

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

**ИЗУЧЕНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНГРАФ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
БЛОКОВ**

Методические указания  
к лабораторной работе по дисциплине  
«Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления»  
для студентов очной и заочной форм обучения направления 220700.62  
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2015

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»

Дисциплина: «Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления»  
(направление 220700.62).

Составили: доцент В.В. Тактаев, канд. техн. наук, доцент О.В. Дмитриева.

Утверждены на заседании кафедры 27 ноября 2014 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта  
«Инженерные кадры Зауралья» 20 декабря 2013 г.

## Содержание

Введение.....	4
1 Этапы проектирования АСУ, выполняемые в инструментальной системе КОНГРАФ .....	4
2 Разработка алгоритма управления в инструментальной системе КОНГРАФ .....	5
3 Симуляция алгоритма управления .....	9
4 Трансляция алгоритма управления.....	11
5 Контрольные вопросы.....	15
6 Порядок выполнения лабораторной работы.....	15
Список использованных источников.....	15
Приложения.....	16

## Введение

Основная особенность проектирования систем управления на базе модулей ПТК КОНТАР – это то, что ядром каждого из вышеперечисленных модулей является соответствующий тип микроконтроллера фирмы Silicon Laboratories (ранее эти микроконтроллеры выпускались под маркой фирмы Cygnal). Все эти микроконтроллеры имеют в своем составе широкий набор периферийных устройств, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, энергонезависимую перепрограммируемую Flash-память, что дало возможность фактически на основе одной микросхемы микроконтроллера реализовать целый модуль. У всех этих микроконтроллеров одна система команд (*i8051*), что дает возможность разработки алгоритма функционирования любого из этих модулей вести в одной инструментальной системе (**КОНГРАФ**).

В данной лабораторной работе используются основной модуль ПТК КОНТАР МС8 (контроллер измерительный).

Кроме того, наличие в каждом модуле соответствующего типа микроконтроллера с Flash-памятью дает возможность располагать программу управления (“мозги”) в непосредственной близости от управляемого объекта, а при условии распределенного в пространстве объекта управления – строить на базе ПТК КОНТАР систему управления, в которой за каждую часть большого объекта управления “отвечает” свой контроллер. Сами модули в такой *распределенной* системе управления связываются между собой для передачи команд и информации с помощью проводных соединений, образуя, таким образом, распределенную систему управления с поддержкой самых современных телекоммуникационных протоколов и оборудования.

**Цель работы:** изучение инструментальной системы **КОНГРАФ** и получение навыков разработки и отладка программ для контроллеров МС8 на базе микропроцессора 80C51F125.

## 1. ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АСУ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОНГРАФ

Проектирование автоматизированной системы управления включает следующие этапы:

1. Разработка алгоритма управления. Алгоритм управления разрабатывается (“рисуетя”) в ИС КОНГРАФ на языке функциональных блоков (язык FBD, Functional Blocks Diagram, - один из пяти технологических языков программирования контроллеров международного стандарта IEEE-61131-3).

2. Симуляция алгоритма управления. Любую часть создаваемого алгоритма управления или весь проект в целом можно предварительно (до трансляции и загрузки исполняемого кода в модули ПТК КОНТАР) проверить программно, т.е. выполнить симуляцию нужной части проекта. При этом, как

правило, оперативно находятся “узкие” места алгоритма, которые необходимо или желательно переработать.

3. Трансляция алгоритма управления. Трансляция проекта производится по команде, вызываемой непосредственно из **ИС КОНГРАФ**. При этом предварительно формируется описание всего проекта в XML-формате с формированием сообщений об обнаруженных ошибках и/или подозрительных местах в проекте и списками параметров в каждом из модулей проекта.

После того, как число ошибок будет равно нулю, этот XML-файл передается на сервер трансляции (на сервер МЗТА или сервер разработчика, если у него есть транслятор Keil C51).

Если трансляция прошла успешно, исполняемые файлы (файлы, предназначенные для загрузки в модули ПТК КОНТАР) возвращаются на компьютер разработчика для последующей их загрузки в модули АСУ.

Рассмотрим эти этапы подробнее.

## 2. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КОНГРАФ

Для структуризации и “прорисовки” проекта на рабочее поле главного блока проекта нужно поместить те модули ПТК КОНТАР, которые будут задействованы в проекте. В нашем примере проекта в учебных целях применена избыточность и используются два функциональных блока контроллера МС8, хотя достаточно было бы и одного (рисунок 1).

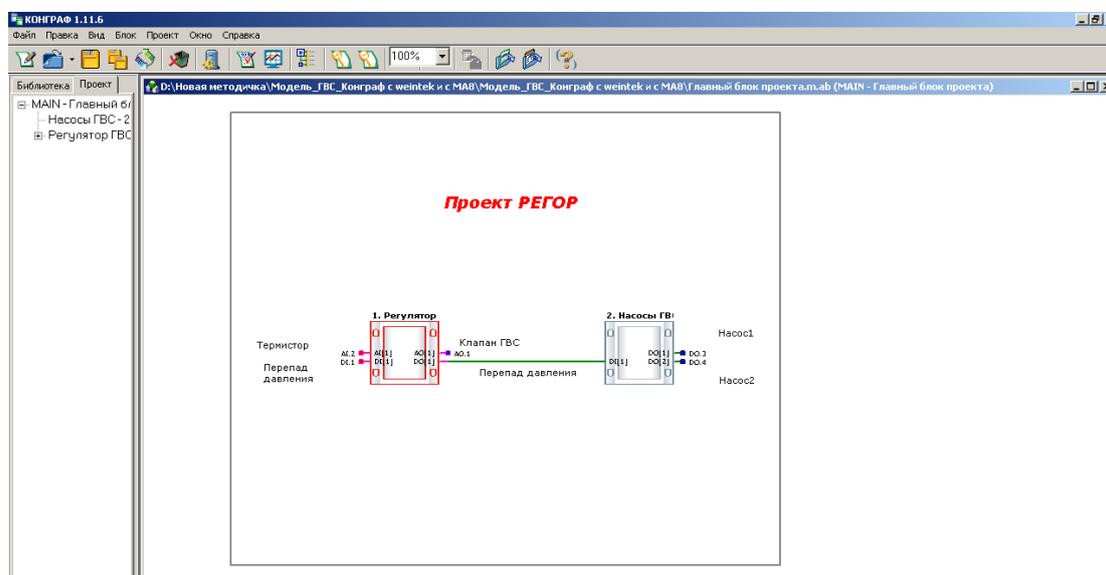


Рисунок 1 – Проект РЕГОР – главный блок проекта

На представленных далее экранных формах (рисунки 2-5) показаны настройки свойств и создание списков МС8.

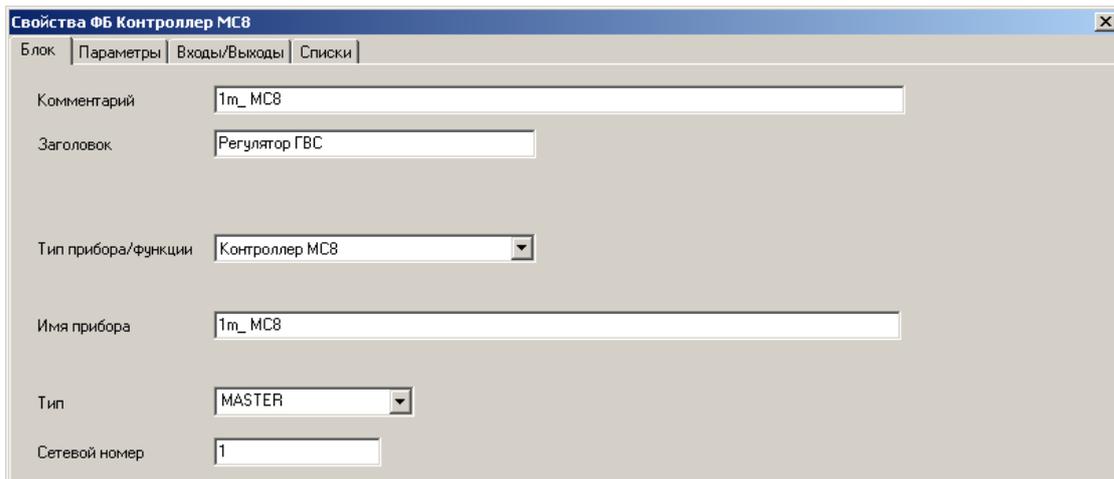


Рисунок 2 – Настройка свойств МС8

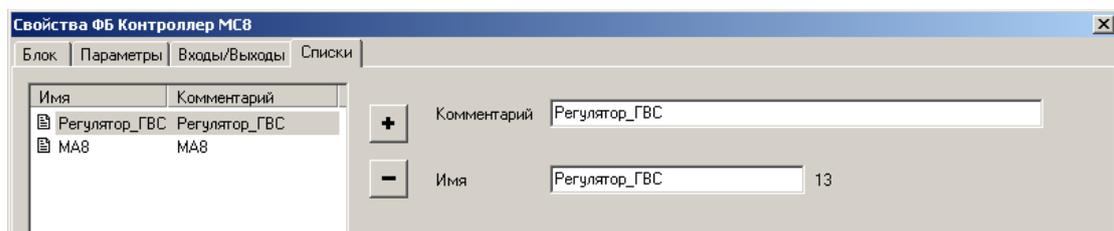


Рисунок 3 – Создание списков МС8

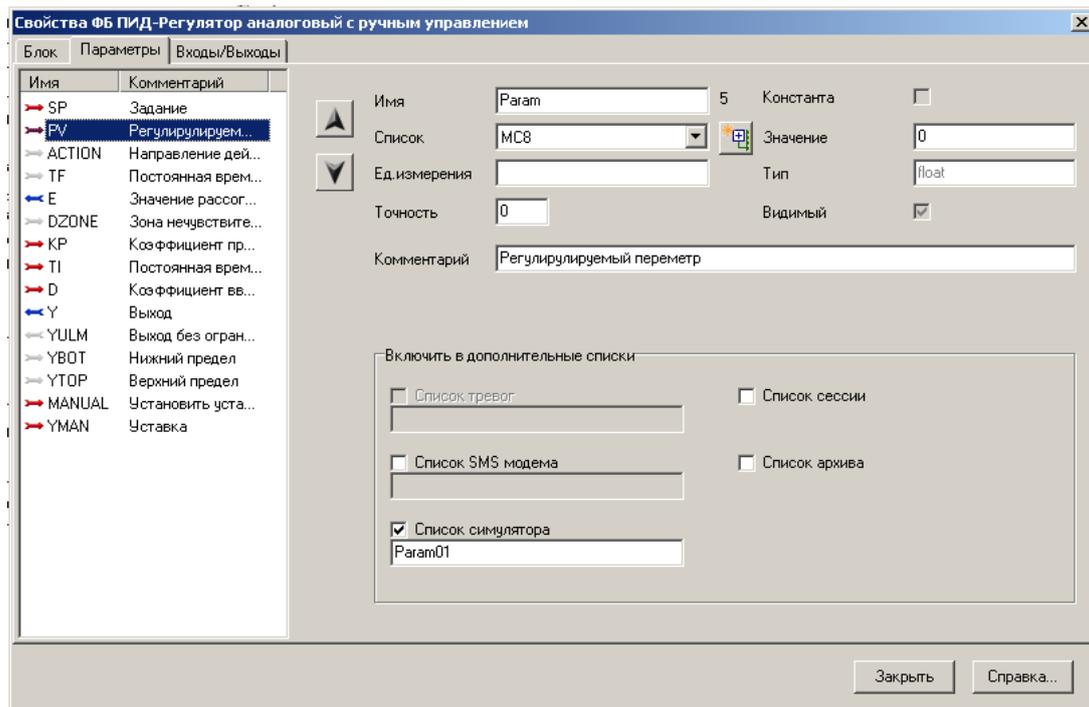


Рисунок 4 – Настройка свойств ПИД регулятора

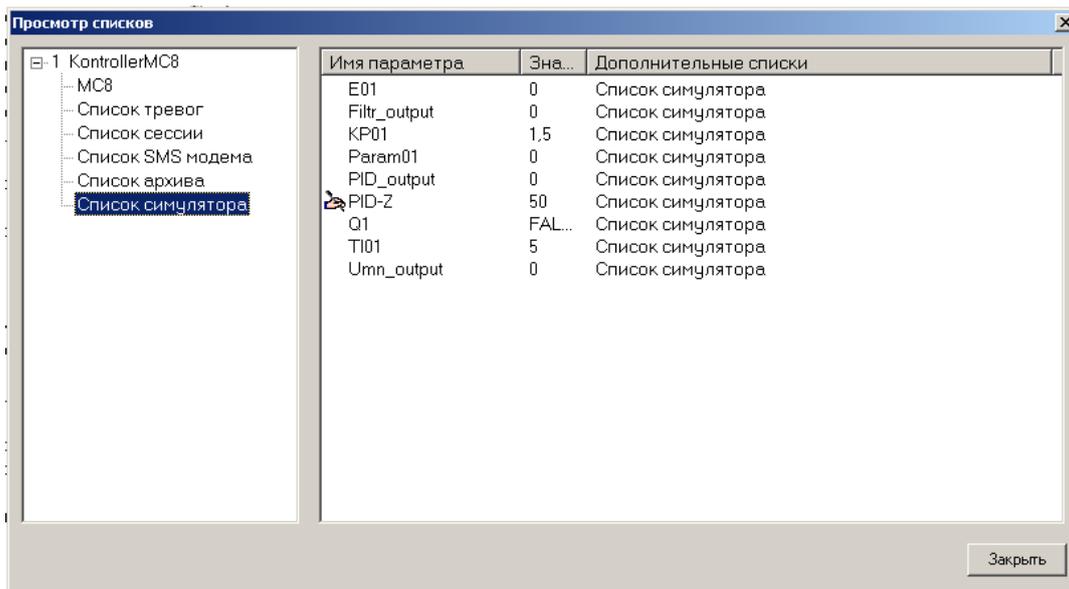


Рисунок 5 – Список параметров симулятора MC8.

Справочные параметры ПИД-регулятора приведены в приложении Д.

После этого рекомендуется разбить алгоритм каждого модуля проекта на логически завершенные алгоритмические части – так называемые комплексные функциональные блоки (КФБ).

Разбивать алгоритм KONTAR-модуля нужно так, чтобы каждый КФБ выполнял *одну определенную функцию* в проекте. Поскольку КФБ могут быть вложенными, рекомендуется, чтобы КФБ нижнего уровня выполнял какую-то одну “элементарную” функцию в проекте. Группировка “элементарных” КФБ внутри более сложного КФБ (верхнего уровня), дает возможность реализовывать КФБ, выполняющие более сложные (“неэлементарные”) функции в проекте.

На рисунке 6 показан алгоритмический блок контроллера MC8.

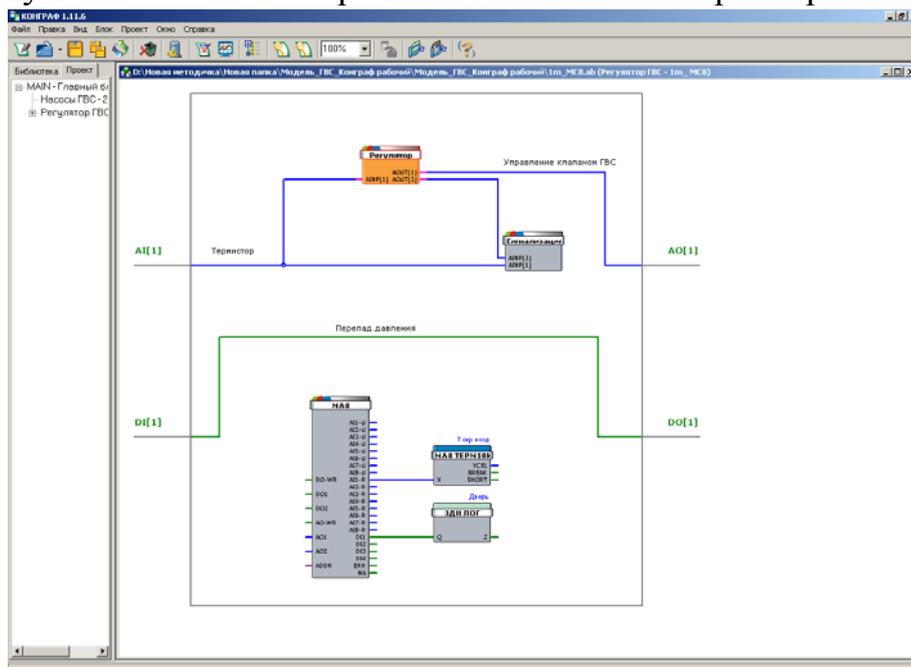


Рисунок 6 –Алгоритмический блок контроллера MC8

Сначала в поле алгоритмического блока модуля “набрасываются” КФБ с названиями, отображающими суть выполняемых этими КФБ функций. В нашем случае это будут два КФБ – “Регулятор” и “Сигнализация”.

Функция КФБ “Регулятор” (рисунок 7) заключается в формировании аналогового сигнала управления клапаном по ПИ-закону. На вход КФБ поступает сигнал от датчика температуры (с аналогового входа контроллера AI) (Приложение А).

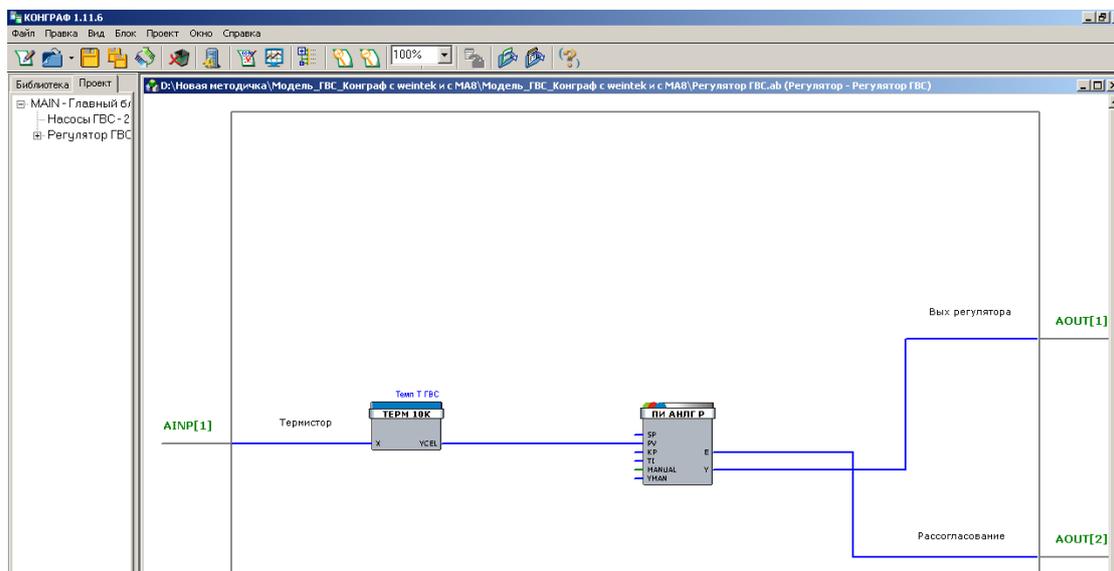


Рисунок 7 – КФБ “Регулятор”

Функция КФБ “Сигнализация” (рисунок 8) заключается в формировании сигналов “Отказ Т ГВС” (обрыв или замыкание термистора) и “Отказ рег ГВС” (температура ГВС отличается от заданной более, чем на 20 °С) (Приложение Б).

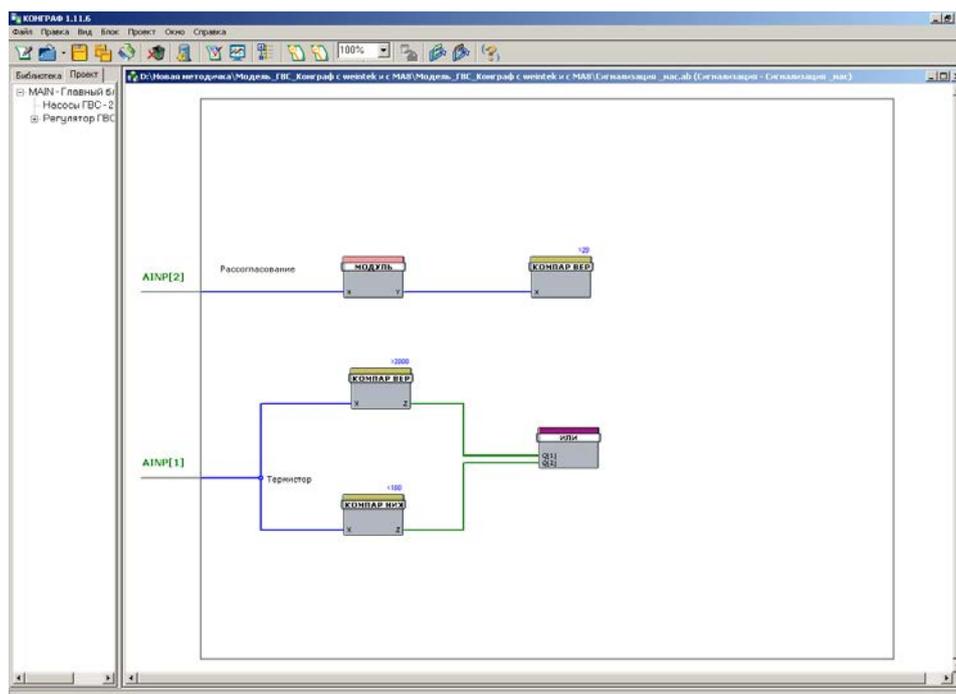


Рисунок 8 – КФБ “Сигнализация”

Структуризация проекта с помощью КФБ удобна тем, что позволяет одновременно с разработкой алгоритма фактически производить работу по документированию этого алгоритма (при описании функций алгоритма нужно будет ссылаться на те или иные КФБ). Кроме того, структуризация проекта с использованием КФБ придает проекту *большую* наглядность и позволяет оперативно разбираться в проекте человеку, непосредственно его не разрабатывавшему.

Сам по себе КФБ не занимает никаких ресурсов (памяти) в модуле, это просто программная группировка отдельных ФБ в КФБ для удобства разработки и чтения проекта в ИС КОНГРАФ.

“Заполняемые” КФБ можно сразу же симулировать, чтобы убедиться в правильности их работы. Затем эти КФБ “наполняются”, т.е. создаются их алгоритмы.

Далее проводим настройку алгоблока МА8.3 (Приложение В), настройку алгоблоков датчика температуры окружающего воздуха и датчика открытой двери (Приложение Г) и “рисуем” алгоритм функциональных блоков (рисунок 13), настройку параметров ПИД-регулятора выполнить в соответствии с приложением Д.

### **3. СИМУЛЯЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ**

Желательно после создания *каждой* логически завершенной части алгоритма системы управления, заключенной, как правило, в КФБ, провести симуляцию этой части алгоритма.

Симуляция проводится с целью определения неточностей в проекте и оперативного их исправления *до* проведения *трансляции и загрузки* исполняемого кода в модули ПТК КОНТАР.

Оперативная симуляция разрабатываемой части проекта (КФБ) дает уверенность в том, что эта часть алгоритма реализована правильно и можно приступить к разработке других функций алгоритма управления (КФБ).

Для того, чтобы иметь возможность имитировать изменение температуры ГВС, необходимо включить в «основной приборный список» и «список симулятора» параметр «входное напряжение», присвоив ему имя «Темп Т ГВС» (рисунок 9). Временные диаграмма работы КФБ “Регулятор” при различных значениях температуры ГВС приведены на рисунке 10.

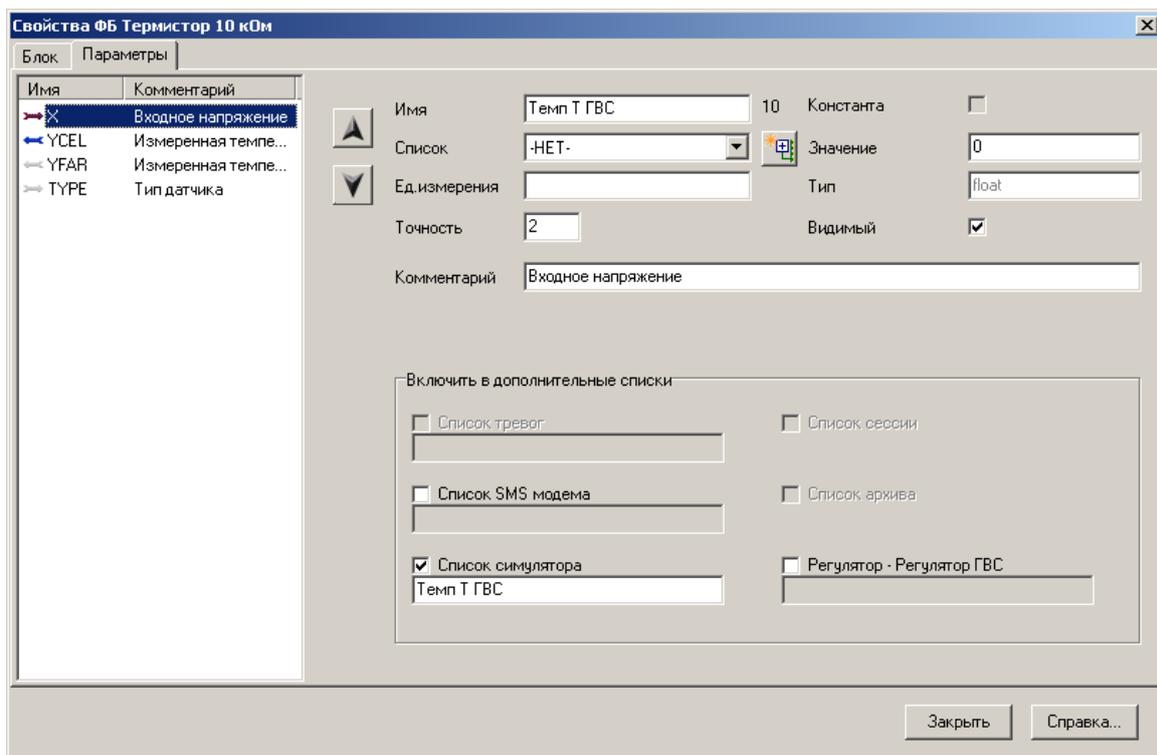


Рисунок 9 – Настройка симуляции КФБ “Регулятор”

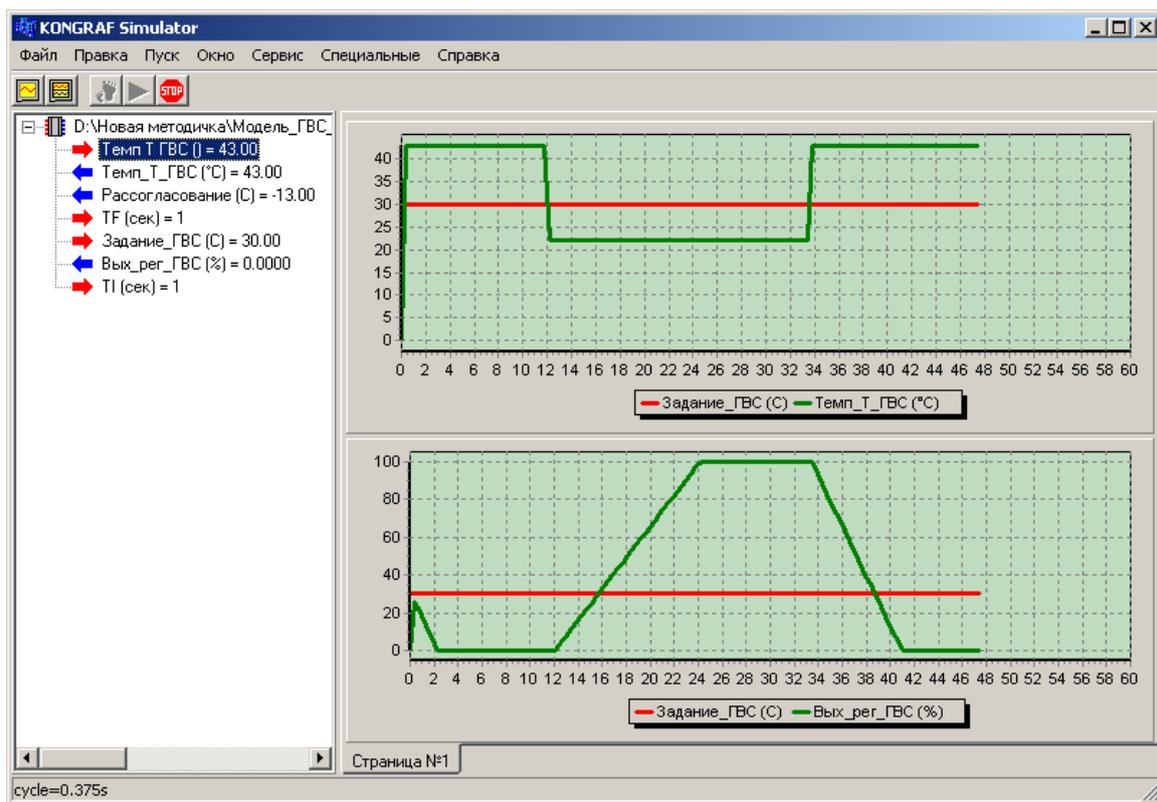


Рисунок 10 – Временная диаграмма работы КФБ “Регулятор” при двух значения температуры ГВС – 43°C и 23 °C

## 4. ТРАНСЛЯЦИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ

4.1. При нажатии на кнопку на панели инструментов “Компилировать проект” (или при выборе команды «Проект / Компилировать» из меню команд) производится формирование XML-файла с анализом проекта на ошибки. Сообщения об ошибках и/или предупреждения о “подозрительных” местах в проекте выводятся в окне “Сообщения” (рисунок 11).

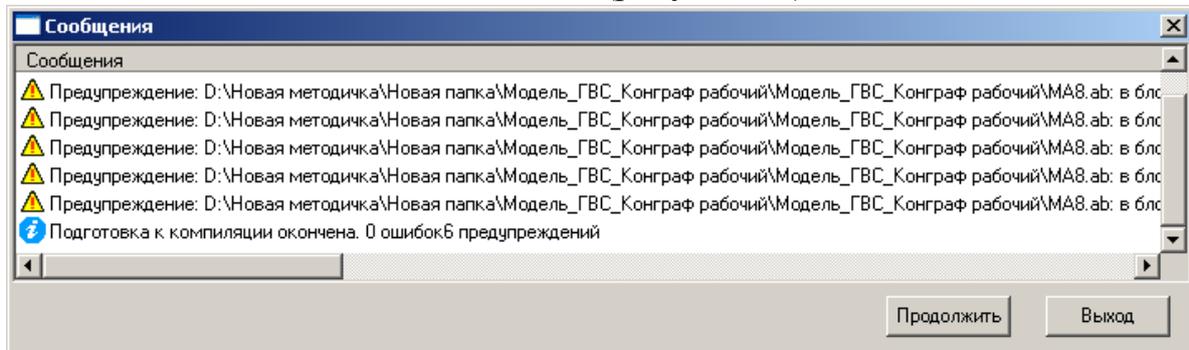


Рисунок 11 – Окно “Сообщения” при формировании XML-файла

Предупреждающие сообщения чаще всего связаны с “оборванными” входами функциональных блоков, т.е. такими входами, которые никуда не подключены и не входят ни в какие списки (свойство видимости / невидимости входа значения не имеет). Такие предупреждения полезны и формируются с той целью, чтобы разработчик алгоритма случайно не пропустил какие-либо соединения в алгоритме проекта.

Если ошибок нет, то можно нажать на кнопку “Продолжить”, иначе на кнопку “Выход” с последующим исправлением ошибок. После нажатия на кнопку “Продолжить” сформированный XML-файл отсылается на сервер трансляции (параметры сервера должны быть выставлены). Активизация кнопки “Готово” (рисунок 12) означает, что трансляция завершена, а исполняемые файлы находятся на рабочем компьютере.

4.2. Для управления теплообменником часто используется аналоговый ПИД-регулятор, расположенный в библиотеке РЕГУЛЯТОРЫ. Регулятор разместим на контроллере МС8.

Выход регулятора(MV) изменяется в диапазоне от 0 до 100%. Для перевода значения выхода регулятора в значение текущего расхода примем линейную зависимость  $G = 5 \times MV$ .

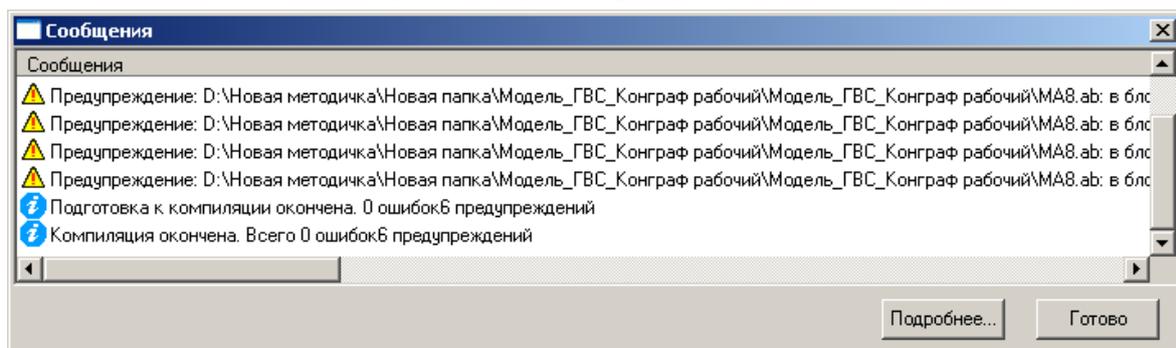


Рисунок 12 – Окно “Сообщения” после трансляции

4.2.1. Добавьте аналоговый ПИД-регулятор на панель программирования контроллера МС8 и блок ПЕРКЛ для включения ПИД регулятора через кнопку;

4.2.2. В качестве модели клапана используйте функциональный блок УМНОЖЕНИЕ (Математические функции) и ФИЛЬТР.

4.2.3. Соедините:

- переменную PV с входом AI [3] контроллера,
- выход блока УМНОЖЕНИЕ Y с выходом блока ФИЛЬТР, выход блока ФИЛЬТР с выходом АО [3] (рис. 13).

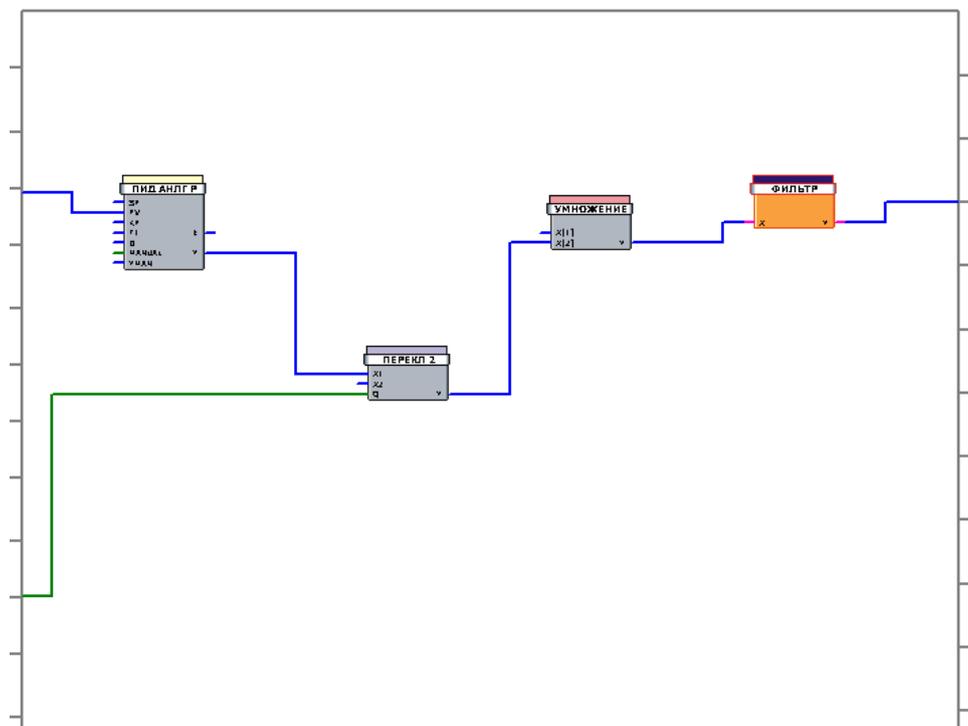


Рисунок 13 – Структура комплексного блока.

После добавления функциональных блоков на панель программирования необходимо их настроить, а также указать, какие переменные будут видны на симуляторе.

4.2.4. В блоке УМНОЖЕНИЕ сделайте переменную X1 константой равной 5.

4.2.5. Откройте функциональный блок ПИД регулятора.

4.2.6. Присвойте переменной X блока ЗАДАНИЕ (PID-Z) имя Задание и добавьте ее в список симулятора.

4.2.7. Откройте свойства блока ПИД регулятора. Добавьте в список симулятора:

- выход регулятора PID-Output,
- коэффициент пропорциональности KP,
- постоянную времени TI;
- рассогласование E1;

4.2.8. Соедините аналоговый выход контроллера МС8 с аналоговым входом контроллера МС8 (рис. 14).

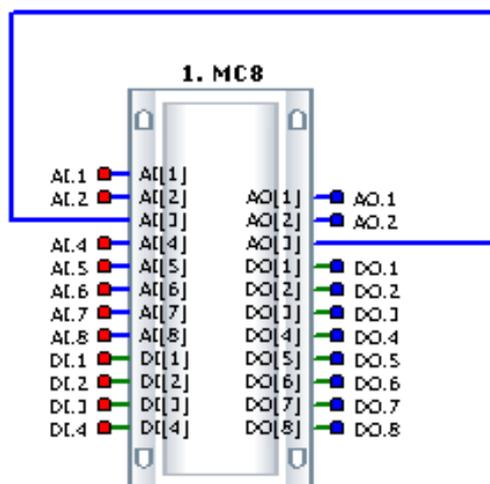


Рисунок 14 – Комплексный функциональный блок MC8

Следующим этапом работы является отладка разработанной системы регулирования на симуляторе.

4.2.9. Запустите симулятор Конграф.

4.2.10. Установите задание регулятору равным 50.

4.2.11. Установите значение параметров ПИД регулятора: Коэффициент пропорциональности  $K_p = 1.5$ , постоянная времени интегрирования  $T_i = 5$ ; для блока ФИЛЬТР установите постоянную времени  $T=5$ ;

4.2.12. Поместите на график Задание и Текущее значение, Рассогласование;

4.2.13. Запустите симуляцию.

4.2.14. Измените задание регулятора на 50, измените значение переключателя Q1 на 1 для включения регулятора и наблюдайте переходный процесс (рис. 15).

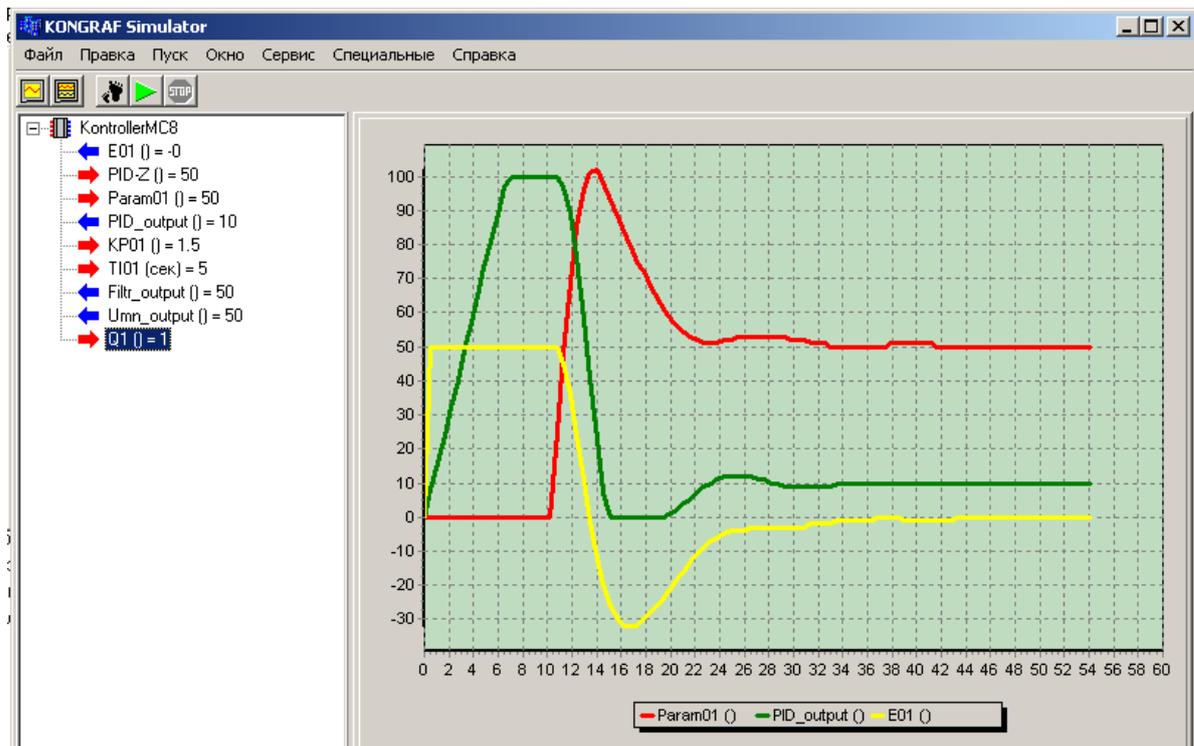


Рисунок 15– Графики переходных процессов в симуляторе.

4.2.15 Загрузите программу в контроллер и включите ПИД регулятор, используя соответствующую кнопку; в списках контроллера должны быть следующие параметры: Задание, Рассогласование, Выходной параметр, Выход ПИД-регулятора;

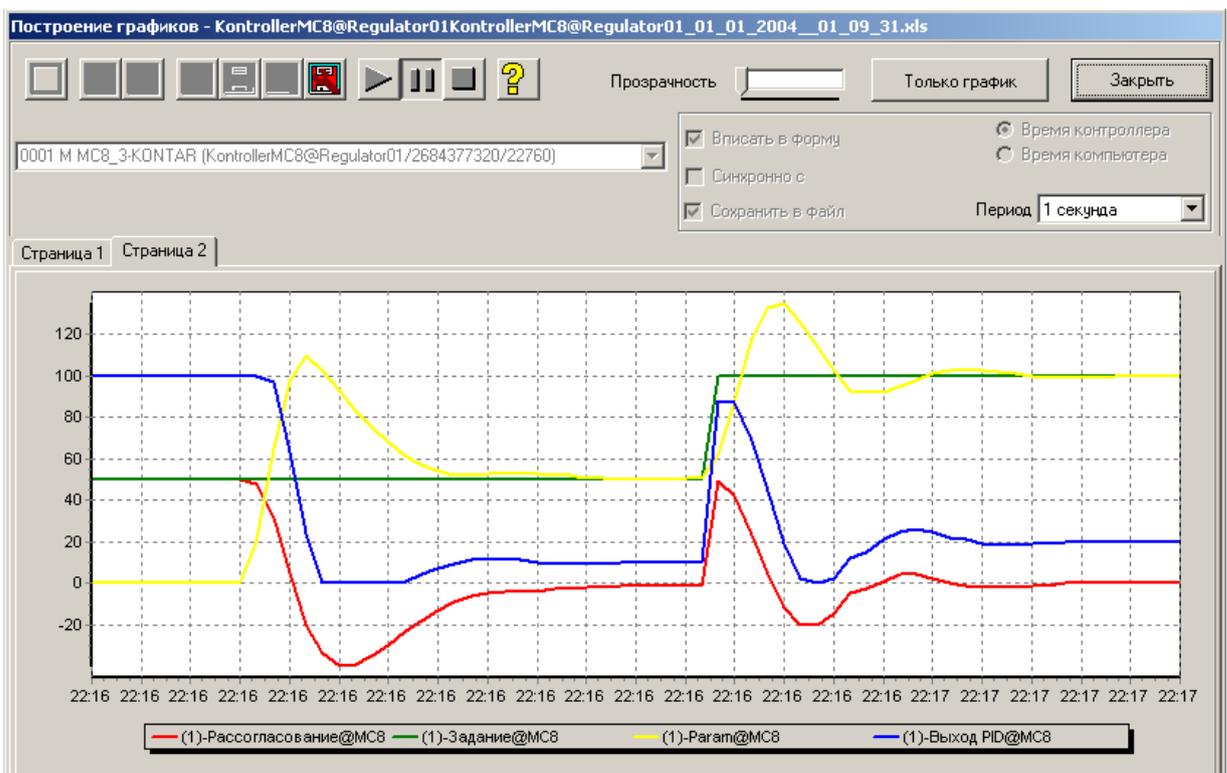


Рисунок 16 – Графики переходных процессов при управлении загруженной в контроллер программы.

**4.2.16.** Измените настройки регулятора и проанализируйте характер изменения вида переходных процессов (повторите п. 3.18. при измененных настройках регулятора.).

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как прочитать текст программы на языке FBD, C, ассемблере?
2. Что является теплоносителем при горячем водоснабжении: пар, вода, газ?
3. В чем заключается основное отличие квазидвунаправленной структуры выводов порта от двунаправленной?
4. Каким образом можно в программе МК51 организовать цикл на 256 проходов участка программы?

## 6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Работа выполняется группой из 2 человек. Контроль подготовки к выполнению осуществляется преподавателем, возможно с уточнением задания для отдельного студента. В качестве индивидуальных заданий могут быть использованы задания из нижеприведенной таблицы или аналогичные им.

Зафиксировать все результаты работы, показав для проверки преподавателю, после его отметки работа считается выполненной.

Оформить отчет и защитить лабораторную работу.

Таблица – Варианты заданий для оперативной симуляции разрабатываемой части проекта (КФБ) приведены в таблице

Задание №	Температура магистрали	Температура ГВС	Точность
1	70	55	2
2	60	50	3
3	50	45	3

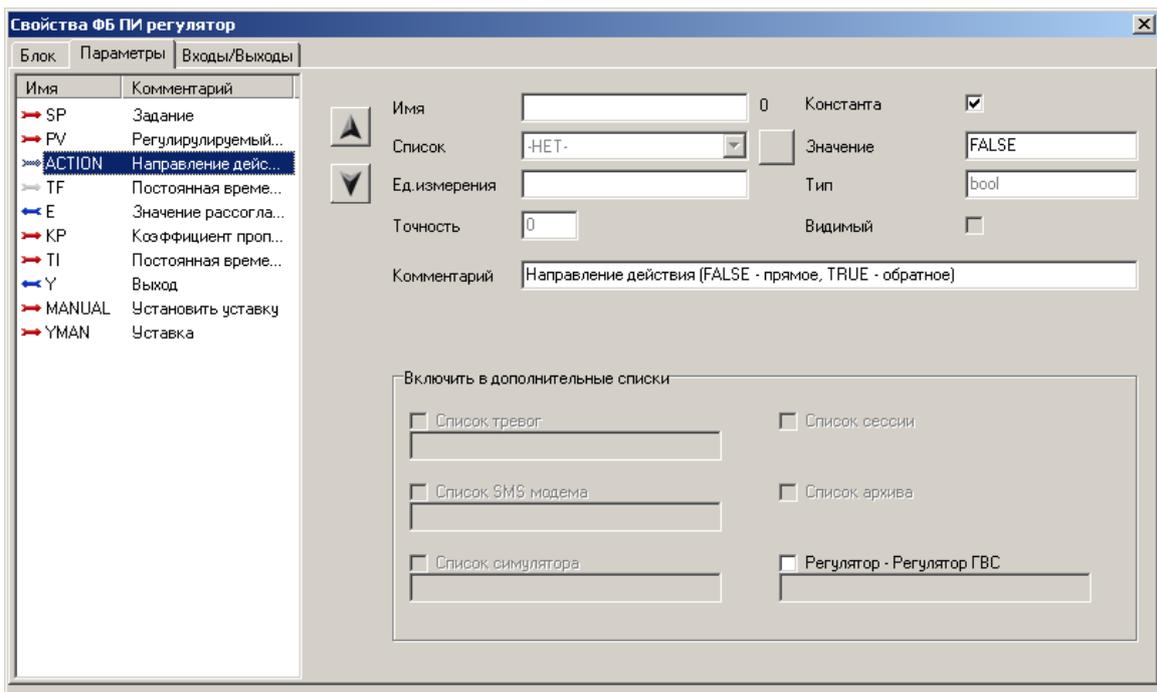
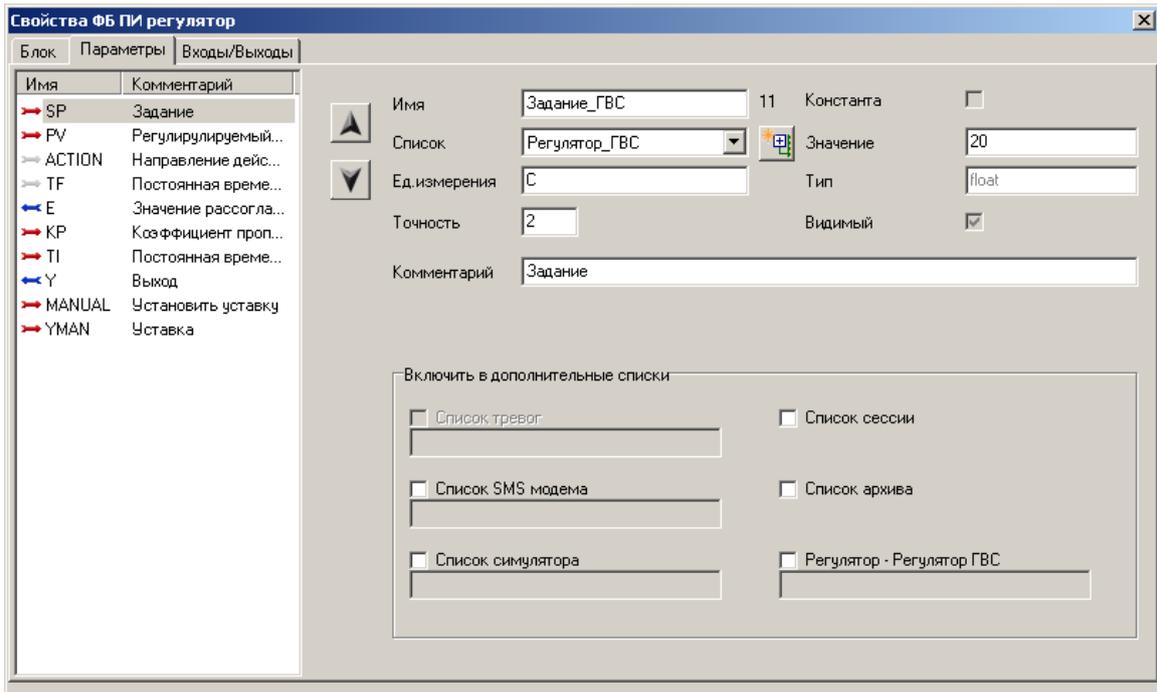
Для имитации изменения температуры ГВС, включить в «основной приборный список» и «список симулятора» параметр «входное напряжение» - температура, присвоив ему имя «Темп Т ГВС»

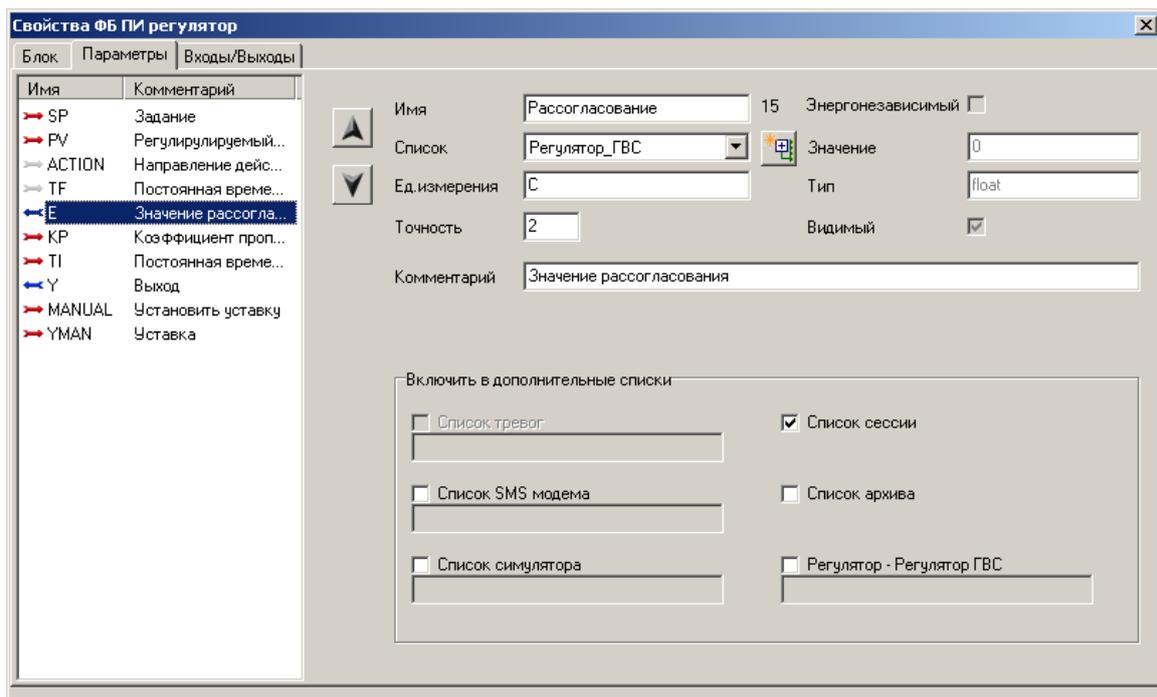
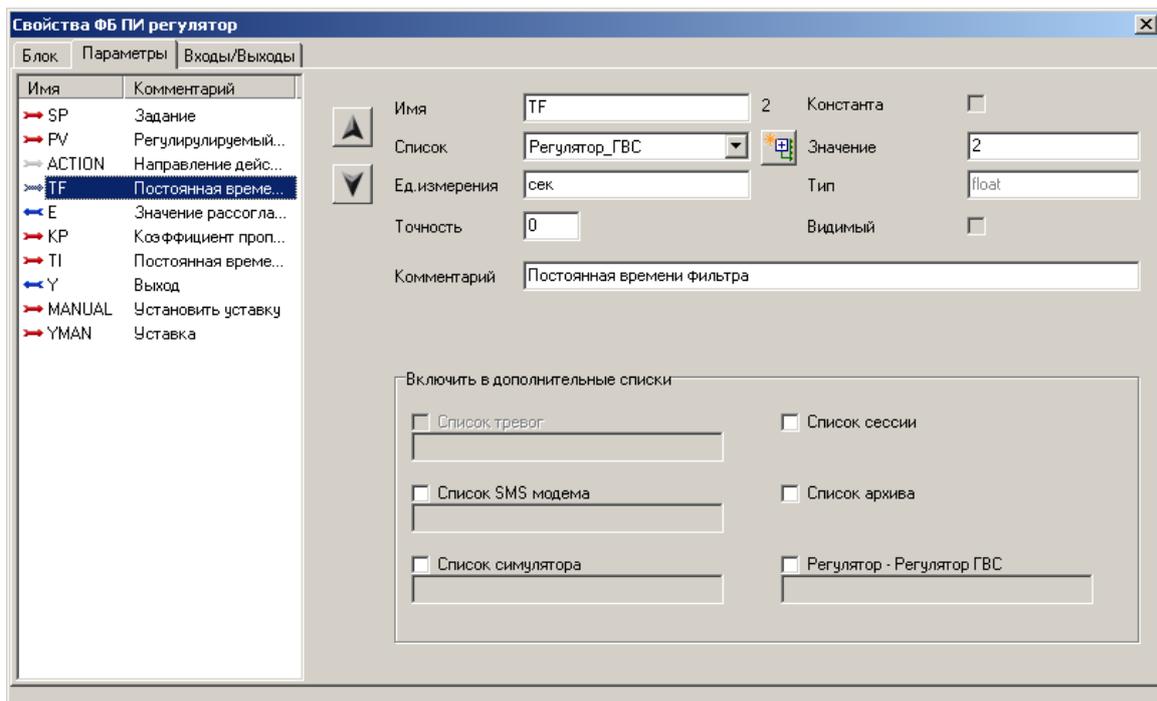
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

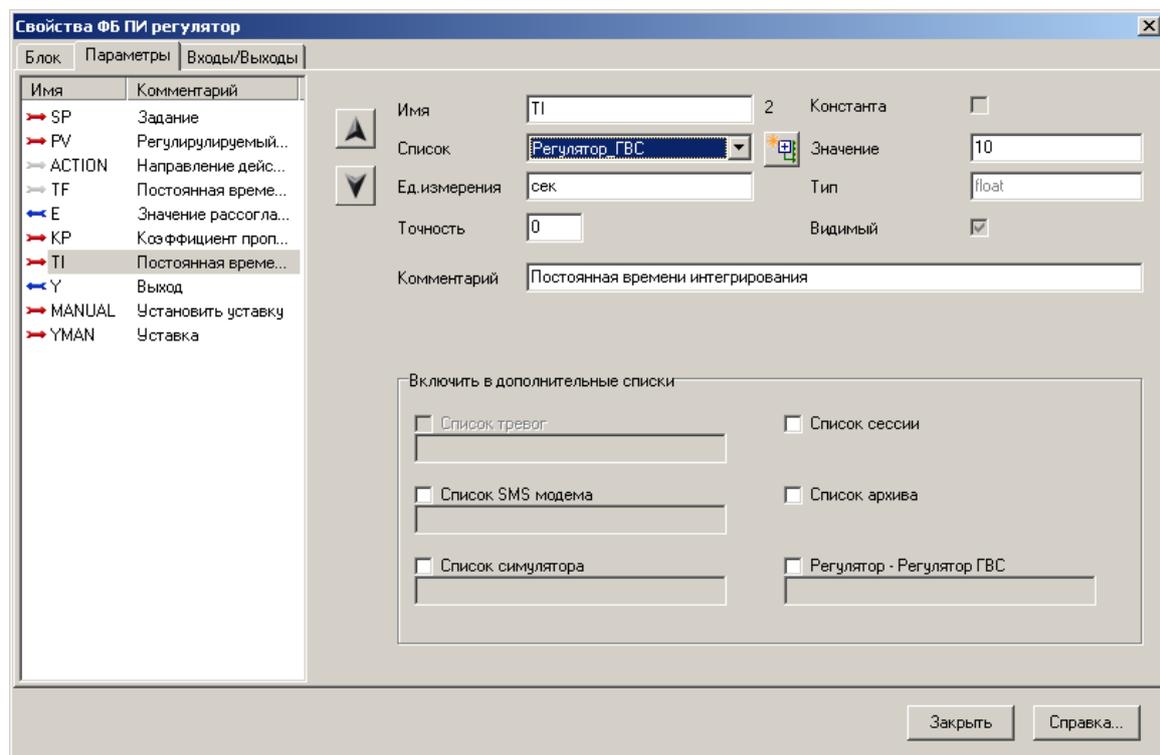
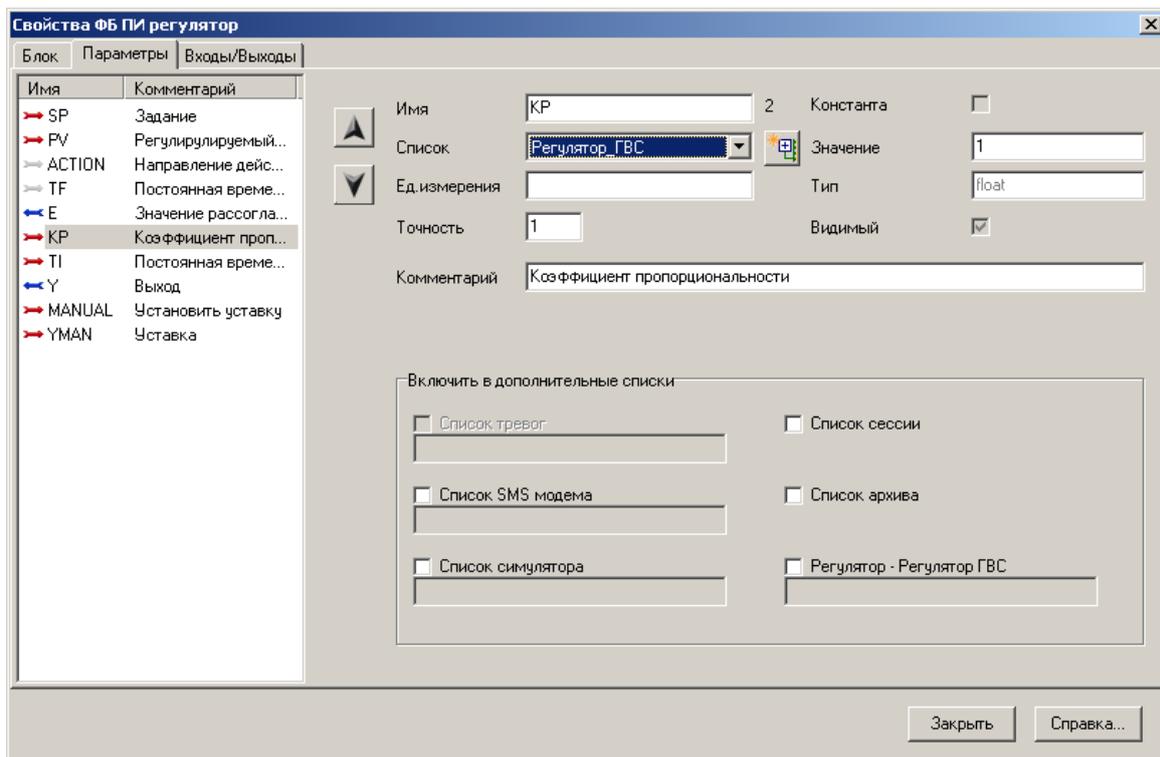
1. Методическое пособие и указания по выполнению учебного проекта и лабораторной работы «Регулятор ГВС». - М.: ОАО «Московский завод тепловой автоматики», 2012. – 80с.

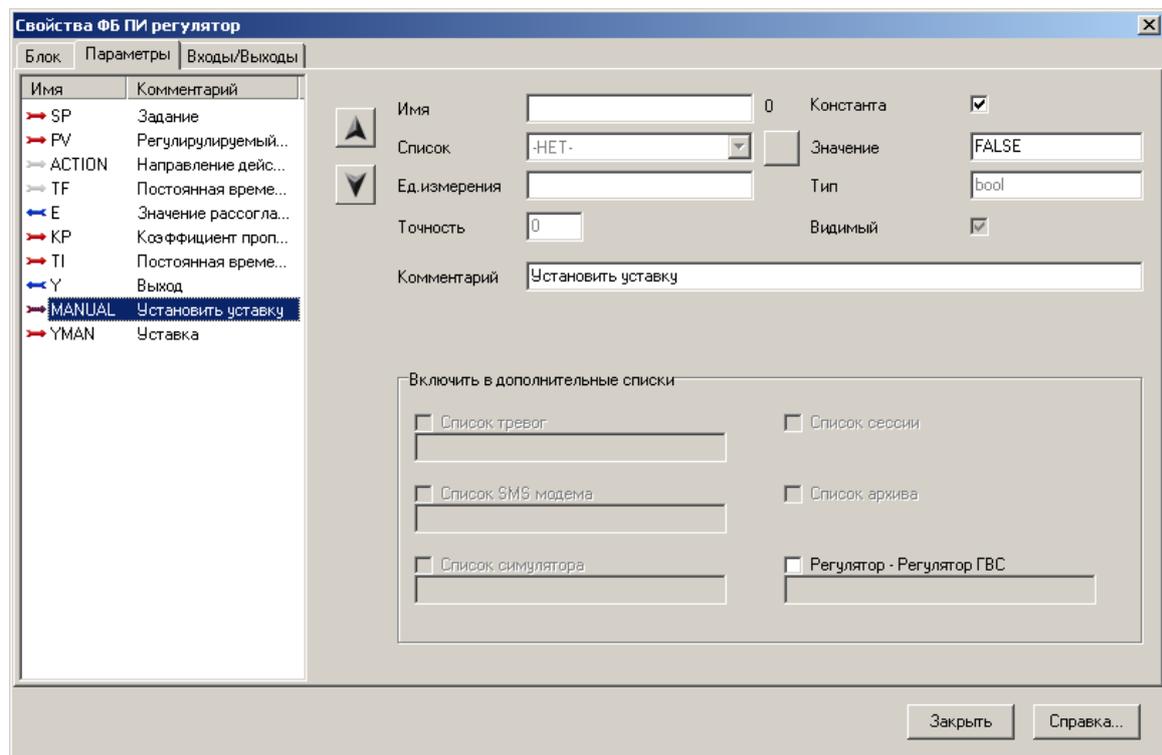
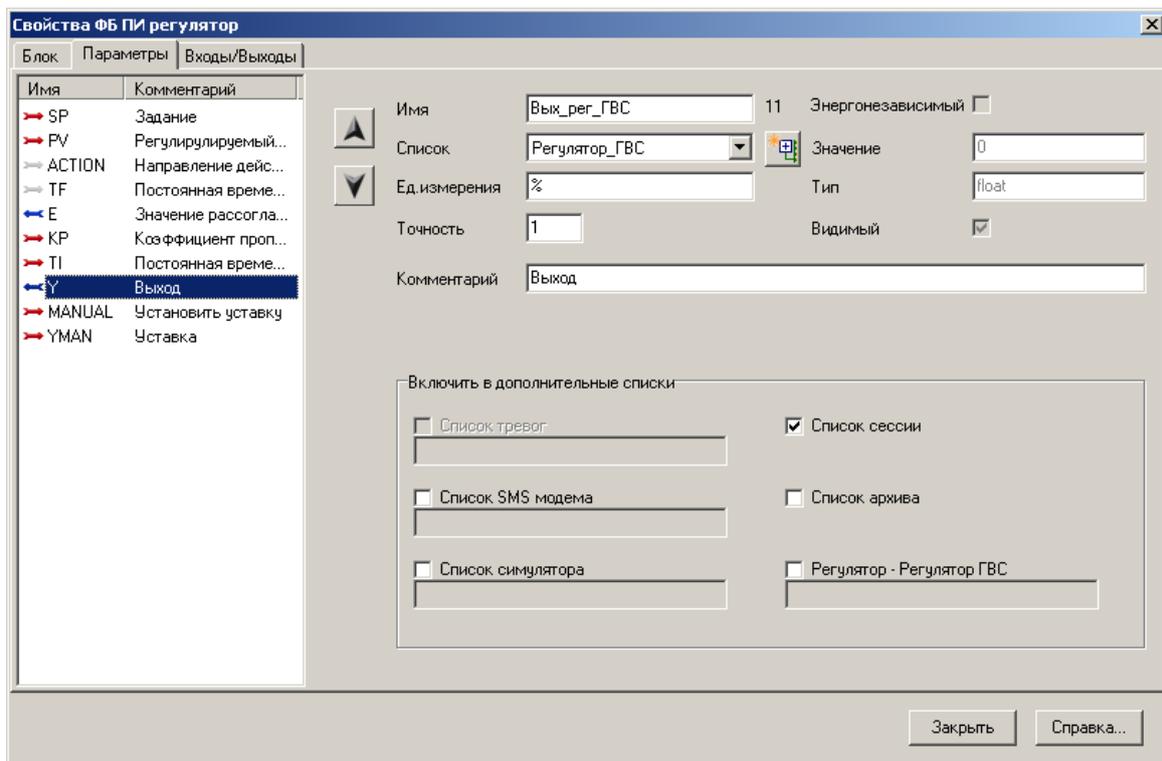
# ПРИЛОЖЕНИЯ

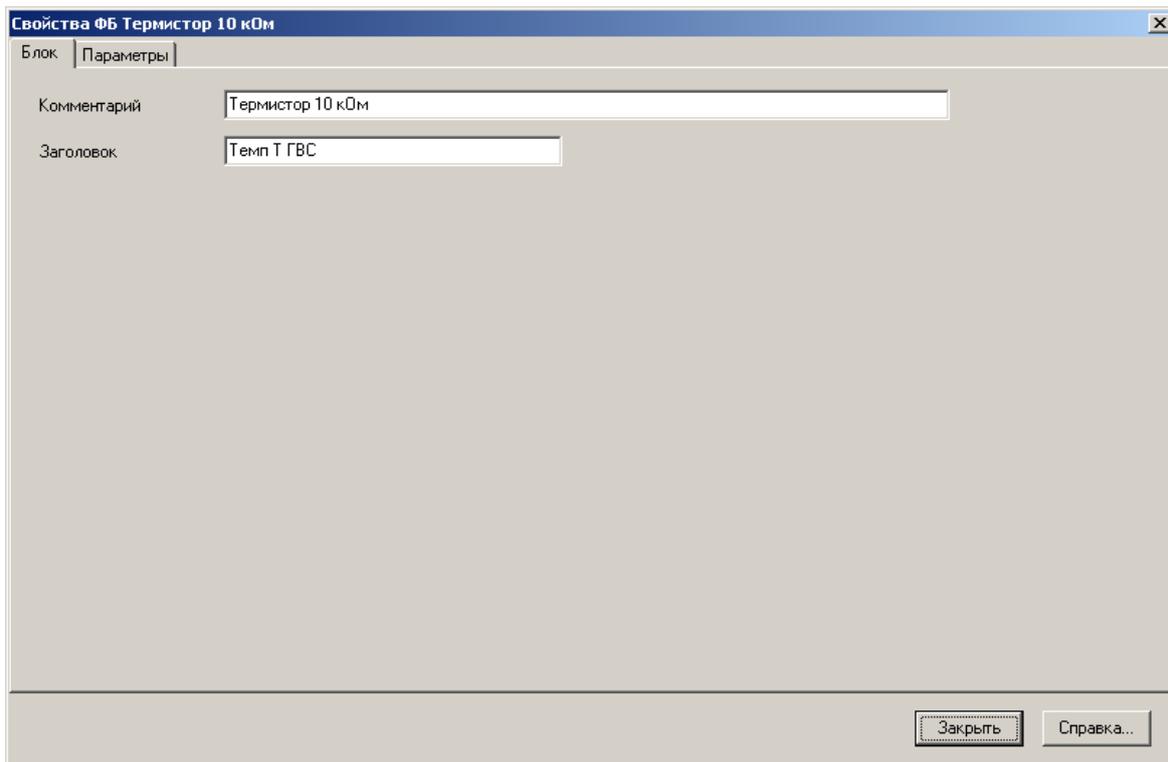
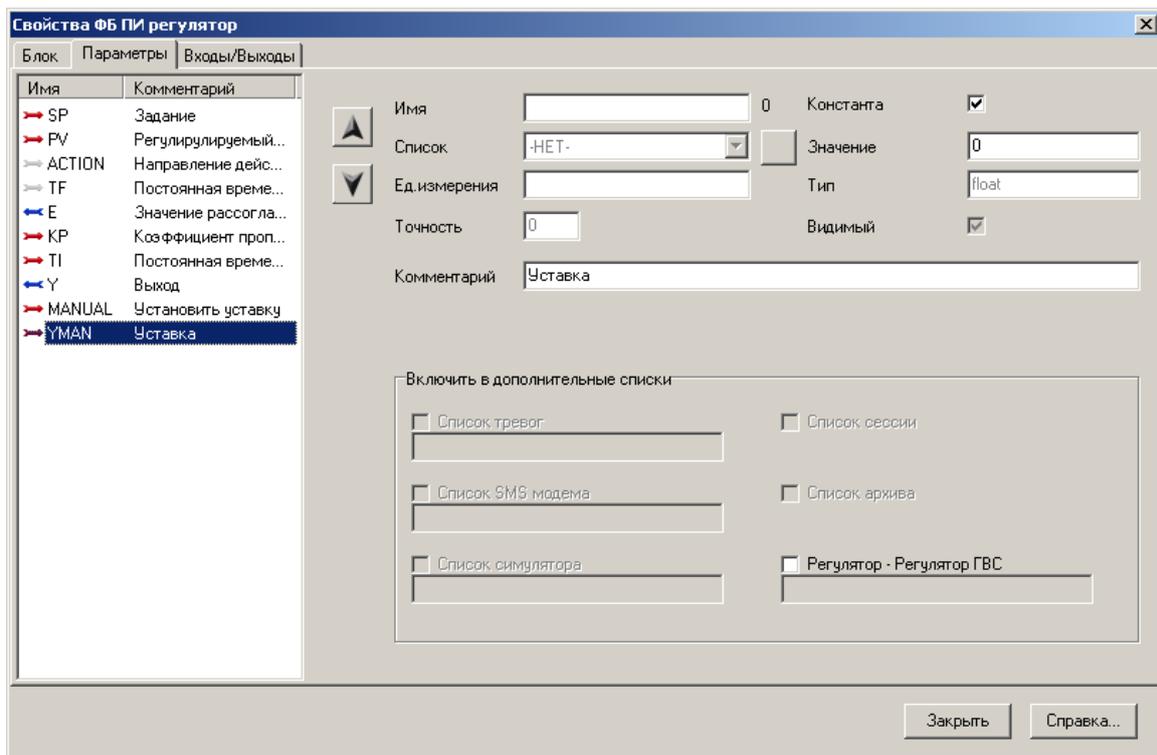
## Приложение А Последовательность настройки КФБ “Регулятор”

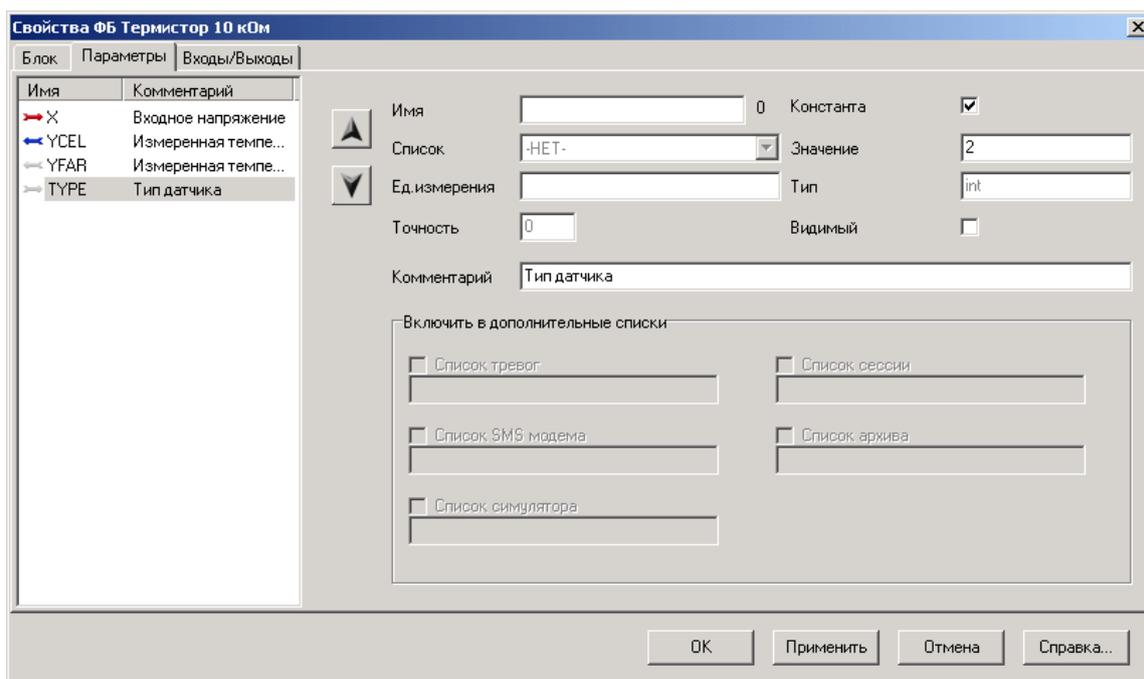
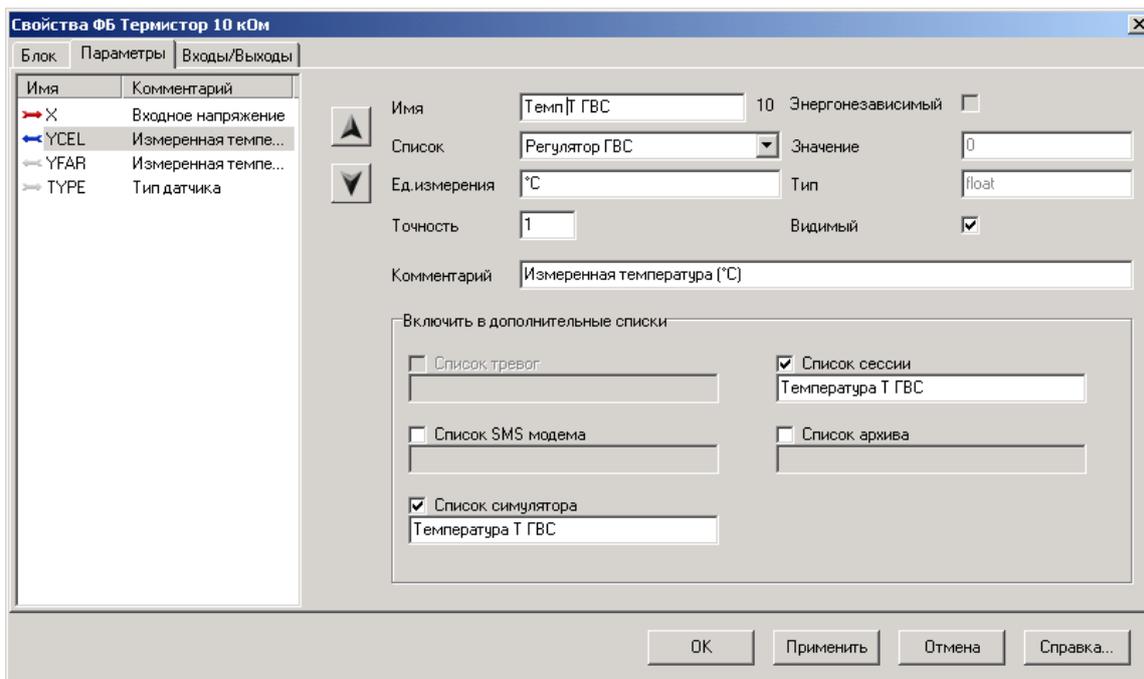




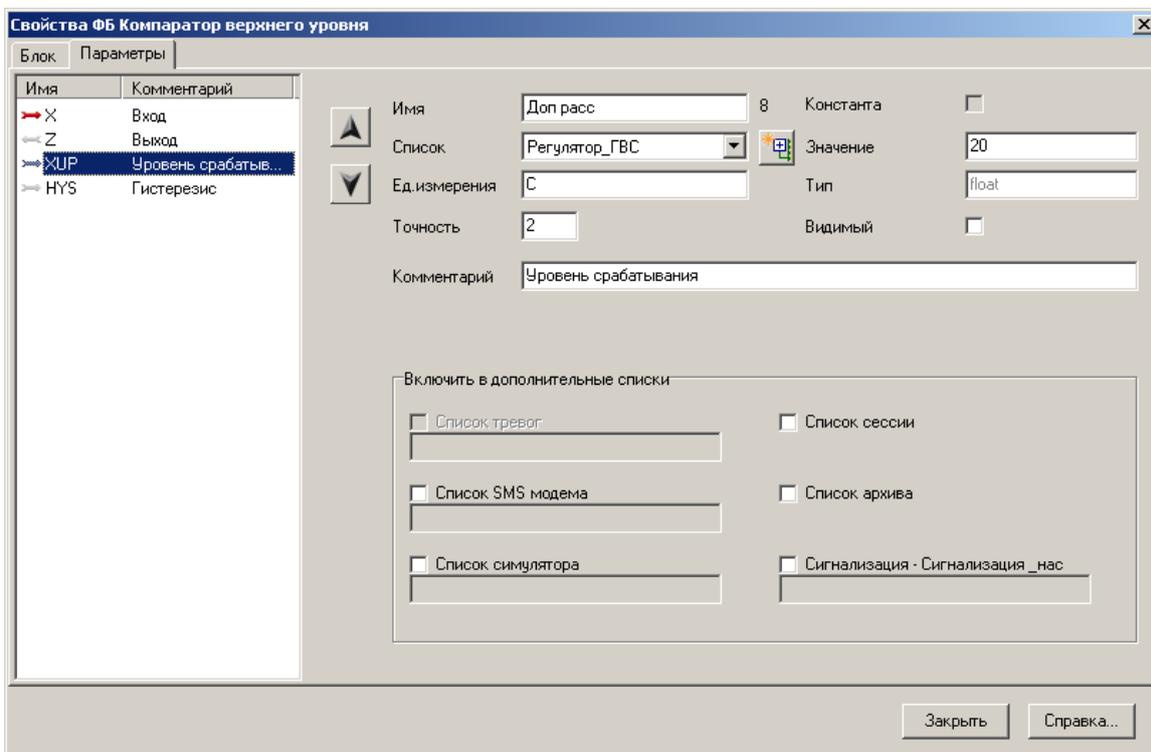
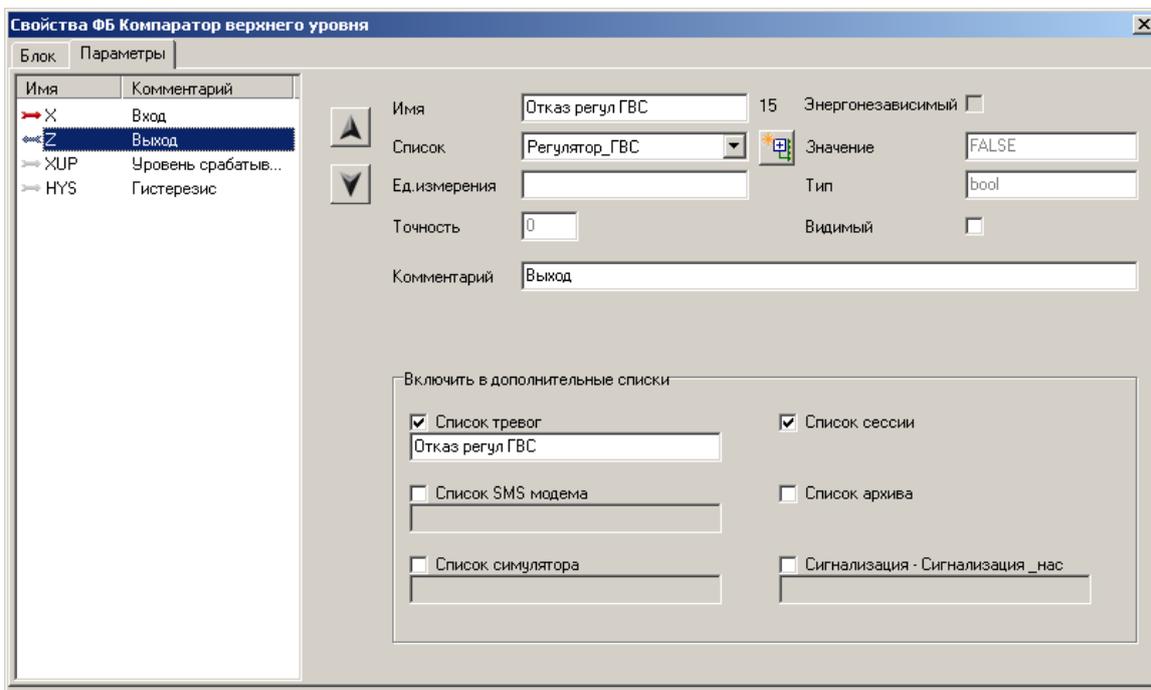








Последовательность настройки КФБ “Сигнализация”



**Свойства ФБ Компаратор верхнего уровня** [X]

Блок | Параметры

Комментарий:

Заголовок:

**Свойства ФБ Компаратор верхнего уровня** [X]

Блок | Параметры

Имя	Комментарий
X	Вход
Z	Выход
XUP	Уровень срабатыв...
HYS	Гистерезис

Имя:  0 Константа:

Список:  Значение:

Ед.измерения:  Тип:

Точность:  Видимый:

Комментарий:

Включить в дополнительные списки:

Список тревог  Список сессии

Список SMS модема  Список архива

Список симулятора  Сигнализация - Сигнализация\_нас

Закреть | Справка...

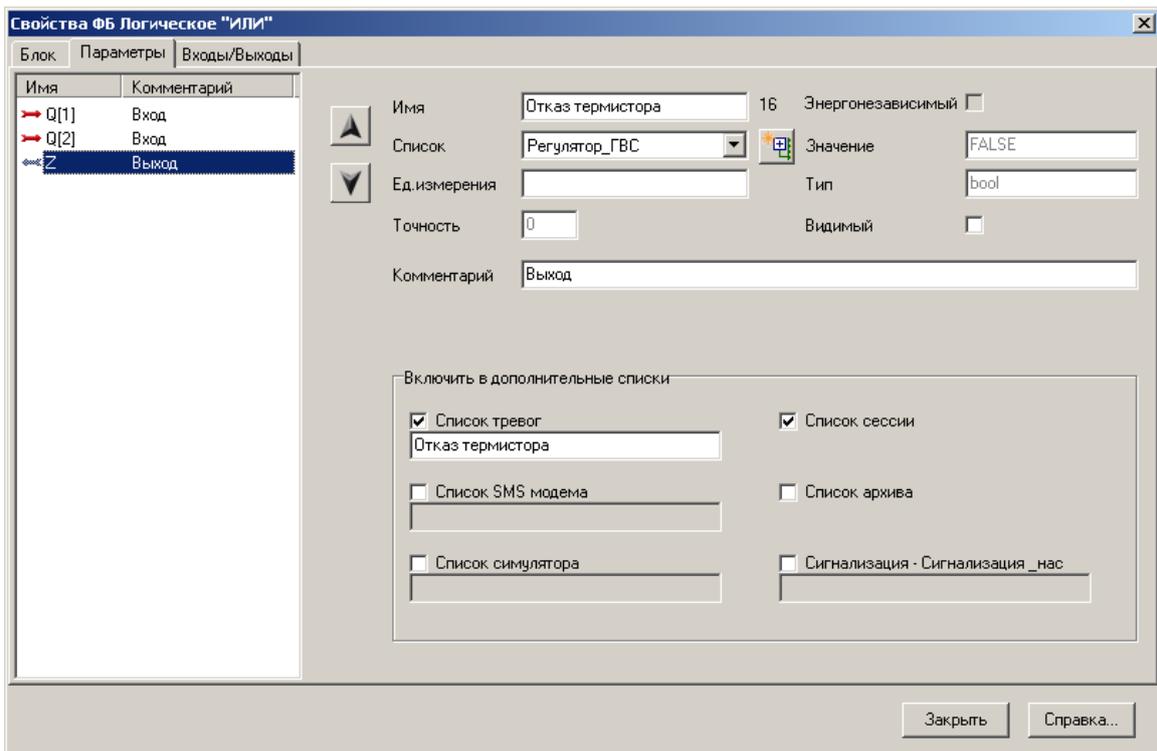
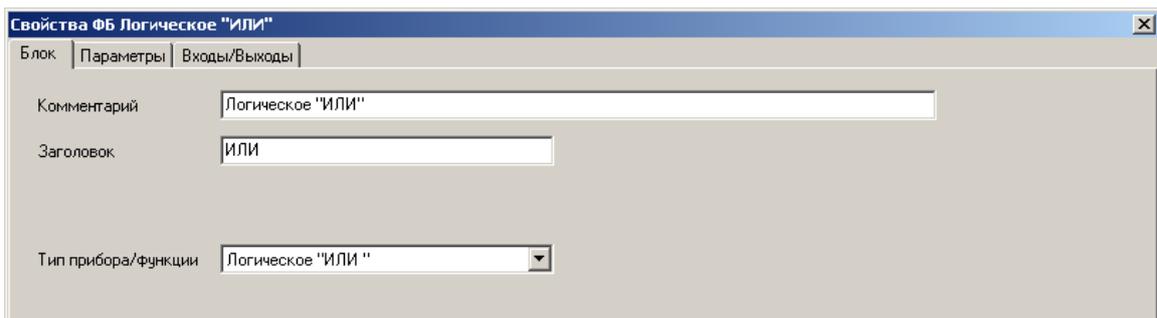
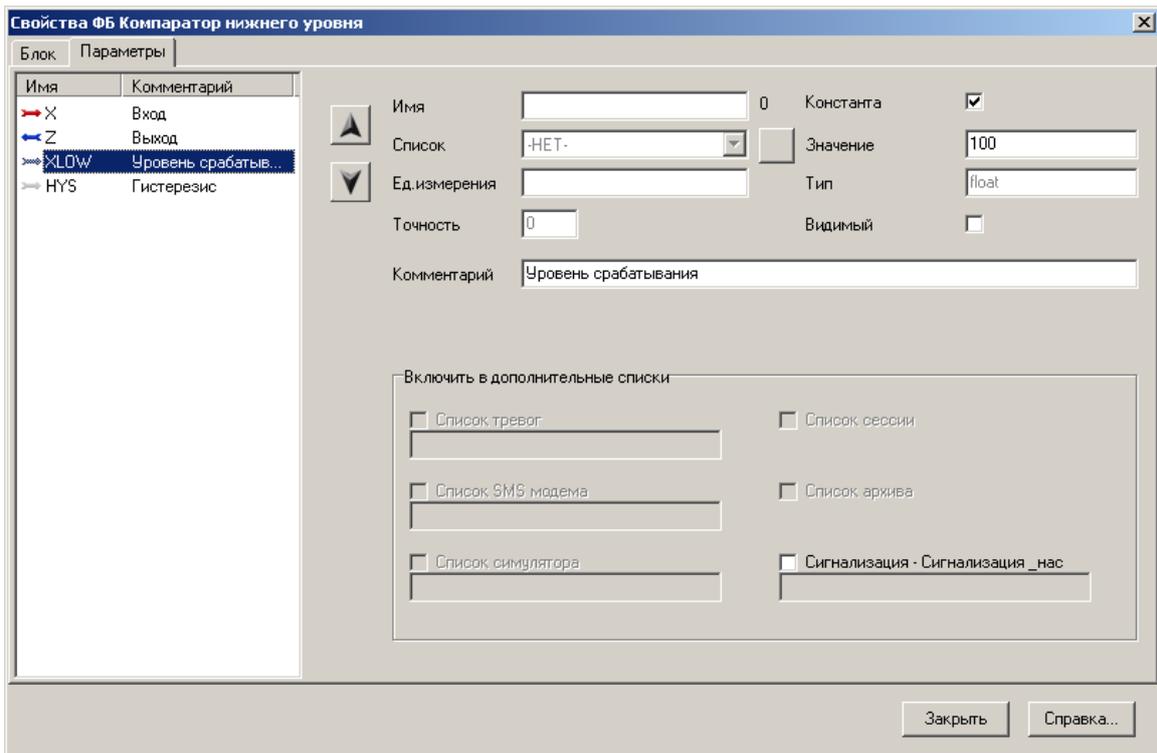
**Свойства ФБ Компаратор нижнего уровня** [X]

Блок | Параметры

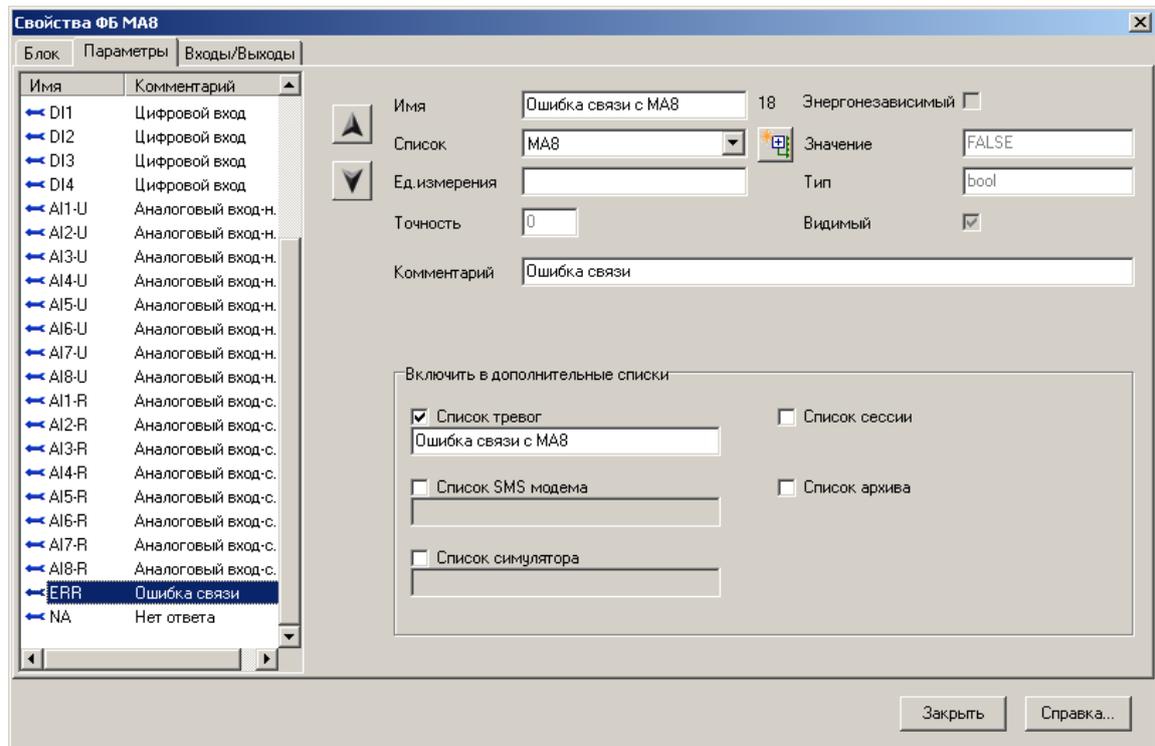
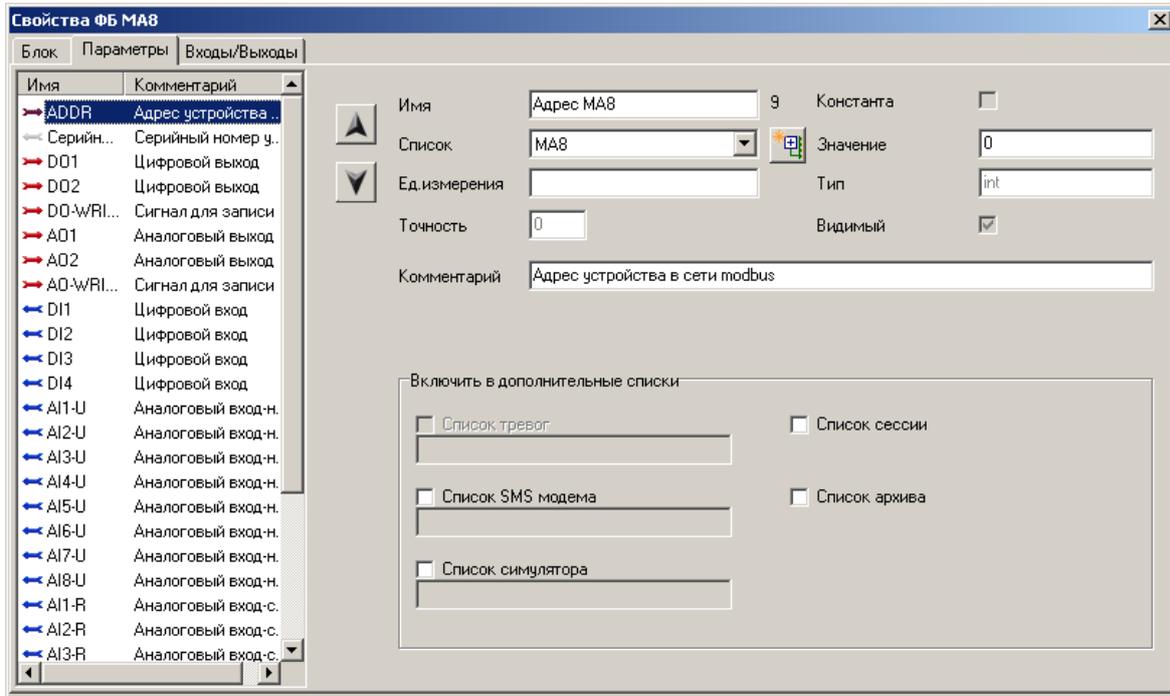
Комментарий:

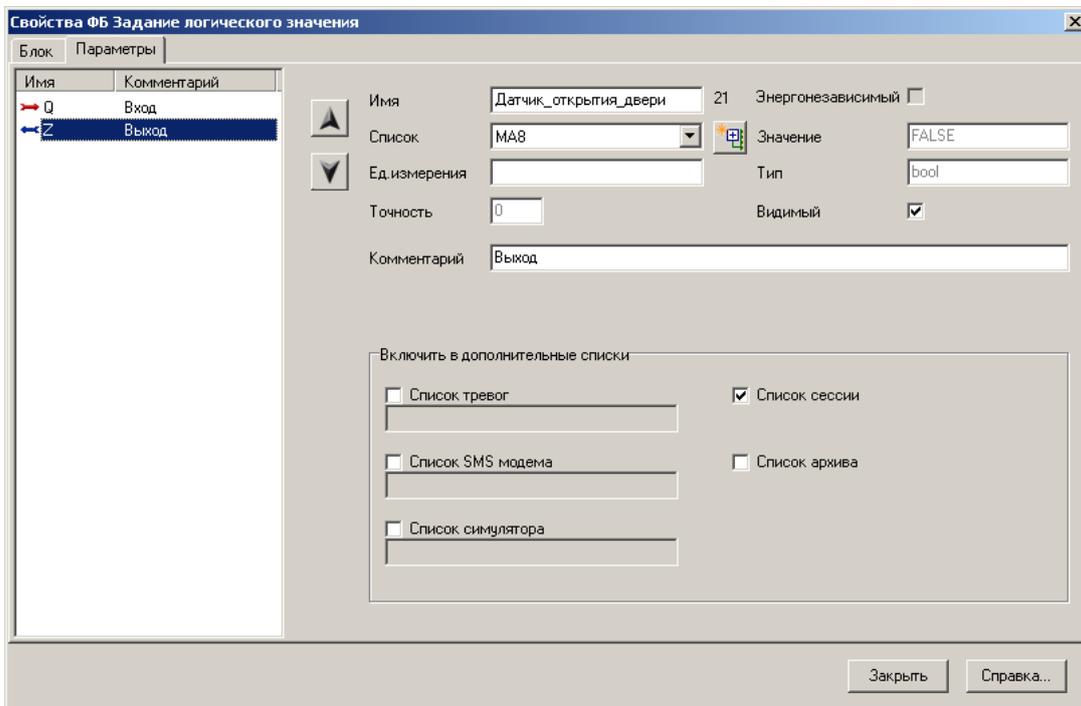
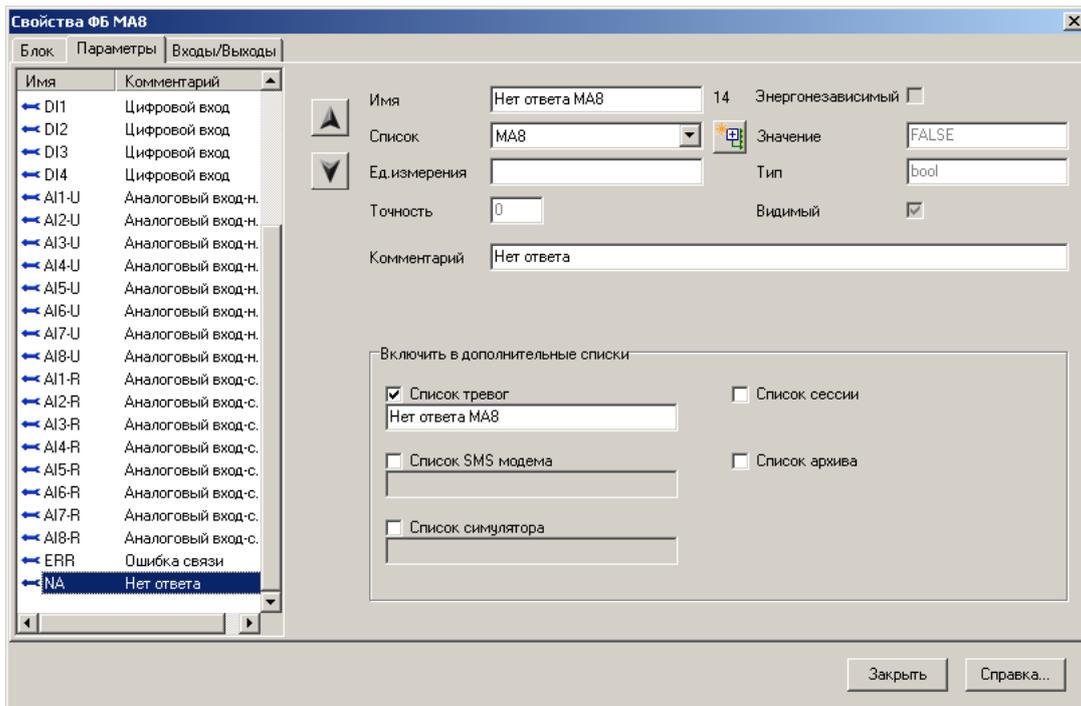
Заголовок:

Закреть | Справка...

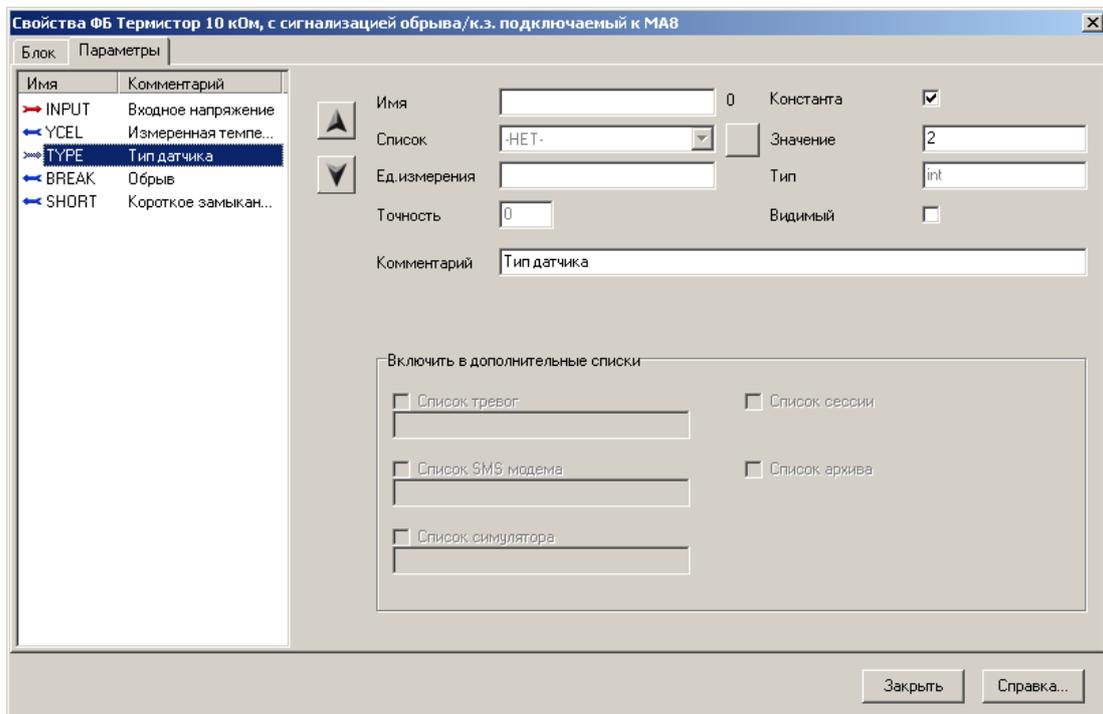
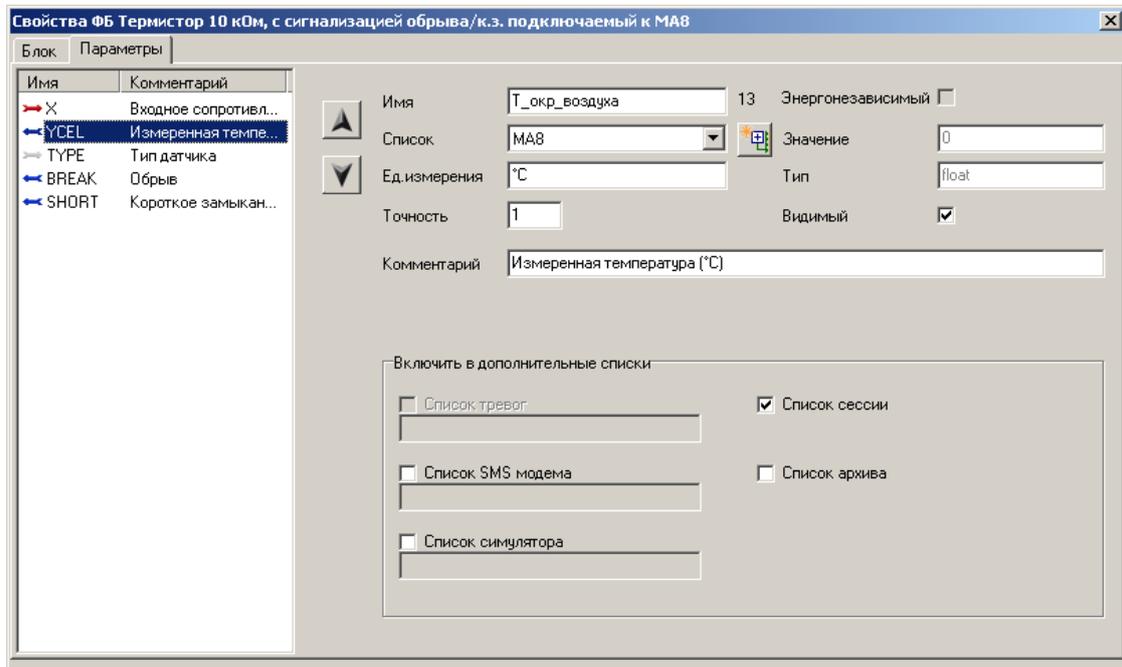
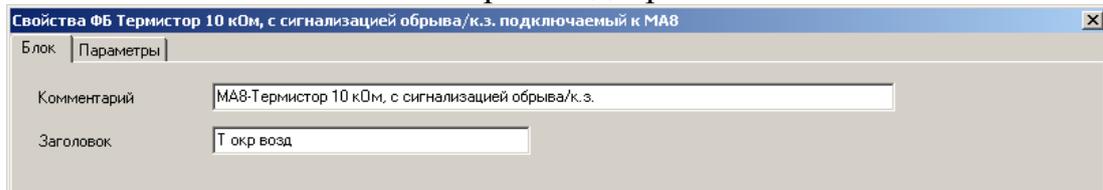


### Настройка алгоблока МА8.3

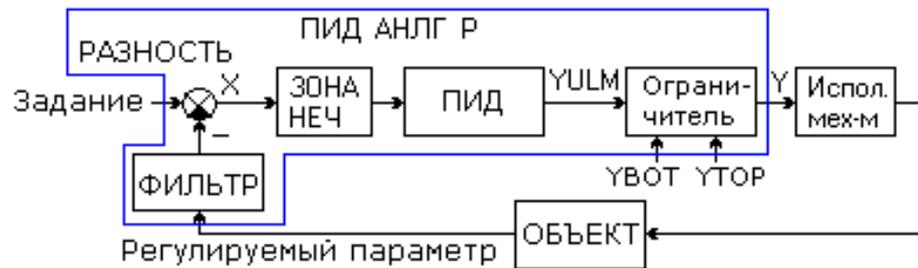




## Настройка алгоблоков датчика температуры окружающего воздуха и датчика открытой двери



### Параметры ПИД-регулятора



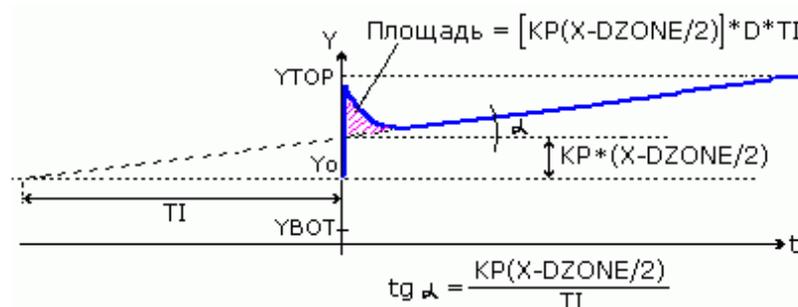
#### Параметры

Имя	Вх/Вых	Тип	Комментарий
SP	Вход	аналог.	Задание
PV	Вход	аналог.	Регулируемый параметр
TF	Вход	аналог.	Постоянная времени фильтра
KP	Вход	аналог.	Коэффициент пропорциональности
TI	Вход	аналог.	Постоянная времени интегрирования
D	Вход	аналог.	Коэффициент ввода дифференциальной составляющей
DZONE	Вход	аналог.	Зона нечувствительности
YBOT	Вход	аналог.	Нижний предел
YTOP	Вход	аналог.	Верхний предел
MANUAL	Вход	логич.	Установить уставку
YMAN	Вход	аналог.	Уставка
ACTION	Вход	логич.	Направление действия (FALSE - прямое, TRUE - обратное)
E	Выход	аналог.	Значение рассогласования
Y	Выход	аналог.	Выход
YULM	Выход	аналог.	Выход без ограничения

Передаточная функция для элемента ПИД-регулятора:

$$W(p) = KP * \left[ 1 + \frac{1}{TI * p} + \frac{D * TI * p}{1 + \frac{D * TI * p}{8}} \right]$$

Реакция выходного сигнала ПИД-алгоритма Y на скачок сигнала рассогласования:



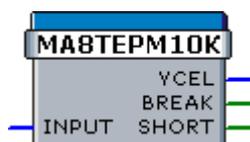
Выход элемента ПИД-регулятора YULM подается на выход Y алгоблока через элемент ограничения по верхнему (YTOP) и нижнему (YBOT) пределам:

Y=YULM при YBOT <= YULM <= YTOP  
 Y=YBOT при YULM < YBOT  
 Y=YTOP при YULM > YTOP

Если выход регулятора подключен непосредственно к аналоговому выходу контроллера, то используются значения верхнего и нижнего пределов ограничения выхода, установленные с помощью пульта управления или с контрольной панели программы КОНСОЛЬ. В противном случае (когда подключение опосредованное, через промежуточные блоки) для ограничения выхода используются значения YTOP и YBOT, задаваемые в алгоблоке.

При MANUAL = 1 (ручной режим) Y = YMAN

### Параметры блока термосистем



Имя	Вх/Вых	Тип	Комментарий
INPUT	Вход	аналог.	Входное сопротивление, Ом
YCEL	Выход	аналог.	Измеренная температура, °С
TYPE	Вход	целоч.	Тип датчика
BREAK	Выход	логич.	Обрыв термистора
SHORT	Выход	логич.	Короткое замыкание термистора

МА8ТЕРМ10К - Термистор 10 кОм, с сигнализацией обрыва/к.з., для модуля к МА8Алгоблок предназначен для нормализации измерений термистора 10 кОм, т.е. преобразования измеренного сопротивления датчика в значение температуры. Этот алгоблок был добавлен в последнюю версию программы КОНГРАФ.

Термистор при этом должен быть подключен к модулю МА8.3. Данный алгоблок используется совместно с алгоблоком МА8 - Модуль расширения МА8. При этом вход INPUT данного алгоблока соединяется с одним из выходов AI1-R... AI8-R алгоблока МА8.

Параметр TYPE может быть равен:

- 2 - для термистора 10К-2 или АСИ/10К-СР (АСИ);
- 3 - для термистора 10К-3 или АСИ/10К-АН (АСИ).

Характеристики поддерживаемых термисторов:

- для 10К-2 -  $V_{25/100}=3990$  или  $V_{25/100}=3980$ ;
- для 10К-3 -  $V_{25/100}=3715$ .

При обрыве проводов датчика, выход BREAK становится равным 1, а измеренная температура остаётся равной значению на момент обрыва или короткого замыкания.

При коротком замыкании проводов датчика, выход SHORT становится равным 1, а измеренная температура остаётся равной значению на момент обрыва или короткого замыкания.

Тактаев Владимир Васильевич  
Дмитриева Ольга Венедиктовна

**ИЗУЧЕНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНГРАФ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
БЛОКОВ**

Методические указания  
к лабораторной работе по дисциплине  
«Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления»  
для студентов очной и заочной форм обучения направления 220700.62  
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Авторская редакция

---

Подписано в печать 18.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ.л. 2,0	Уч.-изд.л. 2,0
Заказ 58	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.

Курганский государственный университет.