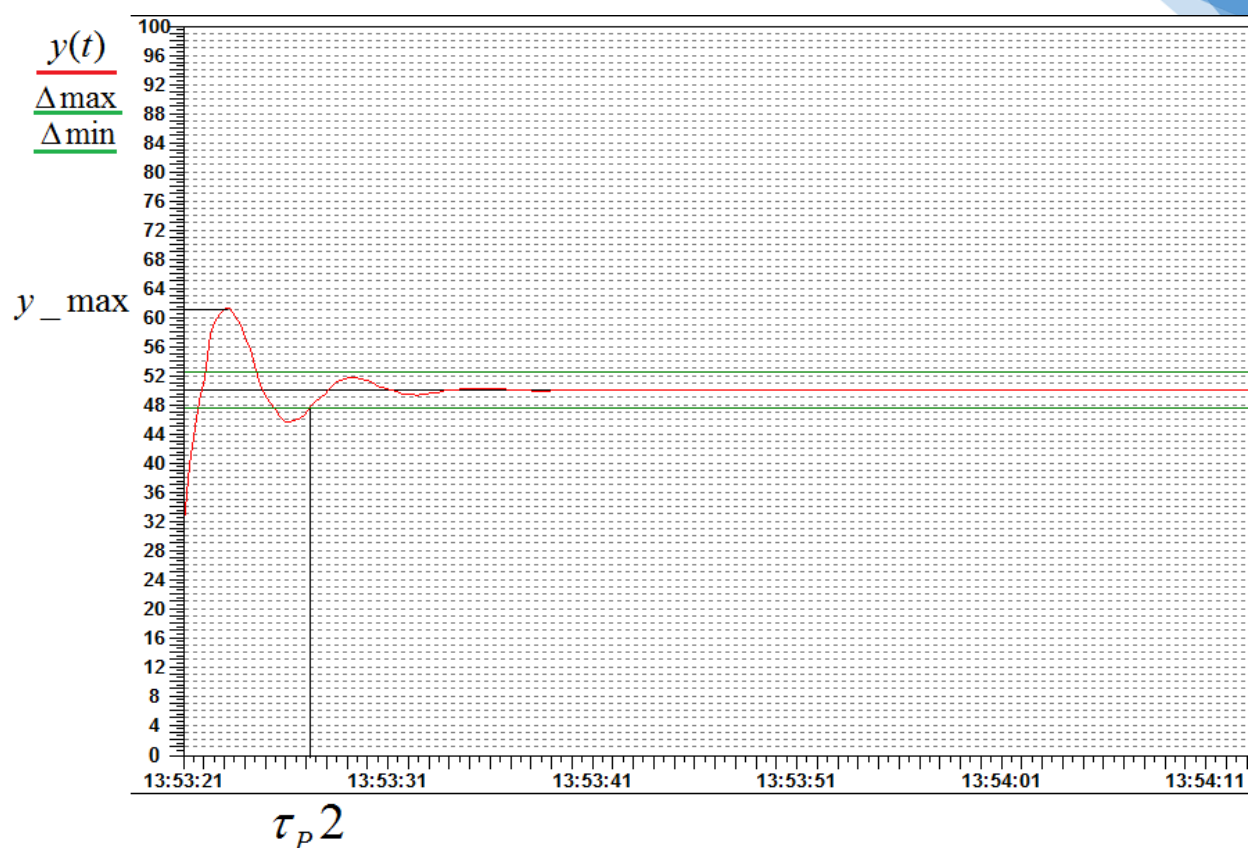
Если входной сигнал равен задающему воздействию, то выходной равен нулю.

Следующие графики отражают изменение переходного процесса при постепенном увеличении  $K_p$ .

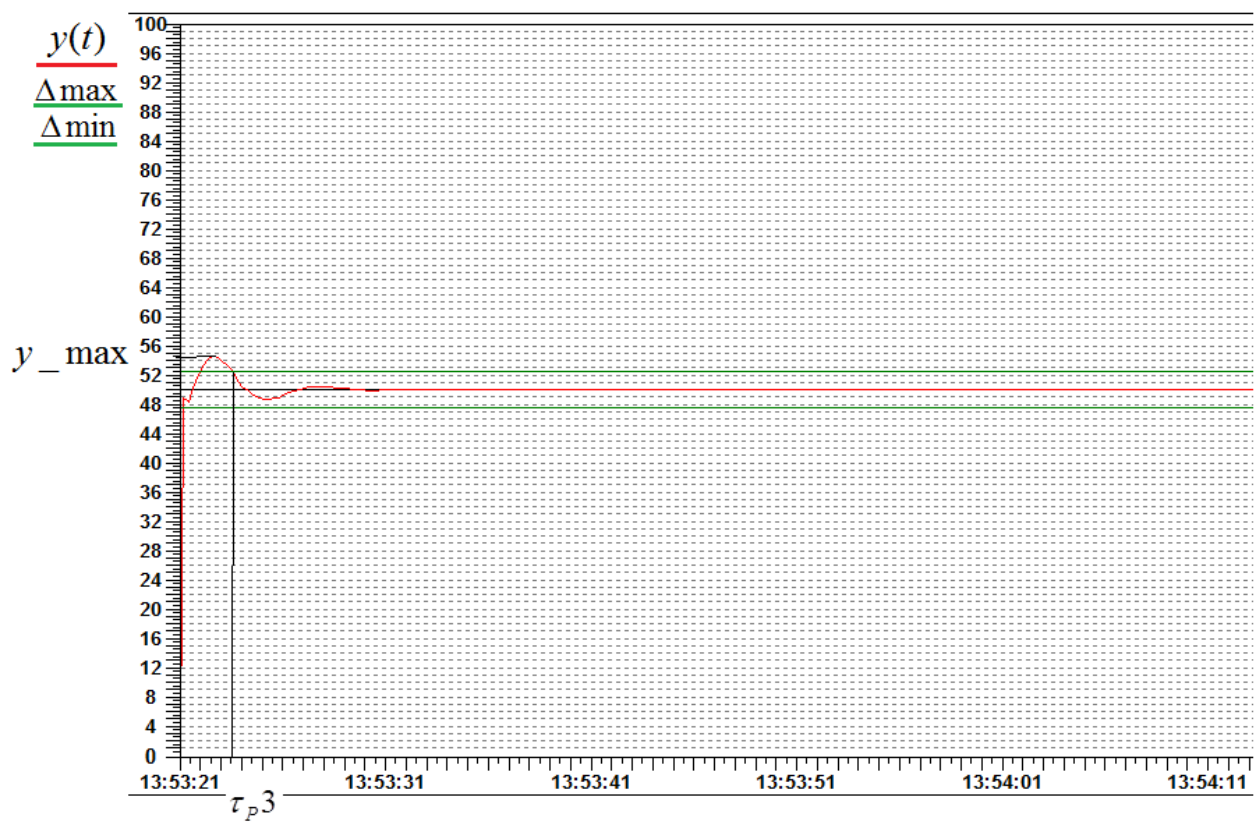
$$K_p = K_{p1}, \quad K_i = K_{i1}, \quad K_d = K_{d1}$$



$$K_p = K_{p2}, \quad K_i = K_{i1}, \quad K_d = K_{d1}$$

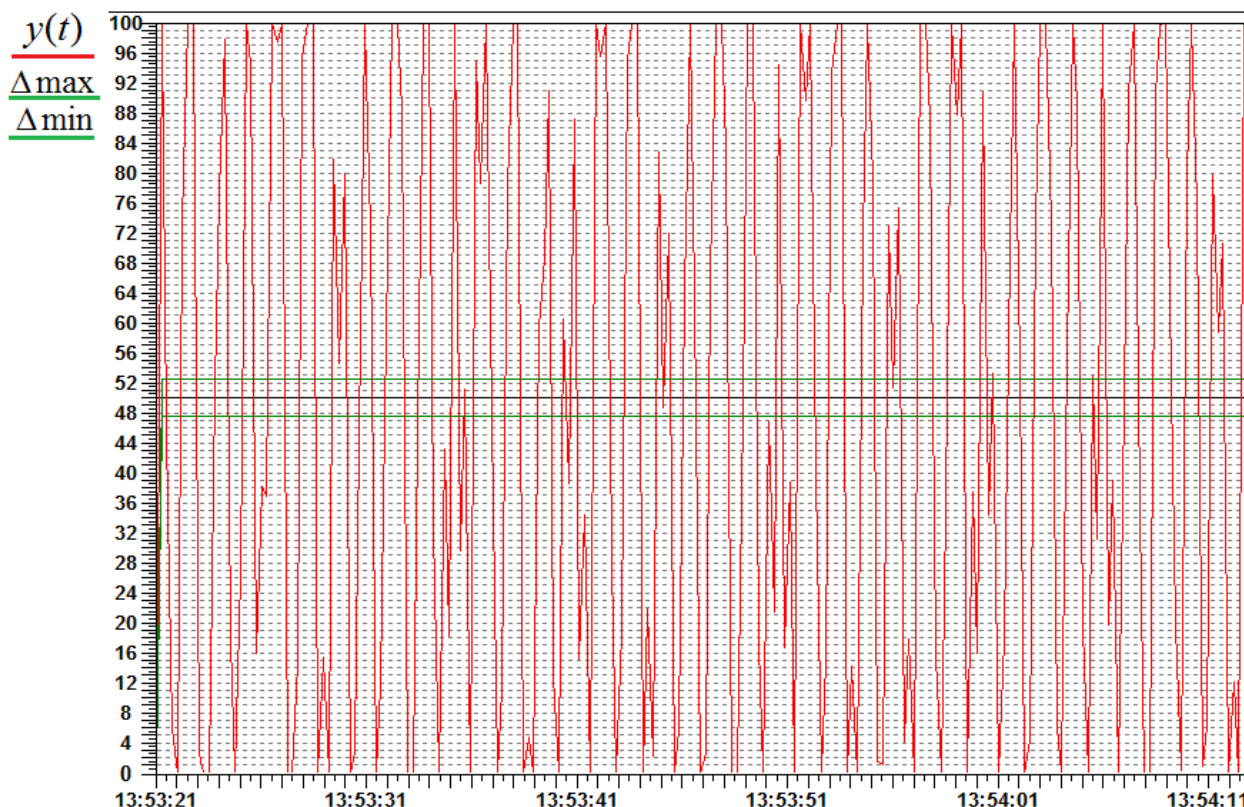


$$Kp = Kp3, \quad Ki = Ki1, \quad Kd = Kd1$$



При увеличении коэффициента пропорциональной составляющей  $K_{p1} < K_{p2} < K_{p3}$  наблюдается уменьшение перерегулирования  $\delta_1 > \delta_2 > \delta_3$  и времени регулирования  $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$ .

Такая закономерность наблюдается до некоторого значения  $K_{p \max}$  (у всех САУ разное), после его превышения наблюдается обратный эффект, который в итоге перерастает в устойчивые колебания или колебания с растущей амплитудой.



Соответственно оптимальное значение коэффициента выбирается из области значений  $K_p < K_{p \max}$ .

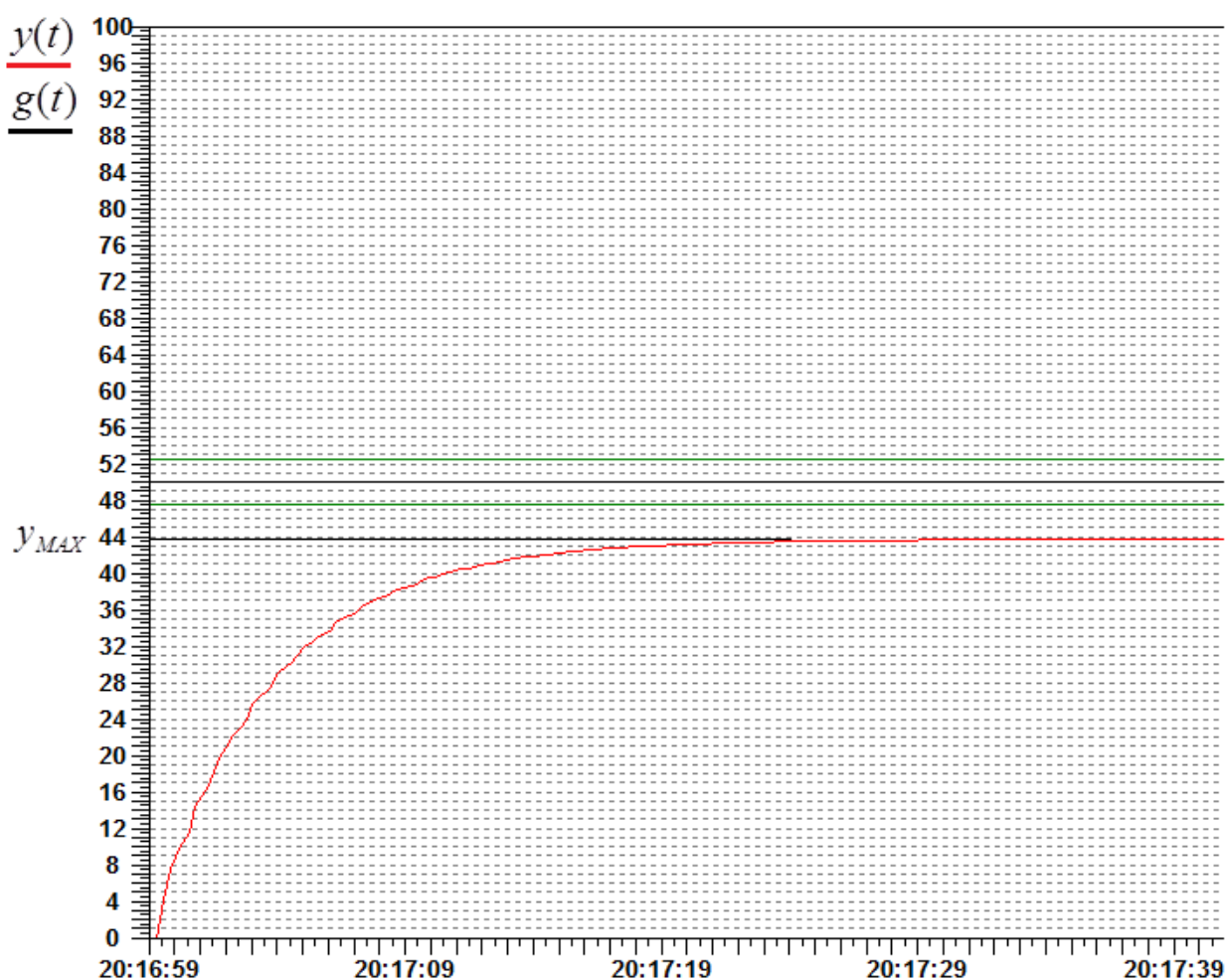
### 3.4.2. Интегральная составляющая.

Интегральная составляющая пропорциональна интегралу от отклонения регулируемой величины. Её используют для устранения статической ошибки. Она позволяет регулятору со временем учесть статическую ошибку.

Если система не испытывает внешних возмущений, то через некоторое время регулируемая величина стабилизируется на заданном значении, сигнал пропорциональной составляющей будет равен нулю, а выходной сигнал будет полностью обеспечивать интегральная составляющая. Тем не менее, интегральная составляющая также может приводить к автоколебаниям.

Следующие графики отражают изменение переходного процесса при постепенном увеличении коэффициента интегральной составляющей.

$$K_i = 0 \text{ или } K_i \ll 1$$



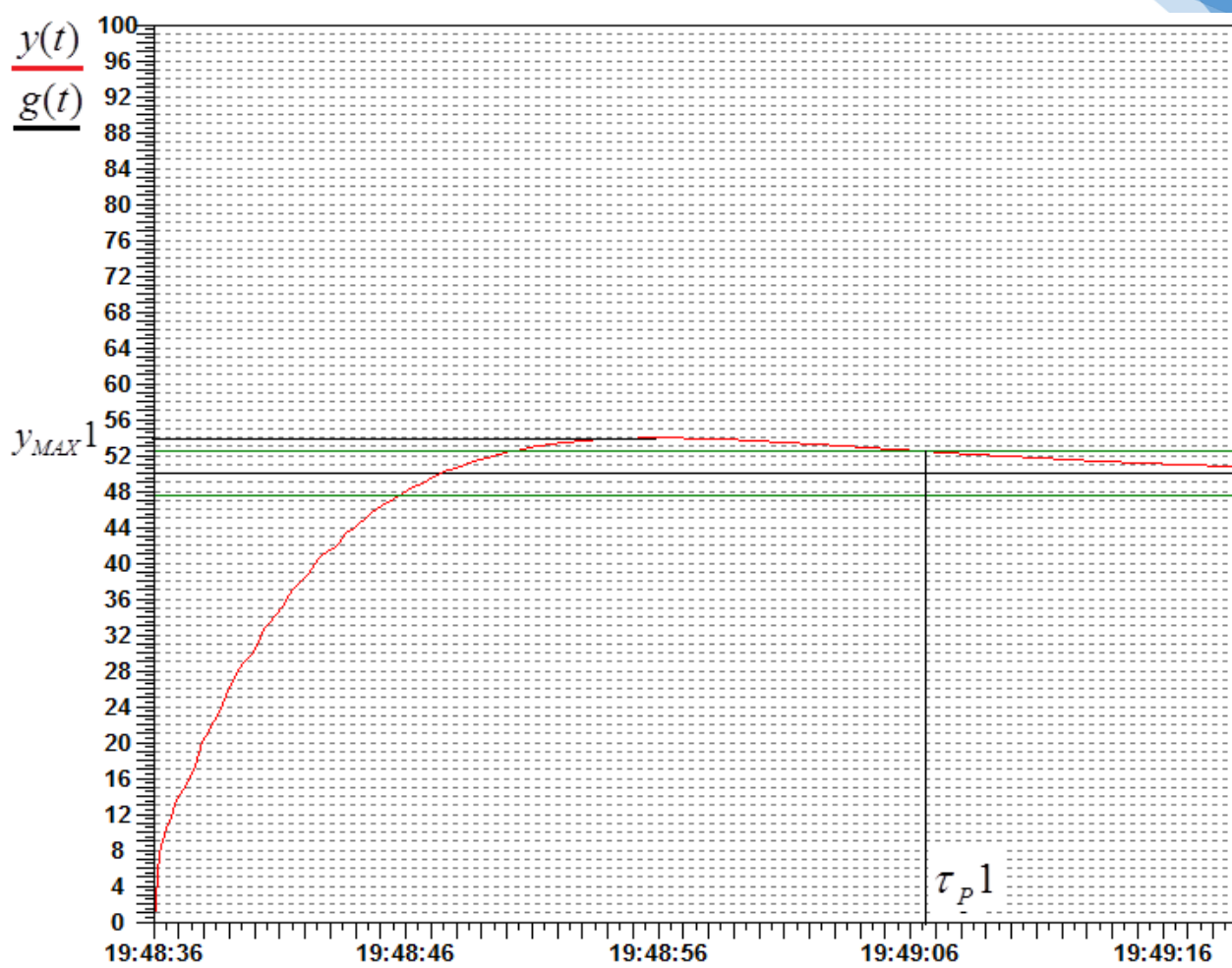
При таком значении коэффициента  $K_i$  формула (5.1) ПИД – регулятора принимает вид:

$$x(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + K_d \frac{d}{dt} \varepsilon(t)$$

В этом случае интегральная составляющая не оказывает никакого влияния на управляемую величину, поэтому появляется статическая ошибка  $\varepsilon(t) = g(t) - y_{MAX}$ . Статическая ошибка – значение ошибки регулирования по завершении переходного процесса.

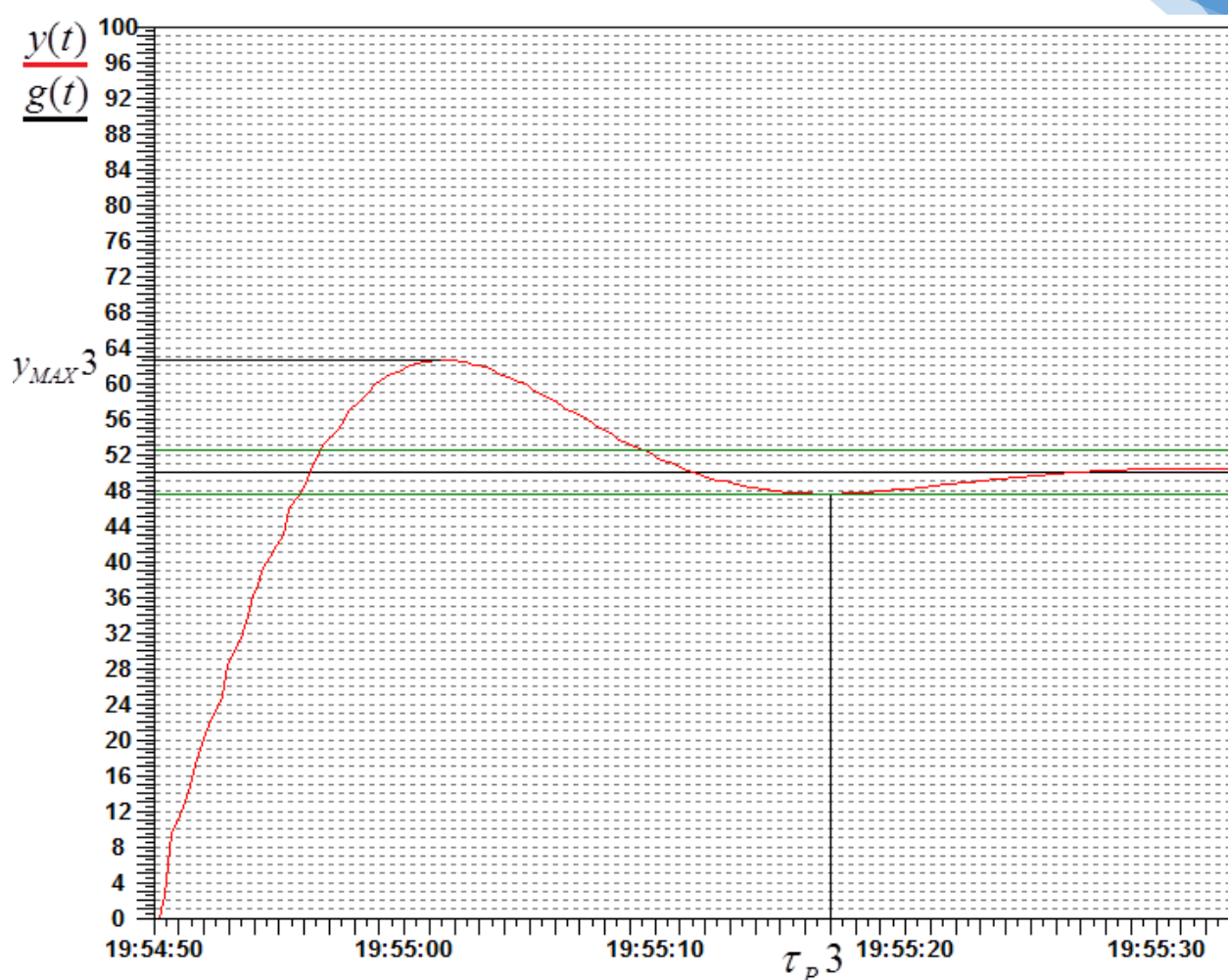
При увеличении коэффициента интегральной составляющей до некоторого значения  $K_{i \min}$  статическая ошибка исчезнет, появится колебательность в переходном процессе.

$$K_p = K_{p1}, \quad K_i = K_{i2} = K_{i \min}, \quad K_d = K_{d1}$$



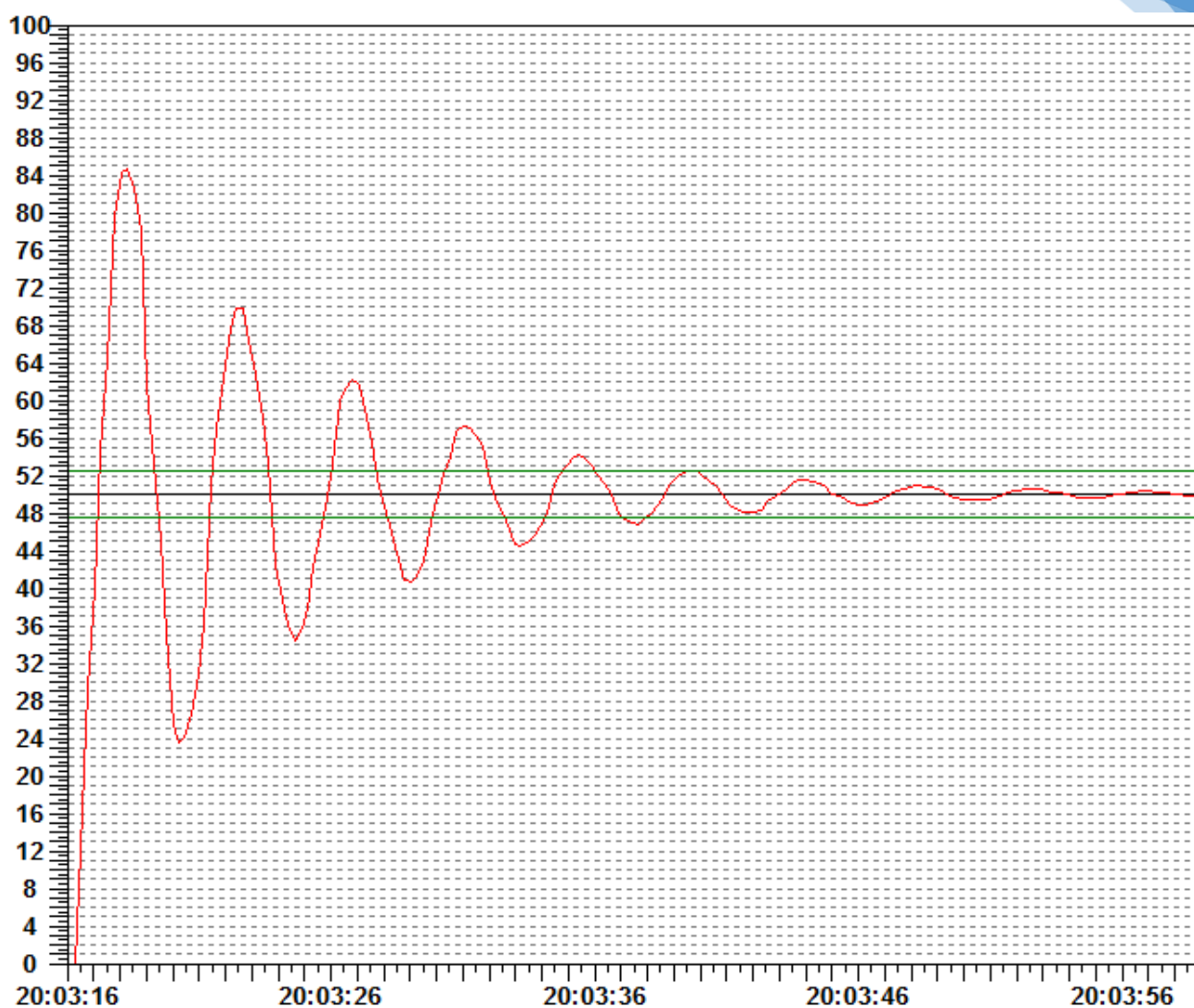
Где  $\delta 1$  -перерегулирование,  $\tau_{P1}$  -время регулирования.

$$Kp = Kp1, \quad Ki = Ki3, \quad Kd = Kd1$$



Где  $\delta_3$  - перерегулирование,  $\tau_{p3}$  - время регулирования.

Из анализа графиков видно: при дальнейшем увеличении коэффициента интегральной составляющей  $K_{i3} > K_{i2}$  время регулирования уменьшается  $\tau_{p2} > \tau_{p3}$  и перерегулирование увеличивается  $\delta_3 > \delta_2$ . Такое поведение переходного процесса будет наблюдаться до тех пор пока коэффициент интегральной составляющей не достигнет некоторого значения  $K_{i\max}$ , после которого колебательность переходного процесса резко возрастет и время регулирования начнет расти.



Дальнейшее увеличение  $K_i$  приведет систему в неустойчивое состояние и образуются незатухающие колебания.

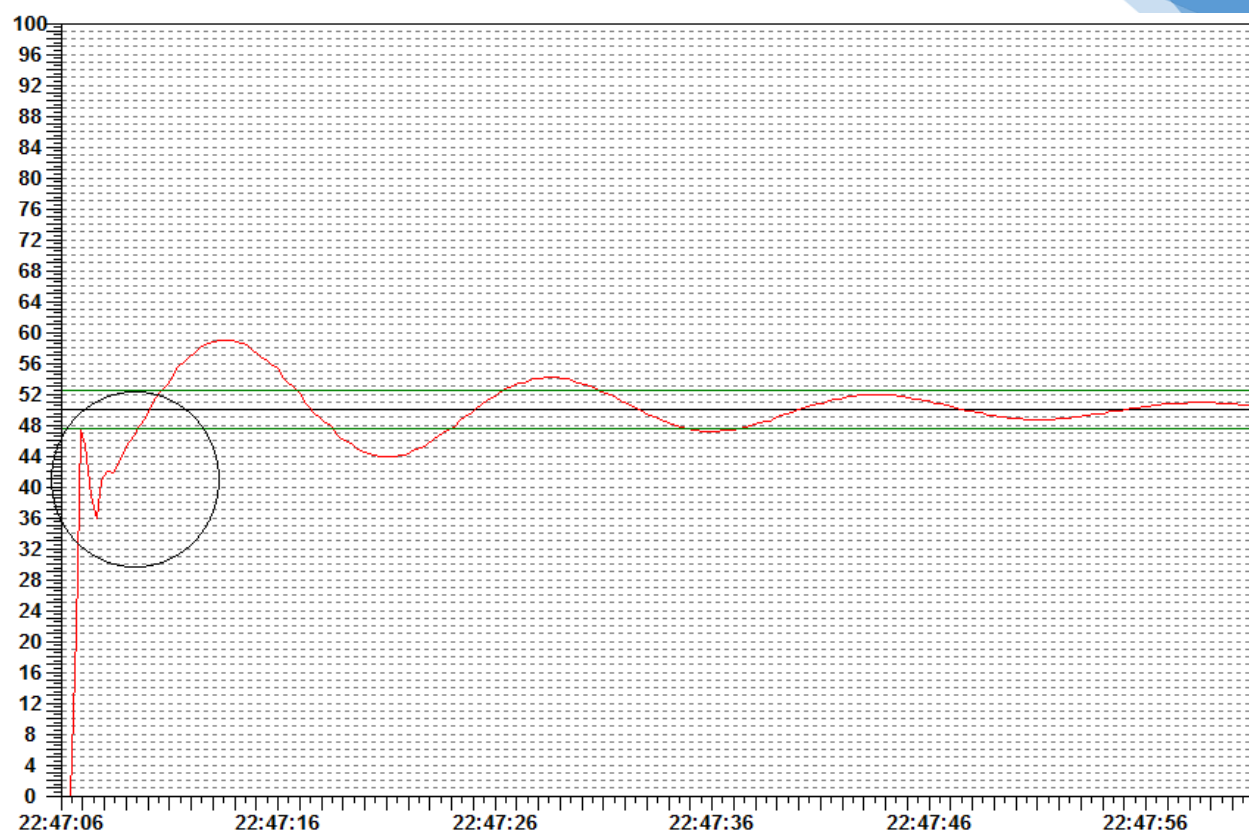




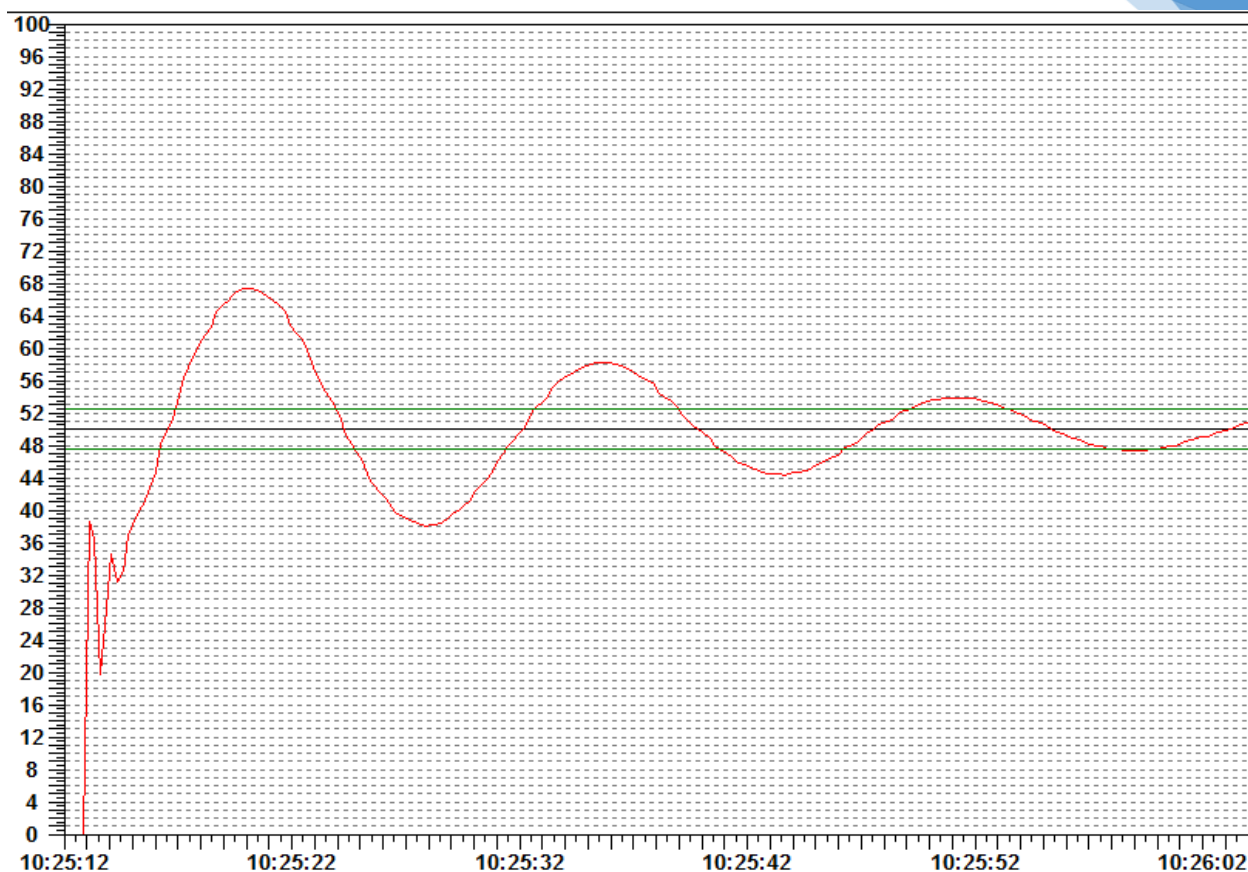
### 3.4.3. Дифференциальная составляющая.

Дифференциальная составляющая пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем. Отклонения могут быть вызваны внешними возмущениями или запаздыванием воздействия регулятора на систему.





На графике виден участок, на котором дифференциальная составляющая оказывает наибольшее воздействие. При уменьшении коэффициента дифференциальной составляющей таких участков станет больше.



Таким образом влияние дифференциальной составляющей тем больше, чем больше скорость изменения управляемой величины, причем действие ее направлено в противоположную сторону. При дальнейшем уменьшении коэффициента таких участков будет становиться больше и в итоге в системе появятся незатухающие колебания.

#### 3.4.4. Постоянная интегрирования. Постоянная дифференцирования.

В некоторых ПИД – регуляторах вместо коэффициентов  $K_i$  и  $K_d$  используют постоянные времени интегрирования ( $T_n$ ) и дифференцирования ( $T_v$ ).

$$T_n = \frac{1}{K_i}$$

$$T_d = \frac{1}{K_d}, \text{ формула (5.1) примет вид:}$$

$$x(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + \frac{1}{T_n} \cdot \int \varepsilon(t) dt + \frac{1}{T_v} \cdot \frac{d}{dt} \varepsilon(t),$$

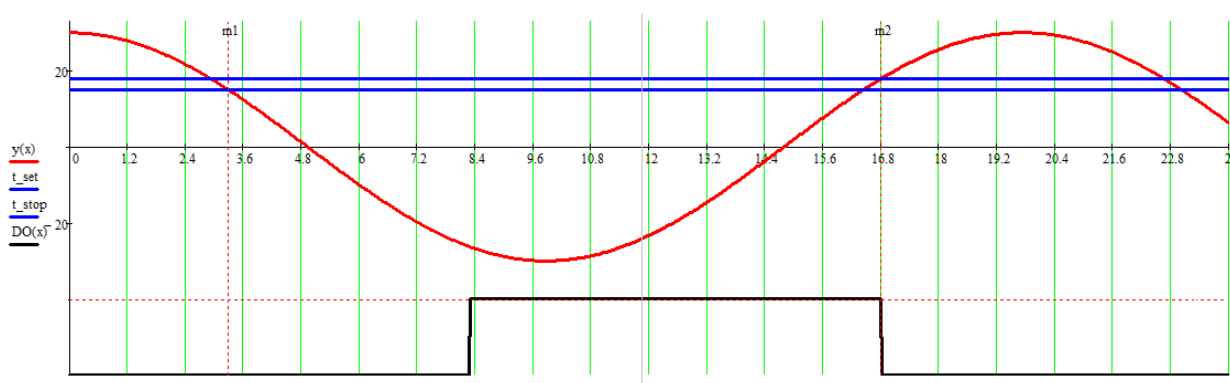
то есть при уменьшении постоянных времени наблюдается тоже эффект, что и при увеличении коэффициентов.

### 3.5. Котлы.

#### 3.5.1. Управление Зима/Лето.

Переход Зима/Лето осуществляется принудительно оператором или автоматически. Параметры автоматического перехода (температура перехода, задержка включения отопления, гистерезис отключения отопления) оператор задает окне Настройки (Зима/Лето).

На графике отражен принцип перехода Зима/Лето:



Где  $y(x)$  — текущая температура на улице,  $t_{set} = 15^{\circ}\text{C}$  — температура — граница перехода Зима/Лето,  $t_{gist} = 3^{\circ}\text{C}$  — гистерезис отключения отопления,  $t_{time\_delay} = 5\text{ч}$  — задержка перехода на зимнее управление,  $DO(x)$  — отражает текущее управление: «1» — зима или «0» — лето.

#### 3.5.2. Каскад

Котлы работают в каскаде. Ведущий котел выбирается оператором принудительно или автоматически исходя из текущей даты и времени. В случае автоматического выбора ведущего котла в параметре «интервал времени» (меню > настройки > каскад) должно быть значение отличное от 0 (нуля). Если есть необходимость назначить определенный котел ведущим, то значение в параметре «интервал времени» должно быть = 0.

Формирование каскада.

Оператор задает очередность каскада для ведущего и ведомого котла по порядковому номеру ступени.

Ведущий и ведомый котел имеют по 2 ступени:

Ведущий котел	Ведомый котел
Дельта 1 [C]	Дельта 3 [C]
Дельта 2 [C]	Дельта 3 [C]

Соответственно каскад содержит 4 уставки:

Массив уставок	Дельта 1 [C]	Дельта 2 [C]	Дельта 3 [C]	Дельта 4 [C]
----------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Каскад по порядковому номеру котла:

Котел №1	Котел №2
Дельта 1 [C]=10C	Дельта 3 [C]=30C
Дельта 2 [C]=20C	Дельта 4 [C]=40C