

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

В.И. Устич

## **АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Учебно–методическое пособие по выполнению лабораторных работ  
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
*15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств*

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2018

УДК 681.513.5, 681.513.6

РЕЦЕНЗЕНТ

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры  
автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический " университет»

Устич, В.И.

Адаптивные и оптимальные системы управления: учебно–методическое пособие по выполнению лабораторных работ/ В.И. Устич. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2018. - 69 с.

В настоящем пособии приведены задания по лабораторным работам, методические указания по их выполнению, а также теоретические сведения по теме лабораторных работ.

Ил. 31, список лит. – 4 наименования

Учебно–методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой автоматизации производственных процессов ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет» 28 мая 2018 г., протокол № 09

Учебно–методическое пособие рекомендовано к печати методической комиссией факультета автоматизации производства и управления ФГБОУ ВО "Калининградский государственный технический университет» 29 мая 2018 г., протокол № 09

УДК 681.513.5, 681.513.6

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Калининградский государственный  
технический университет", 2018 г.  
© Устич В.И., 2018 г.

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью освоения дисциплины «Адаптивные и оптимальные системы управления» является формирование знаний и навыков по анализу, синтезу и практическому использованию адаптивных и оптимальных систем управления (АиОСУ).

Задачи изучения дисциплины:

- формирование базовых понятий об области использования, преимуществах и принципах построения АиОСУ;
- приобретение теоретических знаний и практических навыков по анализу и синтезу АиОСУ;
- приобретение практических навыков эксплуатации АиОСУ, реализованных на базе микроконтроллеров (программируемых логических контроллеров).

Дисциплина «Адаптивные и оптимальные системы управления» входит в состав профессионального модуля по выбору студента «Эксплуатация систем автоматизации технологических процессов и производств» (МВ1) вариативной части образовательной программы бакалавриата по направлению 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств.

Дисциплина опирается на компетенции, полученные при изучении таких дисциплин, как: «Теория автоматического управления», «Системы автоматизации и управления технологическими процессами», «Моделирование систем и процессов».

Результаты освоения дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной деятельности обучающегося.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- методологические основы функционирования и синтеза адаптивных и оптимальных систем автоматического управления (САУ);
- основные способы синтеза адаптивных и оптимальных САУ;

**уметь:**

- проводить анализ адаптивных и оптимальных САУ;
- выбирать средства при проектировании адаптивных и оптимальных САУ, программировать и отлаживать системы на базе микроконтроллеров;
- определять показатели качества функционирования САУ, рассчитывать основные характеристики и оптимальные режимы работы;

**владеть:**

- навыками построения систем автоматического управления системами и процессами;
- навыками наладки, настройки и обслуживания технических средств и систем управления.

Современные системы автоматизации технологических процессов в значительной мере базируются на микропроцессорных вычислительных устрой-

ствах и, в частности, регулирующих контроллерах. Микропроцессорные контроллеры представляют собой программно—технические средства автоматизации коллективного пользования, что позволяет применять их как для создания локальных систем управления технологическими объектами управления (ТОУ) с небольшим количеством регулируемых координат, так и для построения распределенных АСУ ТП большой информационной мощности.

Регулирующие микроконтроллеры дают возможность принимать и преобразовывать поступающую от датчиков контрольную информацию, вырабатывать управляющие воздействия в соответствии с заданным критерием оптимальности, осуществлять взаимодействие и обмен информацией с оператором ТОУ и локальной управляющей сетью. На базе контроллеров программным путем реализуется одноконтурное, комбинированное, каскадное, многосвязное и супервизорное регулирование ТОУ, возможно использование адаптивных ПИД-законов регулирования и, соответственно, построение адаптивных систем управления.

Лабораторные работы по дисциплине выполняются с использованием контроллеров Ремиконт Р – 130, КР – 300, FESTO.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердобинцев, С.П. Теория автоматического управления: оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие для вузов / С.П.Сердобинцев. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. - 207 с.
2. Пономарев, О.П. Интегрированные системы проектирования и управления. Общие сведения о SCADA - системах, программируемых логических контроллерах: учеб. пособие для студентов вузов спец. 220301.65 - Автоматизация технол. процессов и пр-в / О. П. Пономарев. - Калининград: КГТУ, 2008. - 84 с.
3. Контроллеры малоканальные микропроцессорные Ремиконт Р – 130. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 2.399.000 ТО.
4. Контроллеры многофункциональные КР – 300. Техническое описание и руководство по эксплуатации КГЖТ.421457.001.РЭ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1  
ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И НАЛАДКА  
РЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА РП4-У

1. Цель работы: ознакомление с назначением, устройством и принципом действия устройства регулирующего РП4-У; получение практических навыков настройки и эксплуатации приборов данной серии.

2. Задание по лабораторной работе: произвести проверку работоспособности устройства РП4-У, определить параметры настройки регулятора для работы в составе САР теплоэнергетического объекта (по заданию преподавателя) и произвести наладку устройства РП4-У.

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы

3.1. Ознакомиться с устройством и принципом действия устройства регулирующего РП4-У 130 (пп. 4.1, 4.2 «Сведений об устройстве регулирующем РП4-У и лабораторной установке»).

3.2. Провести внешний осмотр устройства (п. 4.3).

3.3. Ознакомиться со схемами подключения к устройству первичных преобразователей (датчиков) и исполнительных механизмов (п. 4.4).

3.4. Провести проверку общей работоспособности устройства РП4-У (п. 4.5).

3.5. По заданной преподавателем передаточной функции объекта управления, номинальному значению и требованию к точности поддержания параметра, времени 100%-ного хода исполнительного механизма определить параметры настройки ПИ - регулятора на базе устройства РП4-У.

3.6. Провести наладку устройства по найденным значениям параметров.

3.7. Проверить работу устройства в автоматическом режиме.

4. Сведения об устройстве регулирующем РП4-У и лабораторной установке.

4.1. Назначение устройства регулирующего РП4-У.

Устройство регулирующее РП4-У с импульсным выходным сигналом предназначено для формирования динамических свойств П-, ПИ-, а с внешним дифференциатором - ПИД-законов регулирования автоматических регуляторов, содержащих электрические исполнительные механизмы постоянной скорости.

Функциональная связь между входными сигналами устройства и положением выходного органа исполнительного механизма имеет вид

$$Y - v = Kn \cdot \left[ (X - Xi) + \frac{1}{\tau_u} \int_0^t (X - Xi) dt \right],$$

$$Kn = \frac{100\alpha_n}{T_M}, X = (1 - e^{-t/T_\phi})\alpha_\Sigma \alpha_i X_i,$$

где  $Y$  - текущее значение выходного сигнала;

$U$  - начальное значение выходного сигнала;

$X_i$  - текущее значение сигнала информации о фактическом значении регулируемой величины;

$X$  - задание;

$\alpha_i$  - коэффициент масштабирования по входу;

$\alpha_\Sigma$  - коэффициент масштабирования сигнала рассогласования;

$K_{П}$  - коэффициент пропорциональности регулятора;

$\alpha_n$  - коэффициент передачи регулирующего органа;

$T_M$  - время 100%-ного хода исполнительного механизма;

$T_\phi$  - постоянная демпфирования;

$\tau_u$  - постоянная времени интегрирования.

Входные и выходные сигналы в формуле выражены в процентах от диапазона их изменений. Связь для  $X$  и  $X_i$  дана для скачкообразного изменения  $X_i$ . Виды входных сигналов, диапазоны их изменения, входные сопротивления, количество входов, номера контактных устройств приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Входные характеристики устройства регулирующего РП4-У					
Обозначение входных контактов	Вид сигнала	Диапазон изменения	Входное сопротивление	Кол-во входов	Примечание
12, 14; 16, 18; 20, 22; 24, 26	Аналоговый, постоянный ток	0 - 5 мА или 0 - 20 мА или 4 - 20 мА	$\leq 250$ Ом  $\leq 100$ Ом	4	3 входа масштабируемые
5, 4; 6, 4	Аналоговый, напряжение постоянного тока	0 - 10 В	$\geq 10$ кОм	2	Вход преобразователя напряжения в ток
11, 13; 13,15	Дискретный, напряжение постоянного тока	0; 24 В	-	2	Входы дистанционной подстройки $\tau_u, \alpha_n$
17,19, 21	Аналоговый, сигнал внешнего реостатного задатчика	+ 5 %	-	1	-

Вид выходных сигналов, пределы их изменения, коммутируемый сигнал, нагрузка, номера выходных контактов приведены в табл. 1.2.

Номинальный диапазон плавной установки зоны нечувствительности от 0.2 до 2 % диапазона изменения входного сигнала.

Номинальные значения дискретной установки коэффициента передачи 0.5, 0.65, 0.8, 1.1, 1.4, 1.8, 2.2, 3, 3.6, 5,  $\infty$  с / %.

Номинальные значения дискретной установки постоянной времени интегрирования 5, 10, 20, 35, 60, 100, 150, 220, 330, 500 с.

Номинальный диапазон плавной установки постоянной времени демпфирования от 0 до 30 с.

Номинальный диапазон плавной установки минимальной длительности импульса от 0.1 до 1 с.

В устройстве обеспечивается дискретная трехступенчатая дистанционная подстройка коэффициента передачи и постоянной времени интегрирования.

В устройстве предусмотрен внутренний задатчик с диапазоном установки задания 0- 5 мА.

Диапазон действия внешнего задатчика  $\pm 5$  %.

Устройство не имеет гальванической связи между входными и выходными цепями.

Электрическое сопротивление изоляции между отдельными электрическими цепями и между этими цепями и корпусом должно быть не менее 20 Мом.

Средний ресурс устройства не менее 40000 ч.

Средний срок службы не менее 10 лет.

#### 4.2. Устройство и принцип действия РП4-У.

На рис. 1.1 приведена функциональная схема устройства РП4-У.

Схема содержит: 1 - входной сумматор; 2 - демпфер; 3 - операционный усилитель - сумматор; 4 - трехпозиционный нуль-орган; 5 - инерционное звено отрицательной обратной связи; 6 - источник питания; 7 - задатчик.

Сигналы регулируемого параметра и задания поступают на входы сумматора 1, в котором происходит их алгебраическое суммирование и формируется сигнал рассогласования  $\mathcal{E}$ .

Сигнал рассогласования через масштабирующее устройство поступает на демпфер 2, представляющий собой инерционное RC - звено с регулируемой постоянной времени  $T_f$ . С выхода демпфера 2 сигнал рассогласования подается на вход операционного усилителя - сумматора 3, а затем на вход трехпозиционного нуль-органа 4, имеющего регулируемую зону нечувствительности " $\Delta$ ".



Таблица 1.2

Выходные характеристики устройства регулирующего РП4-У				
Номера выходных контактов	Вид сигнала	Пределы изменения	Максимальная нагрузка, коммутируемый сигнал	Примечание
7, 8, 9	Логический, двухполупериодное выпрямленное напряжение	0; 24 В	0.15 А	
7, 10, 9	Логическое состояние бесконтактных ключей	«0»; «1»	Постоянный выпрямленный ток, среднее значение 30 В, 0.15 А, амплитуда напряжения $\leq 50$ В	Транзисторные ключи: «0» - разомкнутое состояние, «1» - замкнутое
27, 29	Аналоговый, постоянный ток	0-5 мА	500 Ом	Выход токового задатчика и преобразователя напряжение - ток

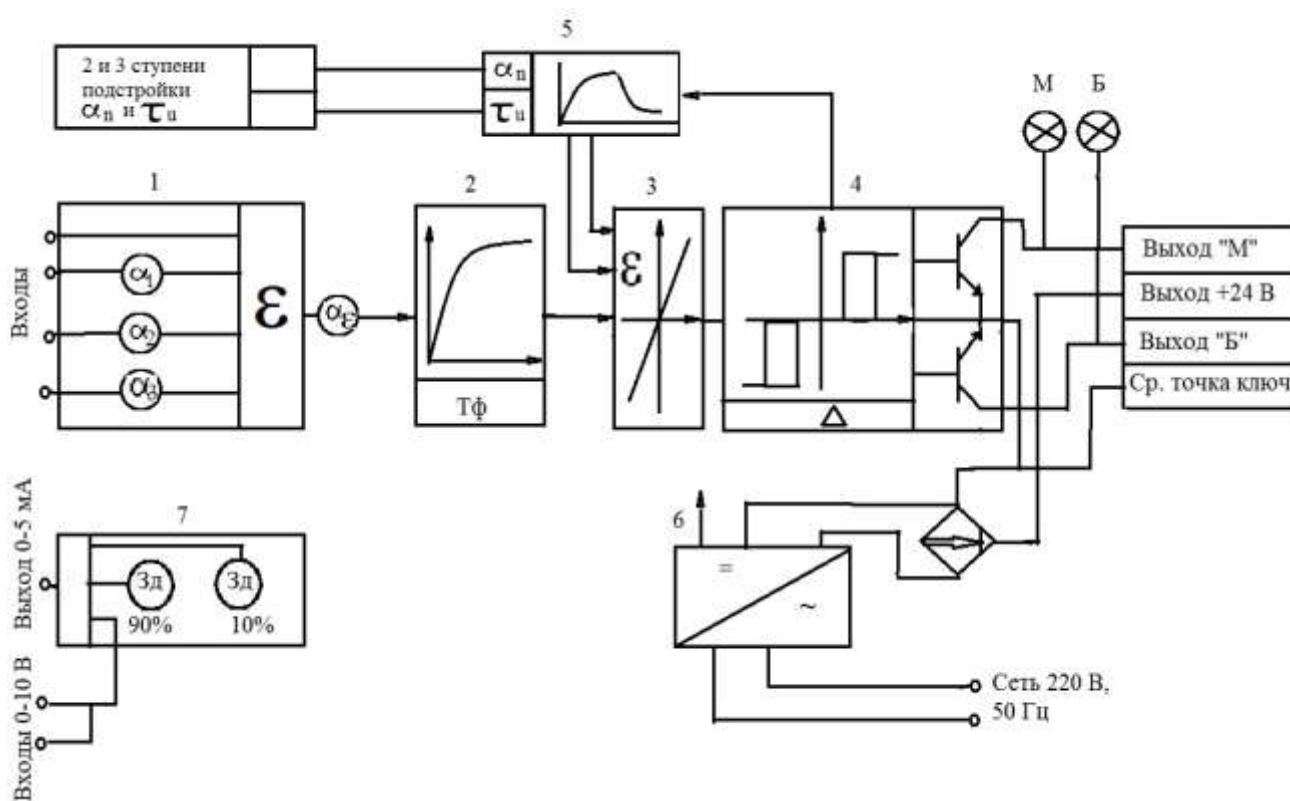
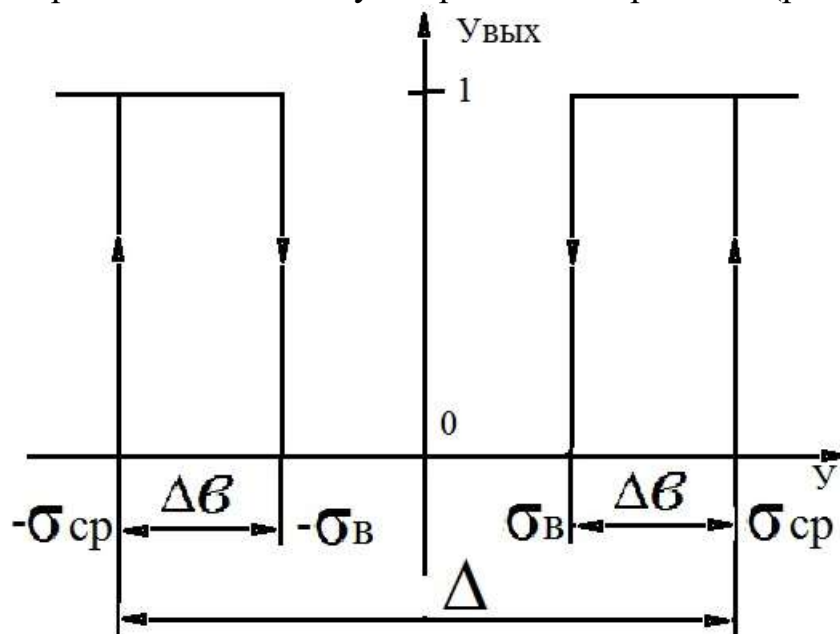


Рис. 1.1. Функциональная схема устройства регулирующего РП4-У

При сигнале рассогласования, превышающем порог срабатывания устройства регулирующего, нуль-орган срабатывает и скачком подает сигнал в цепь отрицательной обратной связи, представляющей активное инерционное RC-звено 5 и на выходные ключи, коммутирующие цепи внешней нагрузки. При срабатывании соответствующего полярности сигнала рассогласования ключа на выходе появляется напряжение.

При отключении цепи отрицательной обратной связи устройство представляет собой трехпозиционный нуль-орган с гистерезисом (рис. 1.2).

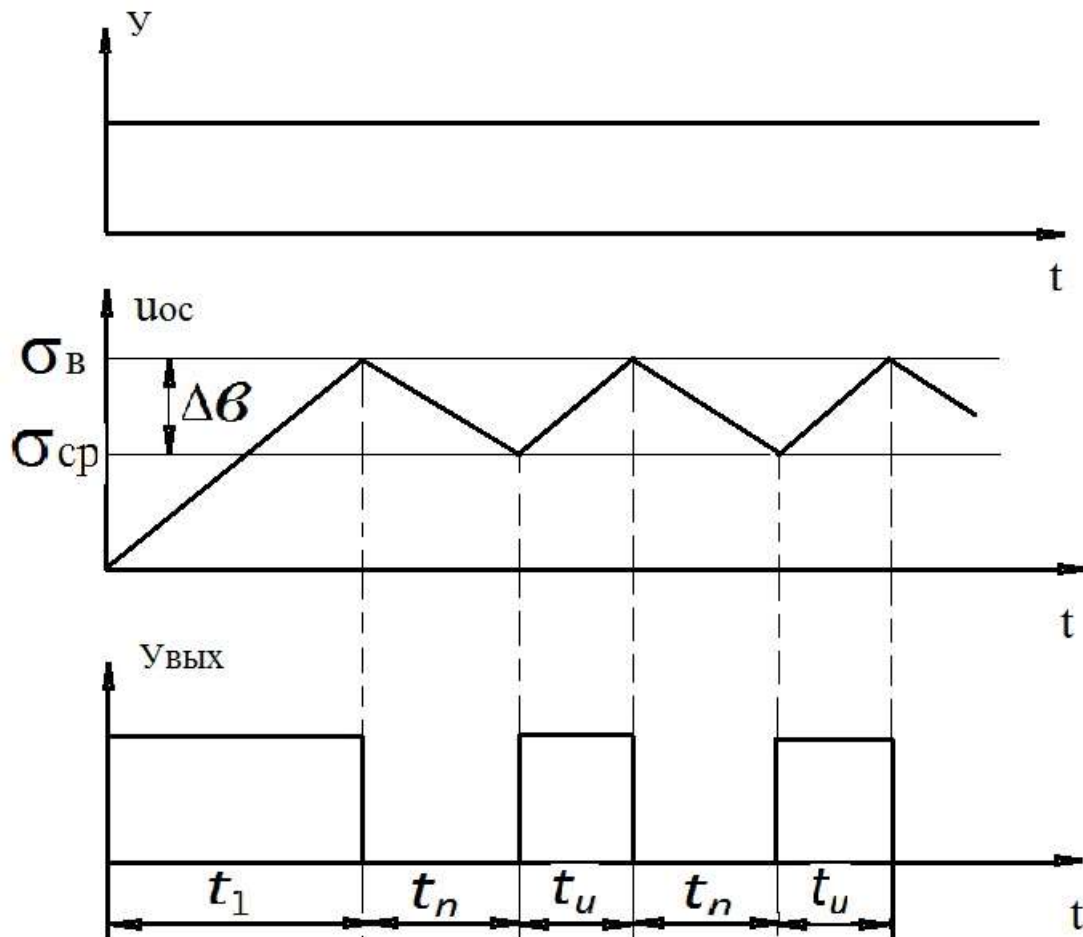


$\sigma_{ср}$  – порог срабатывания;  $\sigma_{в}$  – порог отпускания;  $\Delta$  - зона нечувствительности;  $\Delta_{в}$  – зона возврата;  $y$  – сигнал рассогласования;  $U_{вых}$  – состояние выходных ключей

Рис. 1.2. Характеристика устройства РП4-У при отключенной отрицательной обратной связи

При включенной цепи отрицательной обратной связи и сработавшем состоянии нуль-органа 4 сигнал отрицательной обратной связи на выходе инерционного звена 5 начинает плавно увеличиваться и компенсировать сигнал рассогласования на входе операционного усилителя-сумматора 3. Сигнал на входе нуль-органа 4 плавно уменьшается до порога отпускания (рис.1.2), после чего нуль-орган отключается, сигнал на выходе устройства и на входе отрицательной обратной связи скачком уменьшаются до нуля. Сигнал отрицательной обратной связи на выходе инерционного звена 3 начинает плавно уменьшаться, а сигнал на входе нуль-органа 4 возрастать до порога срабатывания  $\sigma_{ср}$ , после чего нуль-орган срабатывает, включает выходные ключи и подает сигнал в цепь отрицательной обратной связи. При сохранении сигнала рассогласования цикл повторяется.

Таким образом устройство регулирующее РП4-У формирует на своем выходе импульсы, чередующиеся паузами. Интегрирование этих импульсов при помощи исполнительного механизма постоянной скорости позволяет получить ПИ-закон регулирования. Работа устройства при включенной отрицательной обратной связи и при скачкообразном сигнале рассогласования  $U$  показана на рис. 1.3.



$t_1$  - длительность первого импульса, с;

$t_n$  - длительность паузы, с;

$t_u$  - длительность интегрального импульса, с.

Рис. 1.3. Работа устройства РП4-У с включенной цепью обратной связи

Длительность первого импульса  $t_1$  (пропорциональная часть) зависит от величины сигнала рассогласования и коэффициента передачи  $\alpha_n$  инерционного звена 5.

Коэффициент пропорциональности регулятора, образованного РП4-У и исполнительным механизмом постоянной скорости, определяется выражением

$$K_n = \frac{100\% \alpha_n}{T_m},$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент передачи устройства в секундах на процент входного сигнала, (с / %);

$T_m$  - время 100 % хода исполнительного механизма, с.

Интегрирование последующих импульсов  $t_u$  дает интегральную часть регулятора, которая характеризуется величиной постоянной времени интегрирования  $\tau_u$  инерционного звена 5.

Коэффициент передачи  $\alpha_n$  и постоянная времени интегрирования  $\tau_u$  регулируются при помощи переменных резисторов заряда и разряда активного RC-звена 5.

Длительность интегральных импульсов  $t_u$  на выходе устройства регулируется при помощи сигнала дополнительной положительной обратной связи, поступающего со звена 5 на вход операционного усилителя 3 и расширяющего зону возврата  $\Delta_v$  нуля-органа 4 при срабатывании. Во время паузы этот сигнал отсутствует.

Минимальная длительность импульса формируется при малых сигналах рассогласования. При увеличении сигнала рассогласования длительность импульсов увеличивается. Минимальная длительность импульса устанавливается ручкой  $t_u$  и определяет статическую точность регулирования.

В схеме предусмотрена дистанционная дискретная подстройка величин  $\alpha_n$  и  $\tau_u$  путем подачи на входы II и III ступени подстройки напряжения 24 В постоянного тока.

Контроль срабатывания устройства по направлениям работы осуществляется при помощи световых индикаторов "М" и "Б". Для контроля работы устройства служат контрольные гнезда.

При определенных соотношениях параметров настройки  $\alpha_n$ ,  $\tau_u$  и  $\Delta$  возможен автоколебательный режим работы устройства, что фиксируется по поочередному включению индикаторов "Б" и "М" на передней панели. Условием отсутствия автоколебаний является выполнение следующего соотношения:

$$\frac{\tau_u}{\alpha_n} < \Delta.$$

#### 4.3. Органы настройки и контроля устройства РП4-У.

На панелях управления представлены следующие органы настройки и контроля:

- ручка " $\Delta$ " - служит для установки требуемого значения зоны нечувствительности;
- ручка " $\alpha_n$ " - для установки коэффициента передачи;
- ручка " $\tau_u$ " - для установки постоянной времени интегрирования;
- ручка "Тф" - для установки постоянной времени демпфирования;
- ручка " $t_u$ " - для установки длительности интегральных импульсов;

- ручка "αε" - для масштабирования сигнала рассогласования;
- ручки "α1", "α2", "α3" - для масштабирования входных сигналов;
- две ручки "задание" - для дискретной и плавной установки сигнала внутреннего задатчика;
- индикаторы "М" и "Б" - для контроля работы устройства по направлениям.

При определении уставки ручки "задание" устройства РП4-У необходимо иметь в виду, что нормирующий преобразователь регистрирующего прибора КСП-2 (блок ИП11-03 – п. 4.6) не выполняет функцию линеаризации, т.е. зависимость токового сигнала от температуры не является линейной. Значение такого сигнала на выходе нормирующего преобразователя (соответственно на входе РП4-У) определяется по следующей зависимости:

$$I = \frac{X - X_n}{X_k - X_n} \cdot A,$$

где X - значение термоЭДС, соответствующее текущей температуре, мВ;

X<sub>н</sub>, X<sub>к</sub> - значения термоЭДС, соответствующие начальной (0<sup>0</sup> С) и конечной (300<sup>0</sup> С) отметкам шкалы регистрирующего прибора КСП - 2 соответственно, мВ (X<sub>н</sub> = 0, X<sub>к</sub> = 22.9);

A - верхний предел токового сигнала на выходе ИП11-03, равный 5 мА.

По заданной температуре рассчитывается соответствующий токовый сигнал на выходе ИП11-03 и определяется уставка ручки "задание" в процентах от диапазона изменения такого сигнала

#### 4.4. Схема внешних соединений устройства РП4-У.

Схема внешних соединений устройства РП4-У представлена на рис. 1.4.

Устройство рассчитано на подключение четырех датчиков унифицированных токовых сигналов 0 - 5 мА или 0 - 20 мА, 4 - 20 мА. Для исполнения устройства на выходной ток 0 - 5 мА предусмотрены также суммирование двух сигналов по напряжению 0 - 10 В и сравнения этих сигналов с сигналом внутреннего задатчика. При этом токовый сигнал рассогласования с выхода внутреннего задатчика (клеммы 27, 29) заводится на вход 1 (клеммы 12, 14).

При формировании ПИД-закона регулирования внешний дифференциатор с выходным сигналом 0 - 5 мА подключается к одному из входов РП4-У. При таком способе подключения настройки постоянной времени дифференцирования T<sub>д</sub> и интегрирования τ<sub>и</sub> взаимно связаны и отношение

$$\frac{T_d}{\tau_i} \leq 0,25.$$

Все неиспользуемые клеммы, предназначенные для подключения входных сигналов и других внешних устройств, остаются свободными.



Установить (по заданию преподавателя) на выходные клеммы устройства (7 - 8 и 8 - 9) нагрузочные сопротивления 160 Ом, 5 - 10 Вт, соединить перемычками клеммы 12, 29 и 14, 27.

На панели управления ручки установить в следующие исходные положения: " $\alpha n$ " - "~"; " $tu$ " - 0; " $\Delta$ " - 2; " $\alpha \Sigma$ " - 1; " $tu$ " - 0.1; "Тф" - 0; "задание" - 0. При этом индикаторы "Б" и "М" на передней панели не должны светиться.

4.5.1. Установить ручку задатчика плавной установки задания в положение 5. При этом должен светиться индикатор "Б".

4.5.2. Установить ручку задатчика в положение 0.5, при этом индикатор "Б" должен погаснуть.

4.5.3. Установить ручку задатчика в положение 5, ручку "Тф" в положение 5, затем ручку задатчика в положение "0". Индикатор "Б" после указанной установки ручек должен некоторое время светиться, а затем погаснуть.

4.5.4. Установить ручку "Тф" в положение "0", ручку задатчика в положение 5, ручку " $\alpha n$ " в положение 5, ручку " $tu$ " на максимальное значение. Индикатор "Б" начинает периодически включаться и выключаться.

4.5.5. Установить ручку " $tu$ " в положение 0.5. При этом длительность периодических включений индикатора "Б" (длительности импульсов) увеличится, увеличатся также и периоды времени между отдельными включениями. При установке ручки " $tu$ " в другие промежуточные положения периоды времени между отдельными включениями должны уменьшиться.

4.5.6. При установке ручки " $\alpha n$ " в другие промежуточные положения периоды времени между отдельными включениями также должны увеличиваться.

4.5.7. Установить все ручки на панели управления в исходное положение. Произвести аналогичную проверку устройства по индикатору "М" на передней панели. При этом ручки задания необходимо устанавливать в другую сторону.

#### 4.6. Описание лабораторной установки.

Лабораторная установка для исследования характеристик теплоэнергетического объекта (рис. 1.5) состоит из технологического объекта управления (ТОУ), датчика температуры (термоэлектрический преобразователь градуировки ТХК), регистрирующего прибора (потенциометр КСП-2 с диапазоном 0 - 300°C), нормирующего преобразователя ИП11-03 (входит в состав КСП-2), устройства регулирующего (РП4 - У), блока коммутации (реле РС-22), лабораторного автотрансформатора (ЛАТР), исполнительного механизма постоянной скорости (ПР-1М), блока внесения возмущения, вольтметра. Все приборы и органы управления смонтированы на лицевой панели щита контроля и управления (ЩКУ).

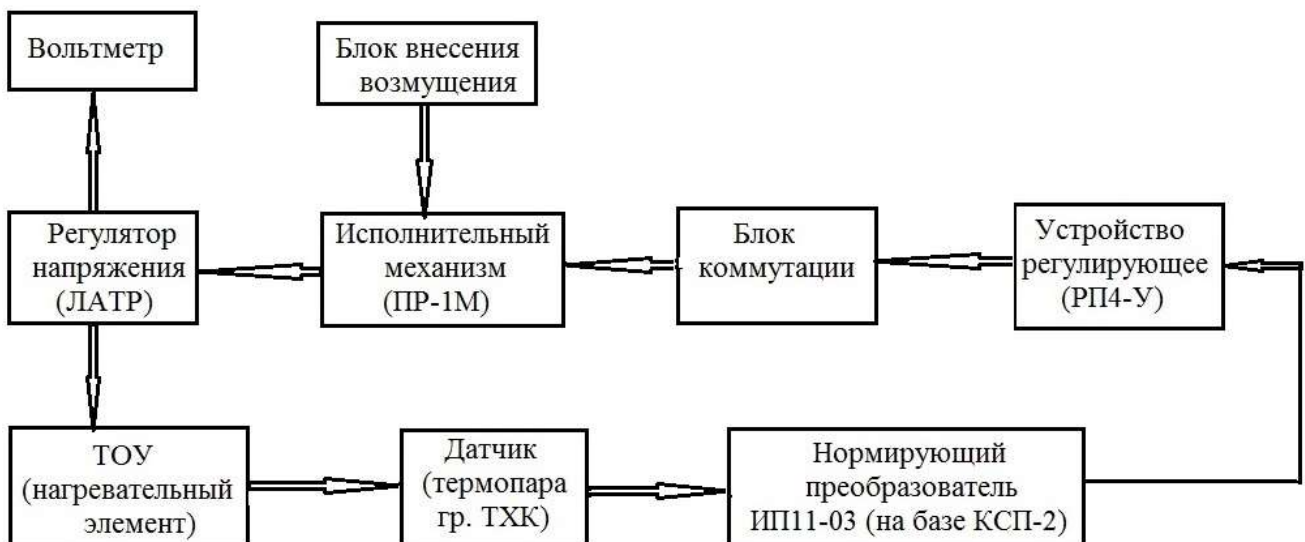


Рис. 1.5. Функциональная схема лабораторной установки

ТОУ представляет собой электрический нагревательный элемент (резистор ПЭВР). Регулирование температуры нагревателя осуществляется путем изменения напряжения питания при помощи ЛАТРа, движок реохорда которого перемещается исполнительным механизмом постоянной скорости ПР-1М.

Включение лабораторной установки производится тумблером "Сброс". При этом загорается сигнальная лампа "Стенд вкл." Включение регистрирующего прибора осуществляется тумблером, расположенным на лицевой панели КСП-2. Показания прибора после включения должны соответствовать температуре в помещении. Включение ТОУ производится тумблером "Нагрев". При этом вольтметр показывает напряжение, подаваемое на ТОУ (нагревательный элемент).

В данном режиме возможно ручное управление температурой ТОУ. Для этого тумблер "Возмущение" устанавливается в верхнее положение, и управление производится кнопками "Больше" или "Меньше" (запрещается одновременное нажатие двух кнопок!).

Для автоматического режима работы необходимо установить тумблер "Возмущение" в нижнее положение и включить регулятор РП4-У тумблером "НЦУ". На регулятор через нормирующий преобразователь потенциометра КСП-2 поступает унифицированный токовый сигнал 0 -5 мА, зависящий от температуры в ТОУ. При наличии рассогласования между этим сигналом и задающим воздействием, установленным на задатчике РП4-У, регулятор управляет исполнительным механизмом, связанным с ЛАТРОм. ЛАТР, в свою очередь, изменяет напряжение, поступающее на нагреватель. Процесс повторяется до исчезновения сигнала рассогласования.

В автоматическом режиме работы возможно введение в схему возмущающего воздействия. Для этого тумблер "Возмущение" устанавливается в верхнее положение и кнопками "Больше" или "Меньше" вводится возмущение (изменение напряжения, поступающего на нагреватель), контролируемое по



показаниям вольтметра. Далее тумблер "Возмущение" переводится в нижнее положение, и начинается процесс автоматического регулирования температуры.

#### 5. Отчет о работе

Отчет о работе должен включать:

- функциональную схему устройства РП4-У;
- схему внешних соединений устройства РП4-У;
- переходную характеристику объекта управления (по заданию преподавателя), найденную передаточную функцию объекта управления;
- рассчитанные параметры настройки устройства РП4-У.

#### 6. Контрольные вопросы

- 6.1. Для каких целей предназначено устройство регулирующее РП4-У?
- 6.2. Какой вид имеет функциональная связь между входными сигналами устройства и положением исполнительного механизма?
- 6.3. Какие виды входных сигналов используются в устройстве РП4-У?
- 6.4. Объясните устройство и принцип действия устройства РП4-У.
- 6.5. Как определить параметры настройки РП4-У?
- 6.6. Какие органы настройки и контроля вынесены на панели РП4-У?
- 6.7. Каким образом проводится проверка общей работоспособности устройства?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ РЕГУЛИРУЮЩЕГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА Р-130

1. Цель работы: изучение принципа действия, технической и функциональной структуры регулирующего микроконтроллера Р- 130.

2. Задание по лабораторной работе: разработать схему внешних соединений системы автоматического регулирования на базе микроконтроллера Р – 130, включающей первичные преобразователи (например, термометры сопротивления, термоэлектрические преобразователи), исполнительные механизмы (выход контроллера – аналоговый или импульсный).

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы

3.1. Ознакомиться с назначением, функциональными особенностями и структурой Р- 130 (пп. 4.1 – 4.3 «Сведений об устройстве контроллера Р – 130»).

3.2. Произвести внешний осмотр контроллера.

3.3. Ознакомиться со схемами подключения первичных преобразователей (датчиков) и исполнительных механизмов (п. 4.4 «Сведений об устройстве контроллера Р – 130»).

3.4. Разработать схему внешних соединений системы автоматического регулирования (по заданию преподавателя).

4. Сведения об устройстве микроконтроллера Р – 130.

4.1. Описание микроконтроллера Р – 130.

Модель регулирующего микроконтроллера ремиконт Р- 130 модификации 15 имеет базовый комплект технических средств. Код модификации 15 означает, что к входу микроконтроллера могут подключаться 8 аналоговых и 8 дискретных сигналов; на выходе - 2 аналоговых и 8 дискретных сигналов.

Перечень блоков, входящих в состав ремиконта Р - 1 30, приведен в табл.2.1.

В регулирующей модели ремиконта Р - 130 модификации 15 предусмотрено:

1) до двух независимых контуров регулирования, каждый из которых может быть одноконтурным и каскадным, с аналоговым или импульсным выходом, с ручным, программным или супервизорным задатчиком;

2) 76 зашитых в ПЗУ алгоритмов (библиотека алгоритмов) непрерывной и дискретной обработки информации, включая алгоритмы ПИД - регулирования, математических, динамических, нелинейных, логарифмических преобразователей;

3) до 99 алгоритмических блоков (алгоблоков) со свободным их заполнением любыми алгоритмами из библиотеки и свободным конфигурированием между собой и с входами-выходами контроллера;

Таблица 2.1

Перечень блоков, входящих в состав Р - 130		
Обозначение блока	Наименование блока	Назначение блока
БК-21	Центральный микропроцессорный блок контроллера	Преобразует аналоговые и дискретные сигналы в цифровые и обратно. В состав блока входят модули АЦП и ЦАП
ПН-21	Пульт настройки	Предназначен для программирования и настройки Р-130
МБС-20	Межблочный соединитель приборных цепей	Кабель для соединения блока питания БП-21 и БК-21
КБС-21	Клеммно-блочный соединитель	Кабель для реализации внешних связей Р-130
КБС-22	Клеммно-блочный соединитель для дискретных цепей ввода-вывода БК-21	Кабель для реализации внешних связей Р-130
КБС-23	Клеммно-блочный соединитель для аналоговых цепей ввода-вывода БК-21	Кабель для реализации внешних связей Р-130
БП-21	Блок питания	Блок питания и организации сетевой структуры "Транзит"
БУТ-20	Блок преобразователя-усилителя для термопар	Преобразует сигнал от термопары в унифицированный сигнал
БУС-20	Блок преобразователя-усилителя для термометров сопротивления	Преобразует сигнал от термометра сопротивления в унифицированный сигнал

4) ручная установка или автоподстройка любых коэффициентов в алгоритмах;

5) безударное изменение режимов управления и безударное включение, отключение, переключение и конфигурация контуров регулирования любой степени сложности;

6) оперативное управление контурами регулирования с помощью лицевой панели БК-21;

7) объединение до 15 контроллеров в локальную управляющую сеть "Транзит".

#### 4.2. Техническая характеристика регулирующего микроконтроллера Р-130.

##### 4.2.1. Аналоговые входные сигналы стандартные (унифицированные):

- 0-5 мА,  $R = 400 \text{ Ом}$ ;
- 0-20 мА,  $R = 100 \text{ Ом}$ ;

- 4-20 мА,  $R = 100 \text{ Ом}$ ;

- 0-10 В,  $R = 27 \text{ кОм}$ .

Термопары градуировки - ХА, ХК, ПП, ПР, ВР по ГОСТ 3044-84.

Термометры сопротивления градуировки - ТСП, ТСМ по ГОСТ 6851 -84.

Основная погрешность АЦП (12 разрядов) - 0.3 %.

4.2.2. Аналоговые выходные сигналы стандартные (унифицированные):

- 0-5 мА,  $R \leq 2 \text{ кОм}$ ;

- 0 - 20 мА,  $R \leq 0.5 \text{ кОм}$ ;

- 4 - 20 мА,  $R \leq 0.5 \text{ кОм}$ .

Максимальная погрешность ЦАП (11 разрядов) - 0.5 %.

4.2.3. Дискретные входные сигналы:

- сигнал логического нуля - 0 - 7 В;

- сигнал логической единицы - 18 - 30 В.

4.2.4. Дискретные (импульсные) выходные сигналы:

- максимальное напряжение коммуникации - 40 В;

- максимальный ток нагрузки - 0.3 А.

4.2.5. Общие технические параметры:

- максимальное число алгоблоков - 99;

- число алгоритмов в библиотеке - 76;

- время цикла - 0.2 - 2.0 с;

- объем ПЗУ - 82 кбайт;

- объем ОЗУ - 8 кбайт;

- объем ППЗУ - 8 кбайт.

4.2.6. Функциональные характеристики регулирующей модели:

- вид задания в каждом контуре - ручной, программный, внешний (супервизорный);

- закон регулирования - ПИД, ПИ, ПД, П;

- контролируемые параметры - задание, вход, выход, рассогласование.

4.2.7. Параметры интерфейса.

4.2.7.1. Локальная сеть "Транзит":

- топология локальной сети - кольцо;

- максимальное число контроллеров в одной сети - 15;

- максимальное расстояние между соседними контроллерами в сети - 500 м;

- вид кабеля - витая пара.

4.2.7.2. - Связь с ЭВМ через "Шлюз":

- вид интерфейса - ИРПС;

- максимальное расстояние между ЭВМ и "Шлюзом" - 500 м;

- частота обмена - 9,6 Кбит/с, вид кабеля - витая пара.

4.3. Функциональные возможности микроконтроллера.

Функции, выполняемые микроконтроллером, определяются возможностью построения виртуальной (кажущейся) структуры потока информации. Эта структура описывает информационную организацию контроллера и характери-

зует его как звено системы управления. Часть элементов виртуальной структуры реализована аппаратно, часть - программно. Все программное обеспечение, формирующее виртуальную структуру, зашито в ПЗУ и пользователю недоступно. Независимо от способа реализации элементов виртуальной структуры пользователь может представлять контроллер как изделие, в котором все элементы виртуальной структуры реально существуют в виде отдельных узлов.

В состав виртуальной структуры входят:

- 1) аппаратура ввода-вывода информации;
- 2) аппаратура оперативного управления и настройки;
- 3) аппаратура интерфейсного канала;
- 4) алгоритмические блоки (алгоблоки);
- 5) библиотека алгоритмов.

#### 4.3.1. Внешние сигналы микроконтроллера.

Контроллер рассчитан на прием и выдачу аналоговых и дискретных сигналов. Формирование импульсных сигналов на выходе импульсного регулятора выполняется программно, и эти сигналы поступают на исполнительный механизм через дискретные выходы контроллера.

#### 4.3.2. Аппаратура ввода и вывода.

В состав аппаратуры входят физические модули АЦП и ЦАП, дополненные программами для реализации функций смещения и масштабирования сигналов.

Все аналоговые и дискретные входы и выходы микроконтроллера полностью универсальны в том смысле, что в исходном состоянии не "привязаны" к каким-либо функциям контроллера. Такая привязка осуществляется пользователем и реализуется в процессе программирования.

#### 4.3.3. Аппаратура оперативного управления и настройки.

Эта аппаратура представлена лицевой панелью блока БК-21 и предназначена для оператора-технолога. Лицевая панель имеет набор клавиш, ламповых и цифровых индикаторов, с помощью которых оператор-технолог контролирует и управляет технологическим процессом: контролирует его переменные, изменяет режим управления, меняет уставки, осуществляет пуск, остановку или сброс программы и т.д.

Пульт настройки ПН-21 - это инструмент оператора-наладчика. С помощью пульта можно программировать контроллер, выполнять настройку его параметров, а также контролировать сигналы во внутренних точках виртуальной структуры.

#### 4.3.4. Аппаратура интерфейсного канала.

В контроллере существует один интерфейсный канал. Он имеет приемопередатчик, преобразующий входной поток последовательных бит информации в цифровую форму, представленную в виде байтов (т.е. преобразующий последовательный код в параллельный), а также реализует обратное преобразование.

#### 4.3.5. Алгоблоки.

Каждому алгоблоку соответствует определенное место ОЗУ контроллера, в которое при программировании записывается какой-либо алгоритм из числа входящих в библиотеку. При этом входы и выходы алгоблока и алгоритма совпадают.

#### 4.3.6. Библиотека алгоритмов.

Микроконтроллер Р - 130 содержит большую библиотеку алгоритмов, достаточную для того, чтобы решать сложные задачи автоматического регулирования и логико-программного управления. Часть библиотечных алгоритмов выполняет особую задачу: она связывает аппаратуру контроллера с основной массой функциональных алгоритмов, К этим связям относятся алгоритмы: ввода и вывода аналоговых и дискретных сигналов, обслуживания лицевой панели, приема и передачи сигналов через интерфейсный канал. Аппаратурные элементы виртуальной структуры (входные и выходные УСО, лицевая панель, интерфейсный канал) начинают выполнять свои функции лишь после того, как в какие-либо алгоблоки будут помещены соответствующие связные алгоритмы.

#### 4.4. Организация ввода-вывода информации.

##### 4.4.1. Соединители для внешних связей.

Внешние связи контроллера с датчиками и исполнительными механизмами, а также межблочные соединения осуществляются с помощью специальных кабелей типа КБС и МБС.

Кабели КБС-22, КБС-23 совпадают по структуре, но отличаются тем, что на клеммной колодке КБС-23 распаяны нормирующие резисторы, необходимые для подключения входных аналоговых сигналов, а также тем, что имеют различное распределение клемм по входам и выходам (рис. 2.1). Назначение клемм для КБС-23 представлено в табл. 2.2. КБС-23 для импульсного регулирования отличается содержанием клемм с 17 по 21. С помощью перемычек для каждого из восьми входов индивидуально выбирается один из трех входных сигналов: 0 - 5 мА, 0 (4) - 20 мА, 0 - 10 В.

##### 4.4.2. Внешние цепи блока БК-21.

Внешние цепи подразделяются на приборные, аналоговые и дискретные. Каждый тип внешних цепей имеет отдельный разъем, расположенный на задней стенке блока БК-21 (рис. 2.2).

Аналоговые сигналы входа-выхода подключаются к разъему "Гр. А", дискретные - к разъему "Гр. Б".

##### 4.4.3. Подключение аналоговых цепей входа - выхода контроллера.

Восемь аналоговых входов подключают через разъем "Гр. А" блока БК-21 каждый к своему АЦП. Два аналоговых выхода, преобразованные в двух ЦАП, в диапазоне 0 - 5 мА подсоединяют к разъему "Гр. А" и КБС-23. Аналоговые выходы являются пассивными, поэтому для их питания требуется внешний нестабилизированный источник питания 24 В постоянного тока от блока БП-21.

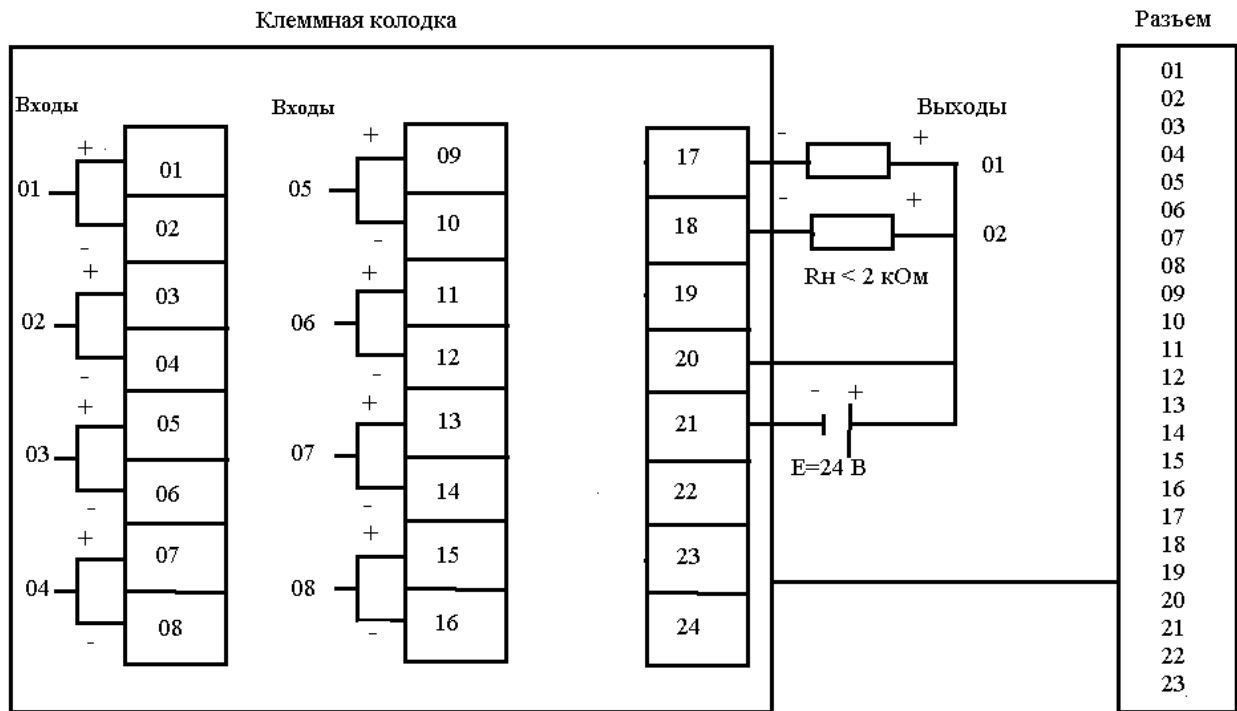


Рис. 2.1. Схема разъема и клеммной колодки кабеля КБС-23

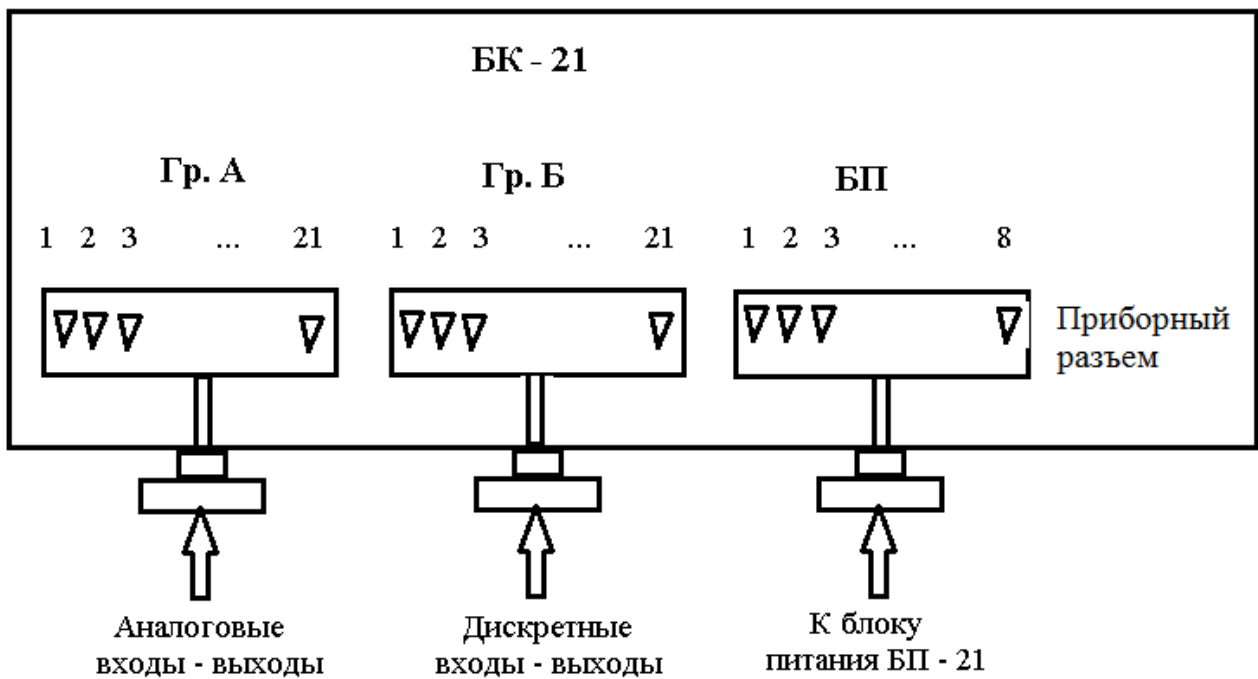


Рис. 2.2. Общий вид разъема внешней цепи

Таблица 2.2

Назначение клемм КБС – 23			
Номер клеммы	Регулирование		
	аналоговое	импульсное	
	Входы - выходы аналоговые	Входы - выходы дискретные	
1 +	Вход 01	Вход 01	
2 -			
3 +	Вход 02	Вход 02	
4 -			
5 +	Вход 03	Вход 03	
6 -			
7 +	Вход 04	Вход 04	
8 -			
9 +	Вход 05	Вход 05	
10 -			
11 +	Вход 06	Вход 06	
12 -			
13 +	Вход 07	Вход 07	
14 -			
15 +	Вход 08	Вход 08	
16 -			
17	Выход 01	Выход 01 Б	Импульсный выход 01
18	Выход 02	Выход 02 М	
19	Свободный	Выход 03 Б	Импульсный выход 02
20	Общий нагрузок	Выход 04 М	
21	Общий выходов	Общий выходов	
22	Свободный	Свободный	
23	Свободный	Свободный	
24	Свободный	Свободный	

#### 4.4.4. Внешние цепи блока питания БП–21.

Блок БП-21 имеет два разъема на девять контактов и две клеммные колодки - одна на три, другая на четыре клеммы (рис. 2.3).

Через разъем XI блок БП-21 связывается с приборным разъемом блока БК-21. Для связи используется межблочный соединитель МБС-20.

Через разъем X2 к блоку БП-21 подключаются внешние нагрузки, требующие питания 24 В, а также внешние цепи, управляемые дискретным сигналом "отказ".

К клеммной колодке X3 подключаются внешние интерфейсные цепи ЭВМ.



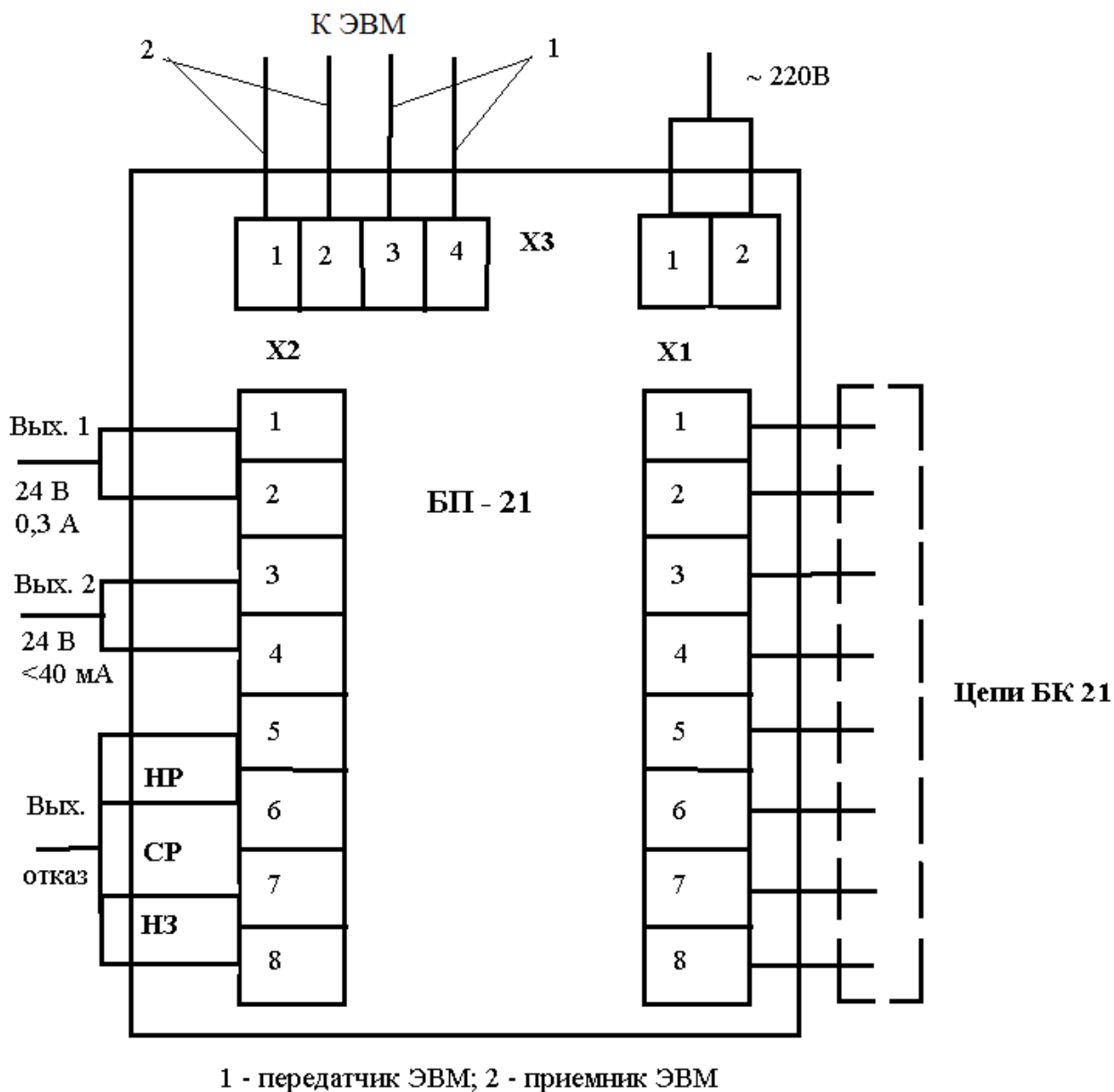


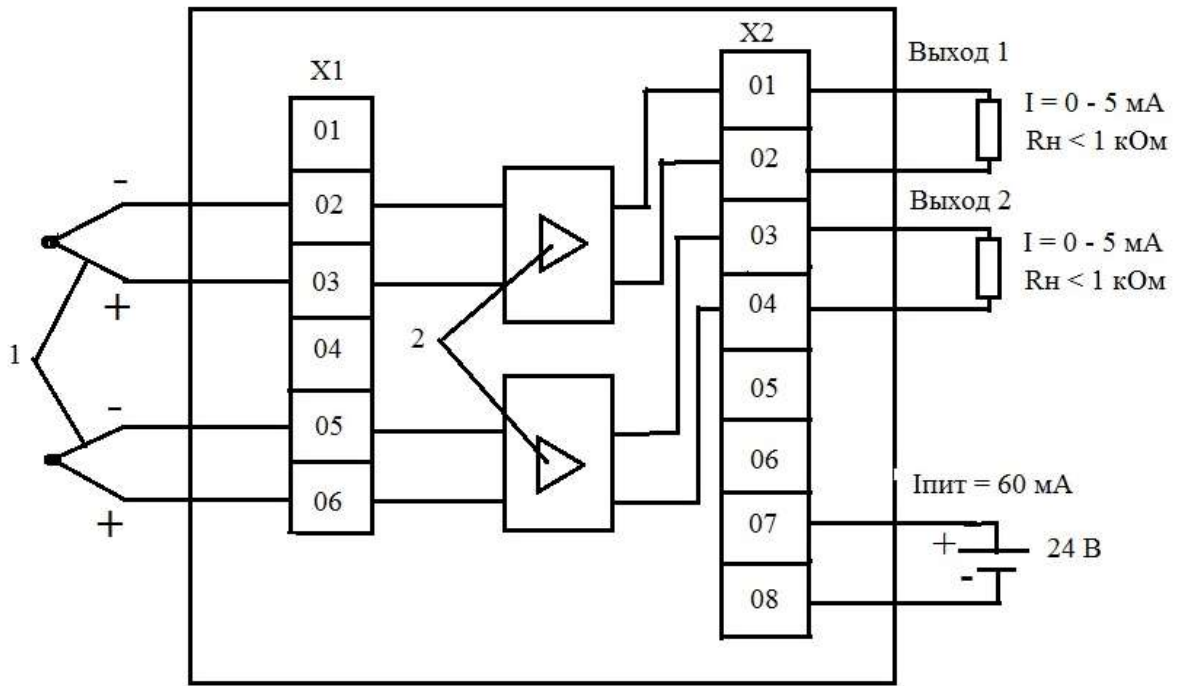
Рис. 2.3. Схема соединения блока питания БП – 21

#### 4.4.5. Внешние цепи блоков БУТ-20 и БУС-20.

Блоки БУТ-20 и БУС-20 имеют по два канала преобразования. Вход каждого канала гальванически связан с его выходом, но между собой каналы гальванически развязаны.

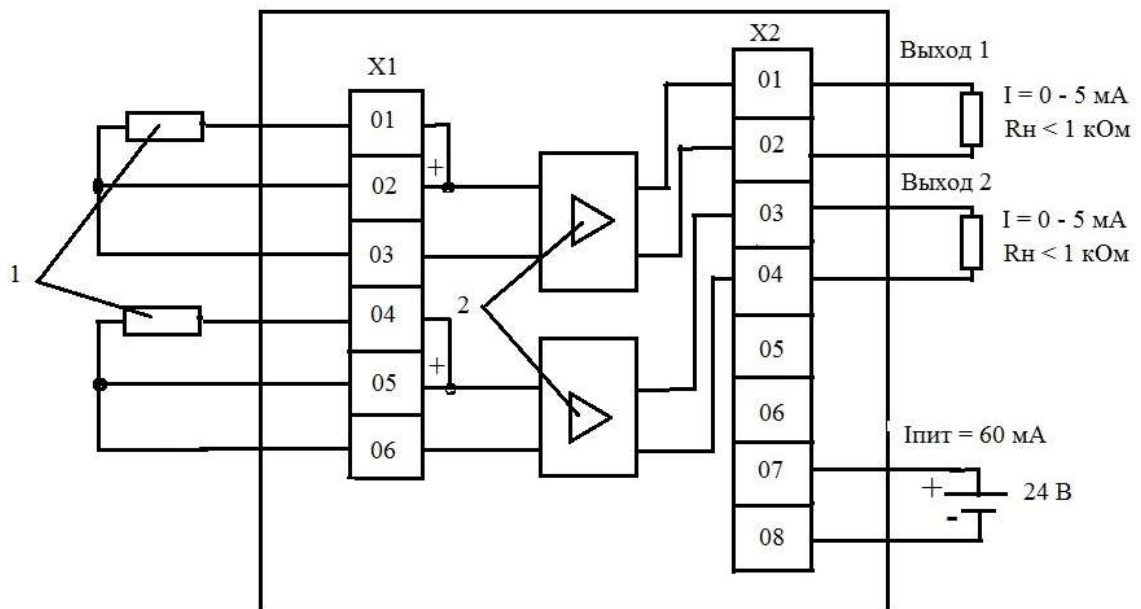
На лицевой панели обоих блоков расположены клеммная колодка на шесть клемм и разъем на девять контактов.

Через клеммную колодку подключаются термопары и термометры сопротивления. Разъем служит для подачи нестабилизированного напряжения питания 24 В постоянного тока и подключения нагрузки (рис. 2.4, 2.5).



- 1 - термопара;
- 2 - усилитель;
- X1 - клеммная колодка;
- X2 - гнезда разъема

Рис. 2.4. Схема соединения блока БУТ – 20



- 1 - термометр сопротивления;
- 2 - усилитель;
- X1 - клеммная колодка;
- X2 - гнезда разъема

Рис. 2.5. Схема соединения блока БУС - 20

## 5. Отчет о работе

Отчет о работе должен включать:

- основные технические характеристики микроконтроллера;
- перечень функциональных возможностей микроконтроллера;
- схемы, приведенные на рис. 2.1 – 2.5;
- схему внешних соединений.

## 6. Контрольные вопросы

6.1. Из каких основных блоков состоит микроконтроллер?

6.2. Какие возможности предусмотрены в ремиконте Р - 130 модификации 15?

6.3. Для каких целей служат лицевая панель и пульт настройки?

6.4. Какая разница между алгоблоком и алгоритмом?

6.5. Какое количество входов и выходов в модификации 15 микроконтроллера?

6.6. Какие сигналы подключаются к разъему "Гр. А", "Гр. Б"?

6.7. Сколько каналов имеют преобразователи БУТ-20 и БУС-20?

6.8. Почему необходимо подавать питающее напряжение на выход контроллера?

6.9. Какое назначение кабеля КБС-23?

6.10. Чем отличается КБС - 23 для импульсного регулирования?

6.11. Почему в блоке питания БП-21 имеются два источника 24 В?

6.12. Для каких целей служит интерфейсный канал микроконтроллера?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
РЕГУЛИРУЮЩЕГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА Р - 130

1. Цель работы: привитие навыков выполнения процедур и операций технологического программирования Р - 130.

2. Задание по лабораторной работе: провести технологическое программирование контроллера Р – 130 в соответствии с заданной преподавателем структурной схемой (разработать технологическую программу, задать приборные параметры на пульте настройки ПН-21, разместить алгоритмы по алгоблокам, произвести конфигурирование входов и выходов алгоблоков и их настройку, осуществить функции контроля и управления с лицевой панели).

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы

3.1. Построить блок-схему программы одноконтурного регулирования в соответствии с заданием на лабораторную работу (п. 4.8 «Сведений о технологическом программировании микроконтроллера Р – 130»).

3.2. Составить технологическую программу (п. 4.8).

3.3. Провести тестирование микроконтроллера (п. 4.3) .

3.4. Установить приборные параметры (п. 4.4).

3.5. Разместить алгоритмы регулирования по заданным номерам алгоблоков. Выполнить конфигурирование по программе (п. 4.5 – 4.6).

3.6. Установить численные значения параметров (п. 4.7).

3.7. В режиме "РАБОТА" проверить правильность задания параметров и значений входных - выходных сигналов (п. 4.9).

3.8. Перейти в режим оперативного контроля и регулирования, установить задание (п. 4.10).

3.9. Испытать ручной режим управления.

3.10. Запустить программу в автоматический режим.

4. Сведения о технологическом программировании микроконтроллера Р – 130.

4.1. Режимы функционирования и процедуры микроконтроллера.

Микроконтроллер Р-130 имеет два режима функционирования: программирование и работа.

В режиме программирования выполняются восемь следующих процедур:

- 1) тестирование;
- 2) установка приборных параметров;
- 3) задание системных параметров;
- 4) размещение алгоритмов в алгоблоках;
- 5) конфигурирование;
- 6) настройка параметров алгоблоков;
- 7) задание начальных условий;

8) работа с ППЗУ.

Режим "работа" контроллера содержит процедуры, предназначенные для контроля параметров и сигналов:

- 1) процедура обнаружения ошибок и отказов;
- 2) контроль приборных параметров;
- 3) контроль входных сигналов;
- 4) контроль выходных сигналов;
- 5) контроль и изменение параметров алгоблоков;
- 6) калибровка сигналов.

В процедуре тестирования проверяется работоспособность ПЗУ, ОЗУ, интерфейсного канала, пульта настройки, лицевой панели и т.д.

Процедура "приборные параметры" предназначена для задания общих параметров контроллера, таких как комплектность, диапазон времени, "обнуление", время цикла и др.

Процедура "системные параметры" дает возможность установить логические номера контроллера в локальной сети "Транзит" и режим работы интерфейса.

В процедуре "алгоритм" устанавливаются коды алгоритмов и параметры - модификаторы, масштаб времени.

При выполнении процедуры конфигурирования задаются взаимосвязи алгоблоков между собой и входными (выходными) устройствами микроконтроллера.

При настройке устанавливаются значения параметров алгоритмов - константы и коэффициенты.

В процедуре "начальные условия" задаются значения сигналов на выходах алгоблоков, с которыми эти блоки начнут работать при переходе в рабочий режим.

Процедура "работа с ППЗУ" выполняет запись в память составленной программы и обратный вызов ее в ОЗУ.

Выполнение всех процедур и операций осуществляется с помощью пульта настройки.

#### 4.3. Пульт настройки ПН-21.

Пульт содержит ламповые (ЛИ), цифровые (ЦИ) индикаторы и клавиатуру (рис. 3.1). Ламповые индикаторы сигнализируют о режиме работы, выбранной процедуре и ошибках. На ЦИ выводятся значения параметров. Шесть клавиш используются для выбора режима, процедур, параметров, для изменения параметров, запуска тестов и т.д.

Пульт настройки имеет два цифровых индикатора - верхний и нижний. Оба ЦИ содержат по четыре десятичные цифры. На нижнем ЦИ, кроме того, может высвечиваться знак "-".

Верхний ЦИ состоит из двух позиций по две цифры в каждой (рис. 3.2). Разделение на позиции зависит от выполняемой процедуры. Структура информации при различных вариантах приведена на рис. 3.2.

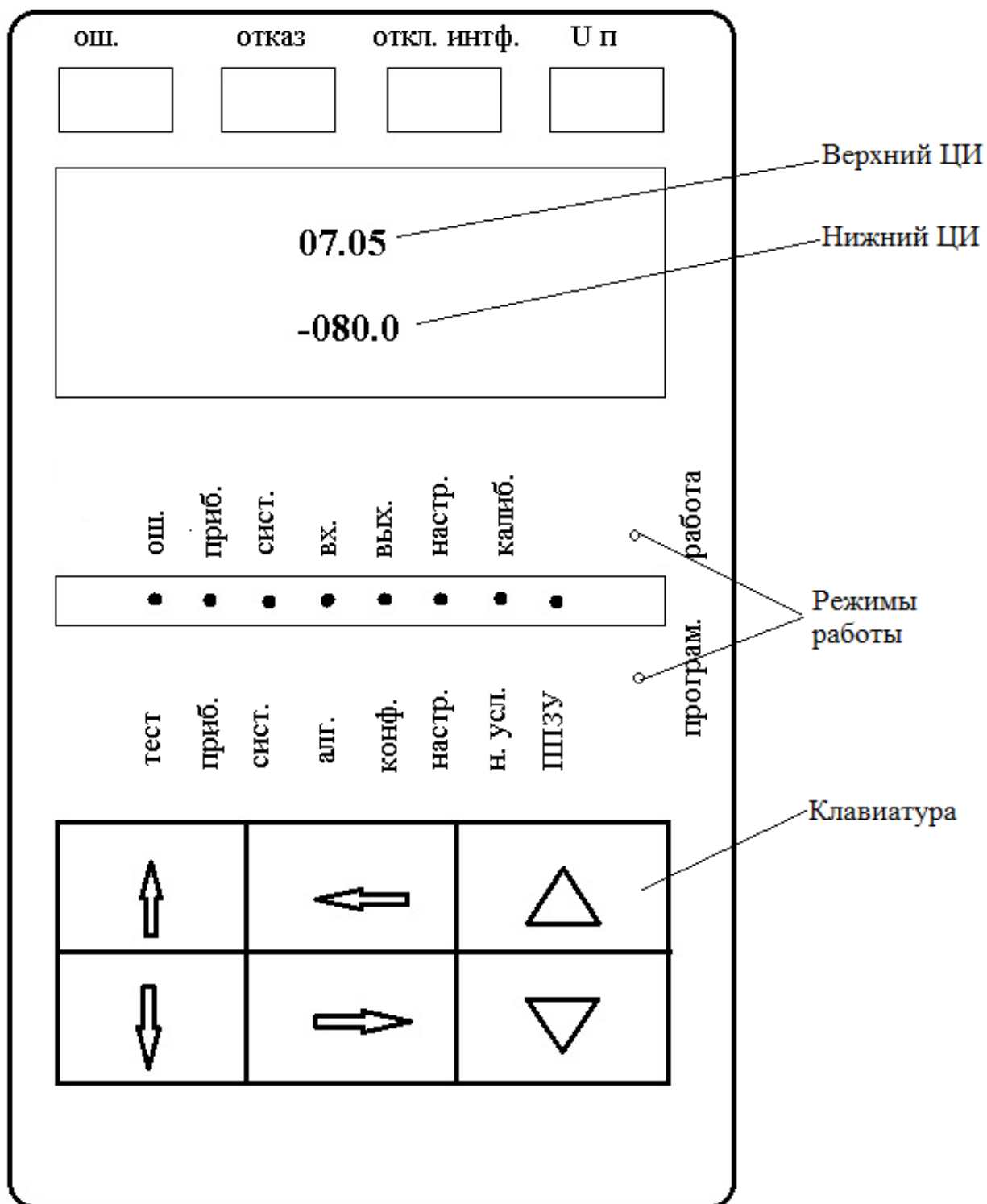


Рис. 3.1. Пульта настройки ПН-21

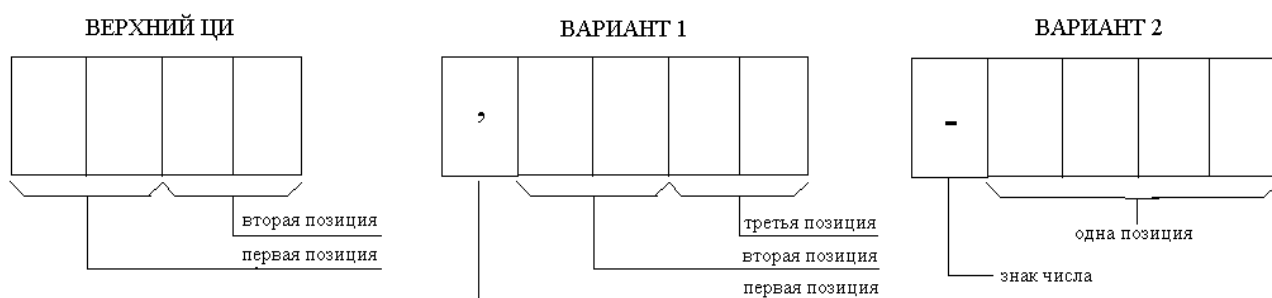


Рис. 3.2. Схема цифрового индикатора

Комбинации клавиш " $\downarrow$ " + " $\rightarrow$ " используются для перехода в режим программирования. О таком переходе свидетельствует загорание ЛИ "программ".

Клавиши " $\downarrow$ " + " $\leftarrow$ " применяется при переходе в рабочий режим, о чем сигнализирует мигающим светом ЛИ "работа". С помощью клавиш " $\leftarrow$ " или " $\rightarrow$ " выбирается процедура. При нажатии одной из этих клавиш светится ЛИ соответствующей процедуры, перемещаясь влево или вправо (по кругу).

Клавиша " $\uparrow$ " имеет двойное назначение: она служит для выбора нужного параметра в процедуре, операции и для ввода установленных параметров в память (последнее - только в режиме программирования).

Клавиша " $\downarrow$ " отменяет набранные значения и оставляет на ЦИ лишь первый параметр.

Клавиши " $\Delta$ " и " $\nabla$ " предназначены для изменения параметров. Изменяется всегда очередной вызванный на ЦИ параметр. При нажатии клавиши " $\Delta$ " параметр уменьшается, при нажатии клавиши " $\nabla$ " - увеличивается. После нажатия одной из клавиш параметр изменяется вначале медленно, затем скорость изменения возрастает.

#### 4.3. Процедура тестирования.

Нажатием клавиш " $\leftarrow$ " или " $\rightarrow$ " установить на пульте настройки процедуры "ТЕСТ" (загорается ЛИ). Для проведения тестирования необходимо клавишами " $\Delta$ " и " $\nabla$ " установить нужный код по табл. 1. После нажатия клавиши " $\uparrow$ " тест запускается. Результат тестирования выдается на нижнем ЦИ. При правильном выполнении теста на нижнем ЦИ должно быть 00.

При тестировании лицевой панели устанавливается код теста 15 и нажимается клавиша " $\uparrow$ " - на нижнем ЦИ пульта настройки появляется код 00. После этого пульт настройки отключается (переключатель находится на обратной стороне пульта) - на нижнем ЦИ лицевой панели появляется код 00.

При тестировании лицевой панели вначале тестируется клавиатура, затем индикаторы.

Для тестирования клавиатуры по очереди нажимаются клавиши лицевой панели - на ЦИ вместо кода 00 появляется номер (от 01 до 12), равный номеру нажатой клавиши.

Тестирование индикаторов лицевой панели выполняется в две операции. Первая тестирует все индикаторы (ламповые и цифровые) кроме шкального индикатора "ВЫХОД" и ЛИ " $\Delta$ ", " $\nabla$ ". Вторая операция тестирует шкальный индикатор "ВЫХОД" и ЛИ " $\Delta$ ", " $\nabla$ ". Первая операция запускается путем одновременного нажатия клавиш " " + " $\uparrow$ ", а вторая - клавиш " " + " $\uparrow$ ".

Таблица 3.1

Коды процедуры тестирования	
Код теста	Наименование операции тестирования
00	Комплексный тест ПЗУ и ОЗУ
01	Тест ПЗУ
02	Тест ПЗУ
03	Тест ПЗУ
04	Тест ПЗУ
05	Тест ОЗУ
06	Тест ОЗУ
07	Тест ОЗУ
08	Тест ОЗУ
09	Тест ППЗУ
10	Тест ППЗУ
11	Тест интерфейса
12	Тест интерфейса
13	Тест сторожа цикла
14	Тест пульта настройки ПН – 21
15	Тест лицевой панели БК - 21

#### 4.4. Установка приборных параметров.

Выполняемая в процедуре "приборные параметры" последовательность операций и характеризующие их параметры являются общими для всех алгоритмов, т.е. для контроллера в целом. В процедуру "приборные параметры" входят следующие операции:

- 1) обнуление контроллера;
- 2) установка комплектности;
- 3) установка кода запрета изменения параметров и диапазона временных параметров;
- 4) задание времени цикла работы контроллера;
- 5) контроль ресурса первой области ОЗУ;
- 6) контроль ресурса второй области ОЗУ;
- 7) контроль состава и версии библиотеки алгоритмов.

В первой операции обнулению соответствует код 00, стандартной конфигурации - аналоговое ПИД - регулирование - код 01 и импульсное регулирование - 02.



В операции " комплектность " устанавливается код, определяемый модификацией контроллера, в зависимости от числа входных и выходных аналоговых и дискретных сигналов. В настоящей лабораторной работе применяются контроллер с кодом 15 (восемь аналоговых входов и два выхода; по восемь дискретных входов и выходов).

В операции " установка кода запрета " используются код запрета - 00 и код разрешения изменения параметров - 01. Диапазоны временных параметров задаются следующими кодами: 00 - с, мин (младший диапазон) ; 01 – мин, ч (старший диапазон). Это означает, что все временные параметры, например, время интегрирования  $T_i$ , дифференцирования  $T_d$ , постоянная времени фильтрации  $T_f$ , измеряются в заданном масштабе. Операция " задание времени цикла " позволяет устанавливать одинаковое для всех алгоблоков контроллера время цикла в диапазоне 0.2 - 2 с с шагом 0.2 с.

Последовательность выполнения операций в процедуре:

1. С помощью клавиш "←" и "→" в режиме ПРОГРАМ устанавливается процедура "ПРИБ».

2. Клавишами "Δ" и "∇" в 1 - й позиции верхнего ЦИ устанавливается номер операции.

3. Нажимая последовательно клавишу "↑", перейти на ЦИ для задания параметров операции в соответствии с табл. 3.2 (кроме операции 03, где параметр устанавливается по верхнему ЦИ).

4. Клавишей "↑" информация на ЦИ вводится в память контроллера.

#### 4.5. Процедура "алгоритм".

В процедуре "алг" происходит заполнение алгоблоков программами из библиотеки алгоритмов. В общем случае для каждого алгоблока задаются три параметра: код алгоритма, его модификатор (М) и масштаб времени (МВ). В некоторых алгоритмах модификатор и (или) масштаб времени могут отсутствовать. Тогда позиции на ЦП, в которые выводятся соответствующие параметры, автоматически пропускаются.

Список используемых в данной работе алгоритмов и их параметры приведены в [3], а также в указаниях к лабораторной работе "Использование стандартных конфигураций ремиконта Р - 130 для построения контуров регулирования".

После обнуления контроллера алгоблоки можно заполнять только подряд, начиная с первого. Если какие-либо алгоблоки нужно зарезервировать для последующего расширения алгоритмической структуры, в них следует ввести алгоритм с кодом 00.

Таблица 3.2

Номера операций процедуры "ПРИБ"			
Номер операции	Название операции	Формат индикации	Параметры
00	Обнуление или ввод стандартной конфигурации		$N_1 = 00$ - запрет обнуления или ввода стандартной конфигурации; $N_1 = 01$ - разрешение; $N_2 = 00$ - обнуление; $N_2 \neq 00$ - номер стандартной конфигурации
01	Комплектность		N - код комплектности
02	Запрет измерения параметров и временной диапазон		$N_1 = 00$ - запрет изменения; $N_1 = 01$ - разрешение; $N_2 = 00$ - младший диапазон (с, мин); $N_2 = 01$ - старший диапазон (мин, ч)
03	Время цикла		Время цикла $T = (0.2 - 2) \text{ с}$

Последовательность выполнения процедуры "алг":

1. Клавишами " $\leftarrow$ " и " $\rightarrow$ " выбирается процедура "алг";
2. Клавишами " $\Delta$ " и " $\nabla$ " устанавливается номер алгоблока в 1-й позиции верхнего ЦИ;
3. Параметры алгоритма задаются клавишами " $\Delta$ " и " $\nabla$ ";
4. Нажатием клавиши " $\uparrow$ " информация на ЦИ вводится в память контроллера.

Правила установки параметров алгоритмов представлены в табл. 3.3, 3.4.

Таблица 3.3

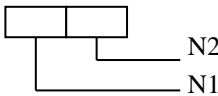
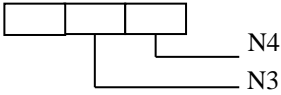
Правила установки параметров алгоритмов	
Формат индикации	Параметры
	N1 = 01 - 99 – номер алгоблока; N2 – код алгоритма
	N3 – код модификатора; N4 – масштаб времени

Таблица 3.4

Правила установки масштаба времени		
Номер операции	Временной диапазон	Масштаб времени
00	Младший	с
01		мин
00	Старший	мин
01		ч

#### 4.6. Процедура конфигурирования.

В процедуре конфигурирования осуществляется взаимное соединение входов - выходов алгоблоков или, что то же самое, записанных в них алгоритмов в единую структуру, реализующую математическую операцию или задачу управления. Алгоблок, который принимает на входе информацию, называется алгоблок-приемник, если не читает информацию - алгоблок-источник.

Входы алгоблока-приемника подразделяются на два типа: связные и свободные. Связные входы подключаются к одному из выходов алгоблока-источника. На свободных входах задаются параметры настройки, которые также делятся на две группы: константы и коэффициенты.

Константы устанавливаются в режиме программирования и не могут изменяться (но могут контролироваться) в режиме работы. Коэффициенты устанавливаются и могут изменяться как в режиме программирования, так и в режиме работы.

Конкретные значения параметров на свободных входах алгоблока задаются в процедуре "настройка".

При конфигурации также определяется, поступает ли сигнал, значение параметра прямо или инверсно, т.е. с изменением знака или нет.

Последовательность операции конфигурации для связных входов:

1. Клавишами "←" и "→" устанавливается процедура "конф";
2. Нажимается клавиша "↑", после чего в первой позиции верхнего ЦИ появляется произвольный номер алгоблока-приемника;
3. Клавишами "Δ" и "∇" задается нужный номер алгоблока-приемника;
4. Вновь нажимается клавиша "↑", и во второй позиции верхнего ЦИ клавишами "Δ" и "∇" устанавливается требуемый номер алгоблока-приемника;

5. Последовательным нажатием клавиши "↑" осуществляется переход в первую позицию нижнего регистра (через позицию - запятая), где клавишами "Δ" и "∇" задается нужный номер алгоблока - источника, затем, во второй позиции, - номер выхода алгоблока-источника;

6. Набранная таким образом информация последним нажатием клавиши "↑" вводится в память контроллера. Переход в п. 2.

Для свободных входов алгоблоков - приемников в процедуре "конф" задается информация в той же последовательности, содержание которой указано в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Правила установки параметров процедуры "конф"		
Тип входа	Представление информации на ЦИ	Параметры
Связный		$N_1$ - номер алгоблока-приемника; $N_2$ - номер входа алгоблока-приемника; $N_3 \neq 0$ - номер алгоблока-источника; $N_4$ - номер выхода алгоблока-источника; $C$ - признак инверсии: $C = \langle \rangle$ - без инверсии; $C = "-"$ - инверсия
Свободный		$N_1, N_2, C$ - то же, что для связанных входов; $N_3 = 0$ - признак свободного входа; $N_4 = 00$ - константа; $N_4 = 01$ - коэффициент

Определение алгоблоков-приемников и источников зависит от структуры программируемой задачи; определение типа входа - связный, свободный - следует из описания алгоритмов.

Необходимо также отметить, что некоторые алгоритмы могут не иметь конфигурируемых входов или выходов, например, алгоритмы ввода и вывода информации (ВАА и АВА).

#### 4.7. Настройка параметров алгоблоков.

Процедура настройки параметров заключается в установлении числовых значений параметров на свободных входах алгоблока.

Последовательность операций в процедуре "настр":

1. Клавишами "←" и "→" задается процедура "настр";
2. Нажать клавишу "↑" и с помощью клавиш "Δ" и "∇" в первой позиции верхнего ЦИ установить номер алгоблока;
3. Вновь нажать клавишу "↑" и во второй позиции верхнего ЦИ установить номер свободного входа алгоблока;
4. Для перехода на нижний ЦИ нажать клавишу "↑";
5. Клавишами "Δ" и "∇" задать числовое значение константы или коэффициента по выбранному входу алгоблока (знак "-" устанавливается клавишей "Δ" и "∇");
6. Клавишей "↑" ввести информацию на ЦИ в память контроллера. Перейти к п. 2.

Схема распределения информации в процедуре "настр" приводится в табл. 6.

Таблица 6

Представление информации на ЦИ	Параметры
	$N_1$ - номер алгоблока; $N_2$ - номер входа; $X$ - значение константы или коэффициента

#### 4.8. Последовательность технологического программирования на примере одноконтурной САР.

Технологическое программирование состоит из выполнения следующих этапов:

- 1) составление схемы размещения алгоритмов в алгоблоках;
- 2) построение блок-схемы взаимосвязей алгоблоков в соотношении со структурой программируемой задачи;
- 3) составление технологической программы;
- 4) введение программы в память контроллера в режиме "программ".

Любая САР, реализуемая на микроконтроллере ремиконт Р - 130, содержит ряд обязательных алгоритмов, таких как:

- ОКО (оперативный контроль регулирования);
- ЗДН (изменение задания регулятору);
- РУЧ (ручное управление);
- ВАА (ввод аналоговых сигналов гр. А);
- АВА (или ИВА) (вывод аналоговых или импульсных сигналов).

Описание алгоритмов, используемых в реализации одноконтурной САР, приведено в указаниях к лабораторной работе "Использование стандартных конфигураций ремиконта Р - 130 для построения контуров регулирования".

#### 4.8.1. Схема размещения алгоритмов.

Алгоритм ОКО обслуживает один контур регулирования. Поэтому если в структуре САР используется несколько контуров, то должно быть такое же количество алгоритмов ОКО. В ремиконте Р-130 максимально может быть четыре контура (в модификации 15, применяемой в настоящей работе - два контура). Алгоритмы ОКО помещают в алгоблоке с номерами 01 - 04 (или, в нашем случае, 01 - 02). Номер алгоблока, в котором помещен алгоритм ОКО, определяет номер контура регулирования, указываемый на лицевой панели. Остальные номера алгоблоков для других алгоритмов выбираются произвольно. Если номера алгоблоков задаются не подряд, то в пропущенные алгоблоки обязательно записывается "пустой" алгоритм с кодом 00.

На схеме размещения представлены: набор алгоблока, обозначение и код алгоритма (рис. 3.3).

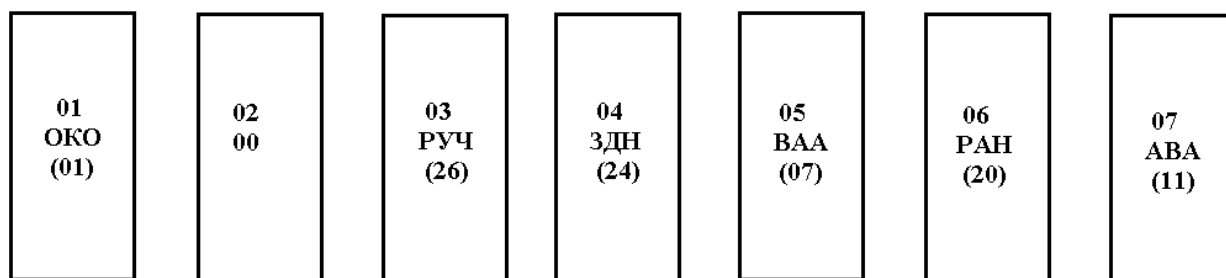


Рис. 3.3. Схема размещения алгоритмов по алгоблокам

#### 4.8.2. Блок-схема соединения алгоблоков.

На основе параметров используемых алгоритмов строится блок-схема соединения связанных входов и выходов алгоблоков. Схема для программирования одноконтурной САР приведена на рис. 3.4, следуя схеме размещения на рис. 3.3.

#### 4.8.3. Технологическая программа.

Для составления программы предварительно по блок-схеме определяются номера алгоблоков-приемников и алгоблоков-источников информации. Поскольку некоторые алгоблоки одновременно являются и приемниками и источниками, то их номера в программе повторяются.

Пример составления и оформления подобной программы представлен в табл. 3.7 в соответствии с блок-схемой на рис. 3.4.

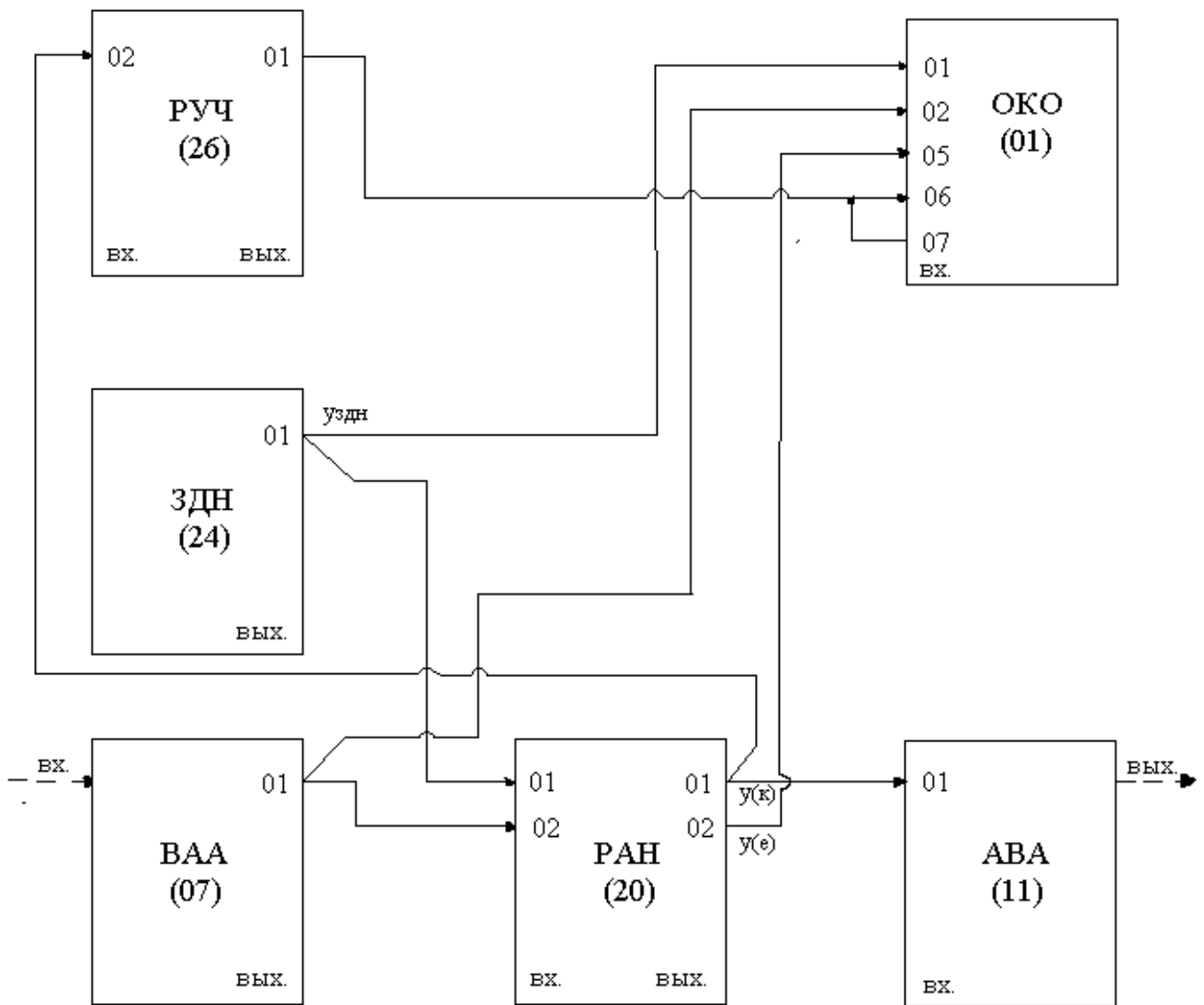


Рис. 3.4. Блок–схема размещения алгоблоков в одноконтурной САР  
4.8.4. Задание числовых значений параметров алгоблоков.

В режиме "настр" устанавливаются на свободных входах параметры для используемых алгоритмов:

ОКО - по входу	03	$W_0 = 0$
	04	$W_{100} = 100;$
ВАА - по входу	01	$X_{cm} = 0$
	02	$K_m = 1;$
АВА - по входу	02	$X_{cm} = 0$
	03	$K_m = 1;$
РАН - по входу	04	$T_\phi = 0$
	05	$X_\Delta < 0$ (любое отрицательное число)
	06	$K_p =$ (согласно рассчитанным
	07	$T_i =$ параметрам настройки
	08	$K_d =$ регулятора)
	09	$X_{mкс} = 100$
	10	$X_{мин} = - 100.$

Таблица 3.7

Пример составления технологической программы											
Номер алго-блока-приемника	Номер алго-ритма и его код	Номер входа алго-блока-приемника	Номер алго-блока-источника	Но-мер алго-ритма и его код	Номер выхода алгобло-ка-ис-точника	Представление на ЦИ					
01	ОКО (01)	01	04	ЗДН (24)	01	<table border="1"> <tr><td>01</td><td>01</td></tr> <tr><td>,</td><td>04</td><td>01</td></tr> </table>	01	01	,	04	01
		01	01								
		,	04	01							
		05	06	РАН (20)	02	<table border="1"> <tr><td>01</td><td>05</td></tr> <tr><td>,</td><td>06</td><td>02</td></tr> </table>	01	05	,	06	02
01	05										
,	06	02									
06	03	РУЧ (26)	01	<table border="1"> <tr><td>01</td><td>06</td></tr> <tr><td>,</td><td>03</td><td>01</td></tr> </table>	01	06	,	03	01		
01	06										
,	03	01									
07	03	РУЧ (26)	01	<table border="1"> <tr><td>01</td><td>07</td></tr> <tr><td>,</td><td>03</td><td>01</td></tr> </table>	01	07	,	03	01		
01	07										
,	03	01									
03	РУЧ (26)	02	06	РАН (20)	01	<table border="1"> <tr><td>03</td><td>02</td></tr> <tr><td>,</td><td>06</td><td>01</td></tr> </table>	03	02	,	06	01
03	02										
,	06	01									
06	РАН (20)	01	05	ВАА (07)	01	<table border="1"> <tr><td>06</td><td>01</td></tr> <tr><td>,</td><td>05</td><td>01</td></tr> </table>	06	01	,	05	01
		06	01								
,	05	01									
02	04	ЗДН (24)	01	<table border="1"> <tr><td>06</td><td>02</td></tr> <tr><td>,</td><td>04</td><td>01</td></tr> </table>	06	02	,	04	01		
06	02										
,	04	01									
07	АВА (11)	01	06	РАН (26)	01	<table border="1"> <tr><td>07</td><td>01</td></tr> <tr><td>,</td><td>06</td><td>01</td></tr> </table>	07	01	,	06	01
07	01										
,	06	01									



По существу, программой является последовательность информации, полученной в последнем столбце табл. 3.7, которая набирается по правилам программирования, описанным в разд. 4.4 - 4.6.

#### 4.9. Контроль параметров и сигналов контроллера.

После коммутации внешних связей и технологического программирования контроллера осуществляется контроль установленных параметров и входных, выходных сигналов. Контроль выполняется в режиме "работа", переход в который делается одновременным нажатием клавиш "↓" и "←".

Контроль приборных параметров осуществляется процедурой "ПРИБ" с помощью клавиш "←" и "→".

Из семи операций процедуры "ПРИБ", выполняемых в режиме "ПРОГРАМ", в режиме "РАБОТА" контролируются лишь первые четыре:

- номер стандартной конфигурации;
- комплектность;
- запрет изменения параметров и контроль временного диапазона;
- время цикла.

При контроле времени цикла дополнительно по нижнему ЦИ можно определить время, затрачиваемое на обработку всех алгоритмов, и оценить имеющийся ресурс времени.

Правила контроля приборных параметров аналогичны правилам их установки в режиме "ПРОГРАМ".

Контроль входных сигналов выполняется в процедуре "Вх" режима "РАБОТА" на связных входах алгоблоков с алгоритмами ВАА, РАН и АВА.

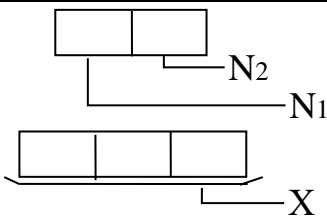
Для изменения сигнала на входе контроллера к преобразователю БУТ-20 подключается переносной потенциометр, к БУС-20 - магазин сопротивления.

Контроль осуществляется в такой последовательности:

- 1) в процедуре "Вх" нажимается клавиша "↑";
- 2) клавишами "Δ" и "∇" в верхней позиции верхнего ЦИ задается номер алгоблока, где требуется контроль входных сигналов;
- 3) нажимается клавиша "↑", и во второй позиции верхнего ЦИ устанавливается номер контролируемого входа;
- 4) после повторного нажатия клавиши "↑" по нижнему ЦИ контролируется значение входного сигнала в процентах от заданного диапазона изменения.

Формат информации на ЦИ при контроле входных сигналов представлен в табл. 3.8.

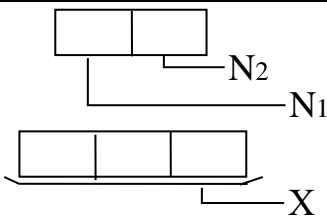
Таблица 3.8

Формат индикации	Параметры
	<p><math>N_1</math> - номер алгоблока;  <math>N_2</math> - номер связанного входа;  <math>X</math> - значение входного сигнала</p>

Контроль выходных сигналов выполняется аналогично контролю входных, но с использованием процедуры "Вых".

Значение сигналов измеряется на выходах алгоблоков в процентах. Формат информации приведен в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Формат индикации	Параметры
	<p><math>N_1</math> - номер алгоблока;  <math>N_2</math> - выхода;  <math>X</math> - значение выходного сигнала</p>

Контроль числовых значений параметров в процедуре "настр" выполняют только над параметрами настройки на свободных входах алгоритмов, причем можно контролировать значения как констант, так и коэффициентов. Кроме того, в этой процедуре можно изменять коэффициенты.

Правила контроля и установки параметров настройки в режиме "РАБОТА" такие же, как в режиме "ПРОГРАМ".

#### 4.10. Оперативный контроль и управление контурами регулирования.

Ремиконт Р - 130 для оперативного контроля и управления контурами регулирования имеет лицевую панель, представленную на рис. 3.5.

Для перехода к оперативному контролю по лицевой панели необходимо предварительно перейти в режим "Работа" на ПН-21 и отключить пульт настройки (выключатель находится на обратной стороне пульта).

В верхней части панели расположены пять ЛИ, контролирующих ошибки. Лампа индикации "0" сигнализирует мигающим светом о неисправности контроллера. ЛИ № 1 - 4 сигнализируют ровным светом об ошибке в соответствующем (по номеру) контуре регулирования. Если загорается один или несколько индикаторов "1 - 4", то это означает, что в контуре (или контурах) один из заданных при программировании параметров вышел за допустимые пределы. Одноразрядный ЦИ "контур" показывает номер контура, с которым работает оператор.



Рис. 3.5. Лицевая панель микроконтроллера Р - 130

На четырехразрядном ЦИ "задание" выводится сигнал задания. На нижнем ЦИ "контроль" указывается значение информации, получаемой в режиме контроля, содержание которой фиксируется семью ЛИ. Перечень параметров, контролируемых по нижнему ЦИ, приведен в табл. 3.10.

Таблица 3.10






Режим	Контролируемый параметр	Размерность
Вх	Входной сигнал (регулируемый параметр)	%
$\varepsilon$	Сигнал рассогласования	%
Вых	Выходной сигнал (управляющее воздействие)	%
Z	Произвольный сигнал, назначение которого программируется	программируется
Nn	Номер программы (при программном регулировании)	число
$m$	Время, оставшееся до окончания текущего участка программы	с, мин, ч
ОК	Ошибка контура; указывается номер сигнала, вышедшего за допустимые пределы	число

Для контроля выходного сигнала помимо нижнего ЦИ (режим "Вых") используется шкальный индикатор. Разрешающая способность индикатора равно 5 %.

Для импульсного регулятора с помощью двух ЛИ и "Δ" и "∇" дополнительно контролируется срабатывание регулятора в направлении "больше" и "меньше".

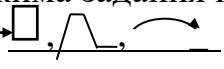
Ламповые индикаторы "КУ", "ЛУ", "ДУ", "РУ" означают соответственно: режим каскадного, локального (одноконтурного), дистанционного и ручного управления.

Переход в каждый из этих режимов (если они запрограммированы) осуществляется нажатием комбинаций клавиш:


- 1)   $\uparrow$  - перевод контура в локальный режим;
- 2)   $|$  - перевод в каскадный режим;
- 3)   $\Delta$  - установка дистанционного режима;
- 4)   $\nabla$  - отмена дистанционного режима;
- 5)  - переход в режим ручного управления.

Ламповые индикаторы "ВЗ", "ПЗ", "РЗ" показывают выбранный тип задания: внешнее, программное, ручное.

Для изменения режима задания используются клавиши .

Нажатием клавиш  осуществляется переход, на, соответственно, ручное, программное и внешнее задание.

Клавишами " $\leftarrow$ " и " $\rightarrow$ " выбирается параметр, контролируемый по нижнему ЦИ.

Комбинация клавиш  + ("Δ" или "∇") используется для ручного управления.

Клавиши  + ("Δ" или "∇") предназначены для ручного изменения задания.

## 5. Отчет о работе

Отчет о работе должен включать:

- технологическую программу в виде блок-схемы и таблицы;
- функциональные схемы алгоритмов (по заданию преподавателя).

## 6. Контрольные вопросы

- 6.1. Какие процедуры выполняются в режиме программирования?
- 6.2. Какие процедуры выполняются в режиме "работа"?
- 6.3. Назовите отличительные особенности в назначении пульта настройки ПН - 21 и лицевой панели микроконтроллера?
- 6.4. Каким образом выполнить тестирование лицевой панели ремиконта Р - 130?
- 6.5. Для чего вводится стандартная конфигурация?
- 6.6. Какие операции входят в процедуру "установка приборных параметров"?
- 6.7. Что обозначает код комплектности 15?
- 6.8. Чем отличаются связанные и свободные входы алгоблоков?
- 6.9. Какие параметры входят в процедуру "настройка"?
- 6.10. Перечислите основные контролируемые функции, осуществляемые с помощью лицевой панели.
- 6.11. В каких единицах контролируются параметры в процедуре "Вх"?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ РЕМИКОНТА  
Р - 130 ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОНТУРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ

1. Цель работы: привитие навыков применения основных алгоритмов библиотеки Р - 130, используемых для реализации САР; настройки стандартных конфигураций; особенности их взаимодействия с исполнительными механизмами различных типов.

2. Задание по лабораторной работе: провести программирование ремиконта Р - 130 с использованием стандартных конфигураций или отдельных алгоритмов (по указанию преподавателя).

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы

3.1. Составить технологическую программу в соответствии с заданием на лабораторную работу (при использовании отдельных блоков); установить приборные параметры (при вводе стандартной конфигурации – по заданию преподавателя) (указания к лабораторной работе №2).

3.2. Внести необходимые изменения в стандартную конфигурацию (п.4.2.2 «Сведений о применении стандартных конфигураций при реализации одноконтурных САР»).

3.3. Установить по заданию преподавателя численные значения параметров алгоритмов ОКО, ИВБ (по заданию преподавателя) для работы САР, включающей физический тепловой объект (пп. 4.1.1, 4.1.4).

3.4. В режиме "РАБОТА" проверить правильность задания параметров и значений входных и выходных сигналов (указания к лабораторной работе №2).

3.5. Перейти в режим оперативного контроля и регулирования, установить по указанию преподавателя заданное значение регулируемого параметра (п. 4.1.5).

3.6. Испытать ручной режим управления физическим объектом (указания к лабораторной работе №2).

3.7. Запустить программу в автоматический режим, контролировать процесс регулирования параметра, используя возможности лицевой панели контроллера (указания к лабораторной работе №2).

4. Сведения о применении стандартных конфигураций при реализации одноконтурных САР.

4.1. Алгоритмы, используемые для реализации одноконтурных САР.

Любая САР, реализуемая на микроконтроллере ремиконт Р - 130, содержит ряд обязательных алгоритмов, таких как:

- ОКО (оперативный контроль и регулирование);
- ЗДН (изменение задания регулятора);
- РУЧ (ручное управление);
- ВАА (ввод аналоговых сигналов гр. А);

- АВА (или ИВА) (вывод аналоговых или импульсных сигналов).

4.1.1. Алгоритм оперативного контроля и управления контурами регулирования - ОКО (01).

Алгоритм позволяет с помощью клавиш лицевой панели изменять режим управления, режим задания, осуществлять ручное управление, контролировать параметры и т.д.

Алгоритм ОКО помещается только в алгоблоке с номерами 1 - 4 (для модификации 15 - с номерами 1 - 2).

Алгоритм имеет модификатор  $0 \leq m \leq 15$ . Значения модификатора в зависимости от вида регулятора и режима выбираются из табл. 4.1.

Таблица 4.1

Значения модификатора алгоритма ОКО			
Вид регулятора	Режимы		Модификатор
	внешнего задания	дистанционного управления	
Обычный аналоговый	-	-	00
	-	+	01
	+	-	02
	+	+	03
Обычный импульсный	-	-	04
	-	+	05
	+	-	06
	+	+	07
Каскадный аналоговый	-	-	08
	-	+	09
	+	-	10
	+	+	11
Каскадный импульсный	-	-	12
	-	+	13
	+	-	14
	+	+	15

Алгоритм ОКО содержит только входные параметры и сигналы, номера и назначение которых для обычных регуляторов указаны на рис. 4.1.

Вход ХзДн определяет сигнал, который является сигналом текущего задания и выводится на ЦИ "ЗАДАНИЕ". Этот вход подключается к основному выходу алгоритма ЗДН.

Вход Хвх является входным сигналом (регулируемым параметром) и выводится на ЦИ при контроле "Вх" на лицевой панели. Данный вход подключается к выходу алгоритма аналогового ввода ВАА.

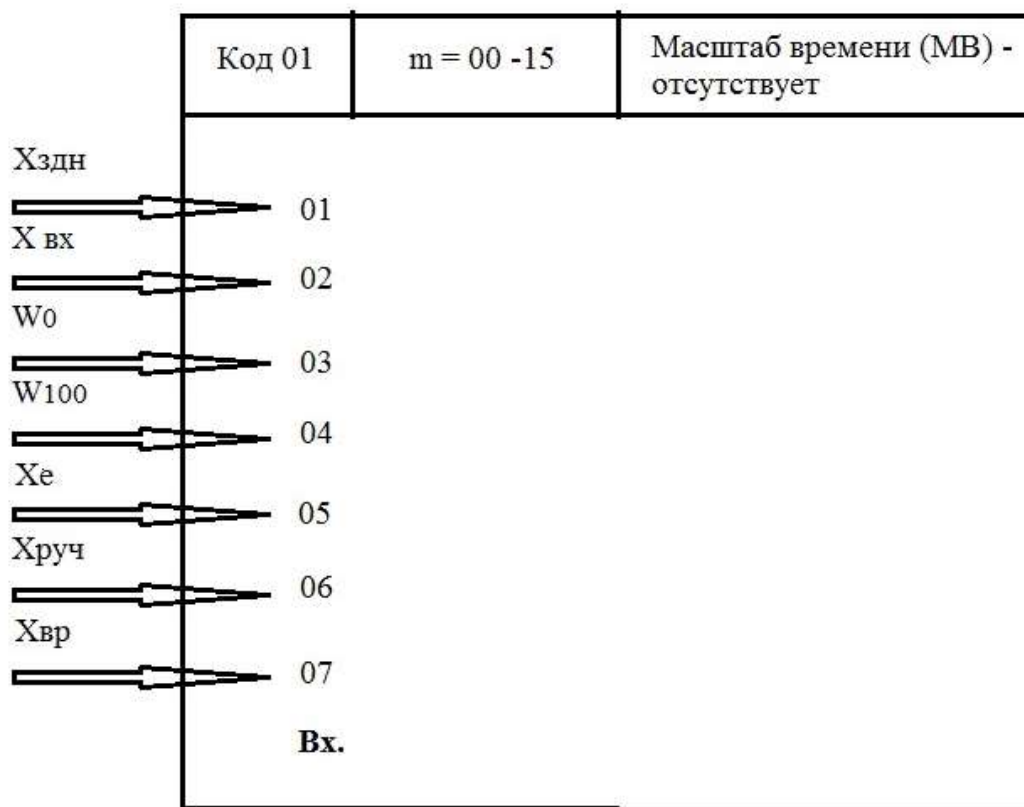


Рис. 4.1. Входные сигналы алгоритма ОКО

Вход  $X_{\epsilon}$  определяет сигнал рассогласования и выводится на ЦИ контроля "ε" на лицевой панели. Вход подключается к выходу  $U_{\epsilon}$  алгоритма РАН (РИМ).

Входы  $W_0$  и  $W_{100}$  являются настроечными и задают технические единицы измерения, т.е. сигналы, соответствующие 0 % и 100 % контролируемой величины.

Вход  $X_{руч}$  подключается к основному выходу алгоритма РУЧ.

На вход  $X_{вр}$  (выход регулятора) при аналоговом регулировании подается сигнал, характеризующий управляющее воздействие. Этот вход подключается к основному выходу алгоритма РУЧ либо (при наличии датчика положения исполнительного механизма) - к сигналу на одном из аналоговых входов, к которому подключен датчик положения. Для импульсного регулирования на вход  $X_{вр}$  подается, как правило, сигнал от датчика положения.

#### 4.1.2. Алгоритм аналогового ввода гр. А - ВАА (07).

Алгоритм предназначен для связи функциональных алгоритмов с АЦП. Алгоритм содержит восемь независимых каналов. Число каналов определяет значение модификатора  $0 \leq m \leq 8$ .

Выходной сигнал канала равен:

$$Y_i = (X_{ан.вх,i} + X_{см,i}) * K_{mi}, i = 1, 2, \dots, 8,$$

где  $X_{ан.вх,i}$  - аналоговый входной сигнал, поступающий от АЦП на  $i$ -й канал;



$X_{см,i}$ ;  $K_{m,i}$  - параметр смещения и масштабный коэффициент входного сигнала. Если коррекция сигнала не требуется, тогда  $X_{см,i} = 0$ ,  $K_{m,i} = 1$ .

Нумерация входных параметров алгоритма и выходных сигналов приведена на рис. 4.2.

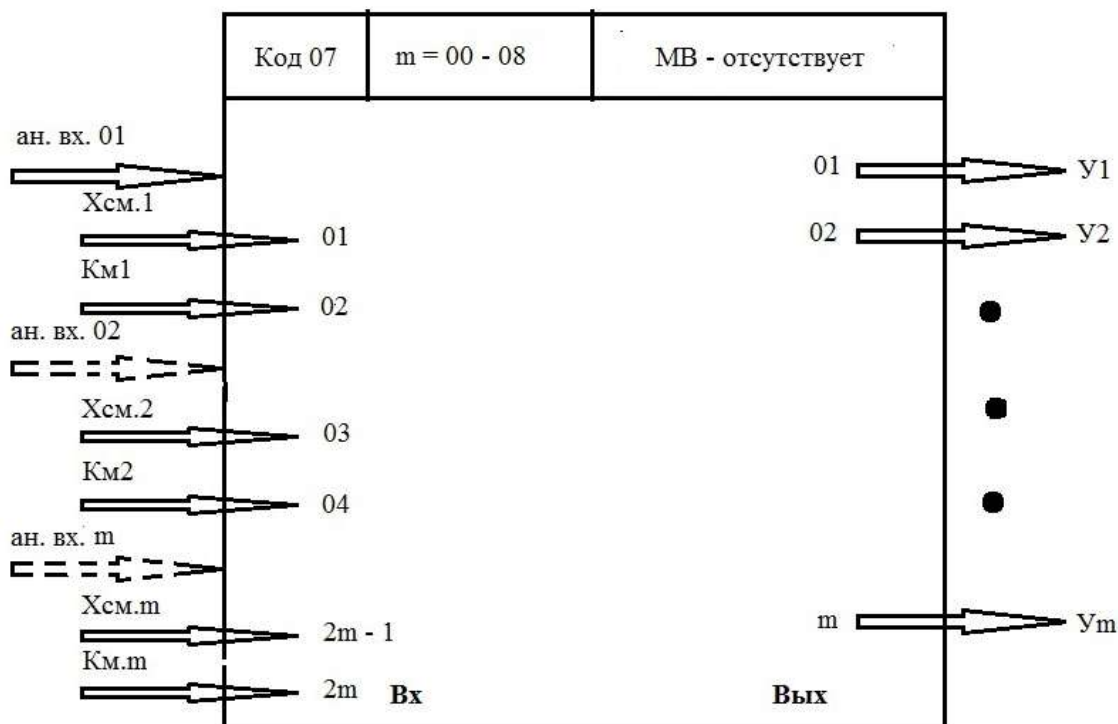


Рис. 4.2. Входные и выходные сигналы алгоритма ВАА

Входы алгоритма, обозначенные пунктиром, автоматически подключаются к АЦП и в программировании не участвуют.

#### 4.1.3. Алгоритм аналогового вывода гр. А - АВА(11).

Алгоритм служит для связи функциональных алгоритмов ЦАП. Каждый алгоритм обслуживает до двух аналоговых выходов. Помимо связи с ЦАП алгоритм АВА позволяет корректировать диапазон изменения выходного сигнала с помощью настроечных параметров  $X_{см}$  и  $K_{м}$ . Алгоритм имеет модификатор  $0 \leq m \leq 2$ , характеризующий число выходов. Нумерация входов алгоритма приведена на рис. 4.3.

Выходной аналоговый сигнал ( на выходе ЦАП ) равен:

$$Y_{ан.вых.i} = X_i * K_{m,i} + X_{см.i}, \quad i = 1, 2.$$

Если коррекция не требуется, то  $X_{см.i} = 0$ ,  $K_{m,i} = 1$ .

#### 4.1.4. Алгоритм импульсного вывода гр. А - ИВА (15), гр. Б - ИВБ (16).

Алгоритм применяется в тех случаях, когда контроллер должен управлять исполнительным механизмом постоянной скорости. Алгоритм преобразует сигнал в последовательность импульсов переменной скважности.

Алгоритм содержит несколько (до 4) каналов связи с выходами контроллера. Число этих каналов  $0 \leq m \leq 4$  задается модификатором (рис. 4.4).

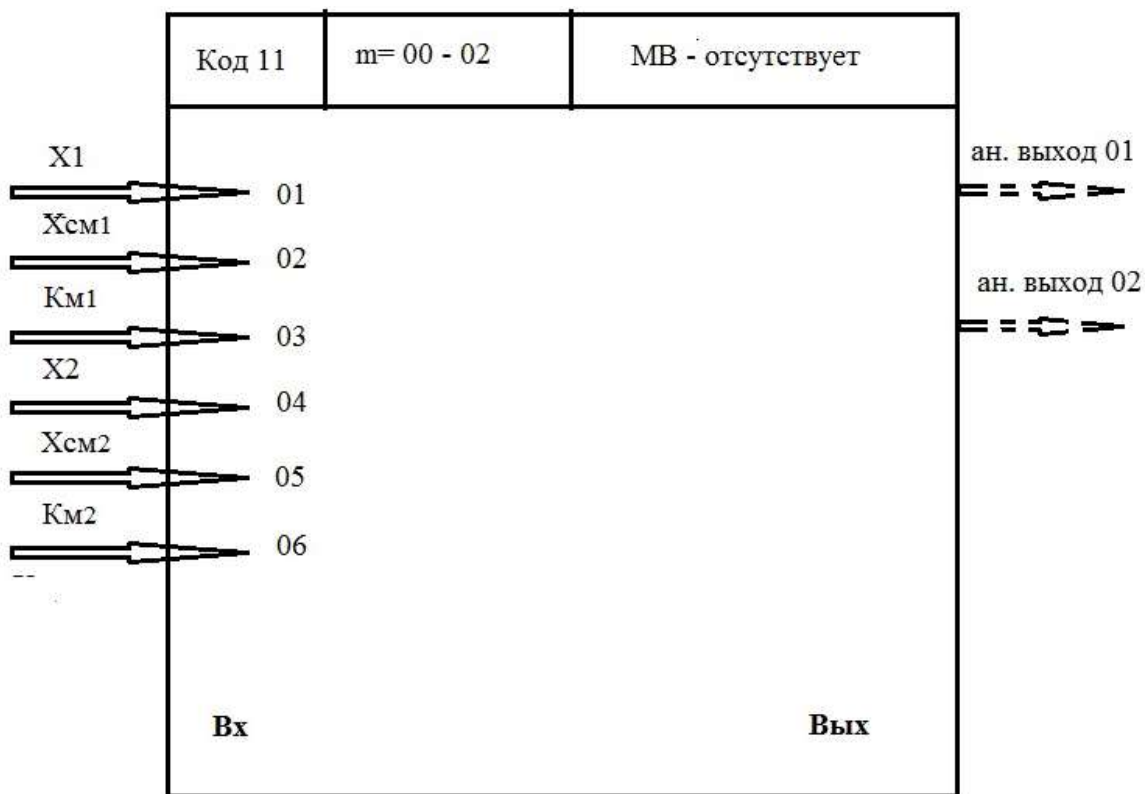


Рис. 4.3. Входные сигналы алгоритма АВА

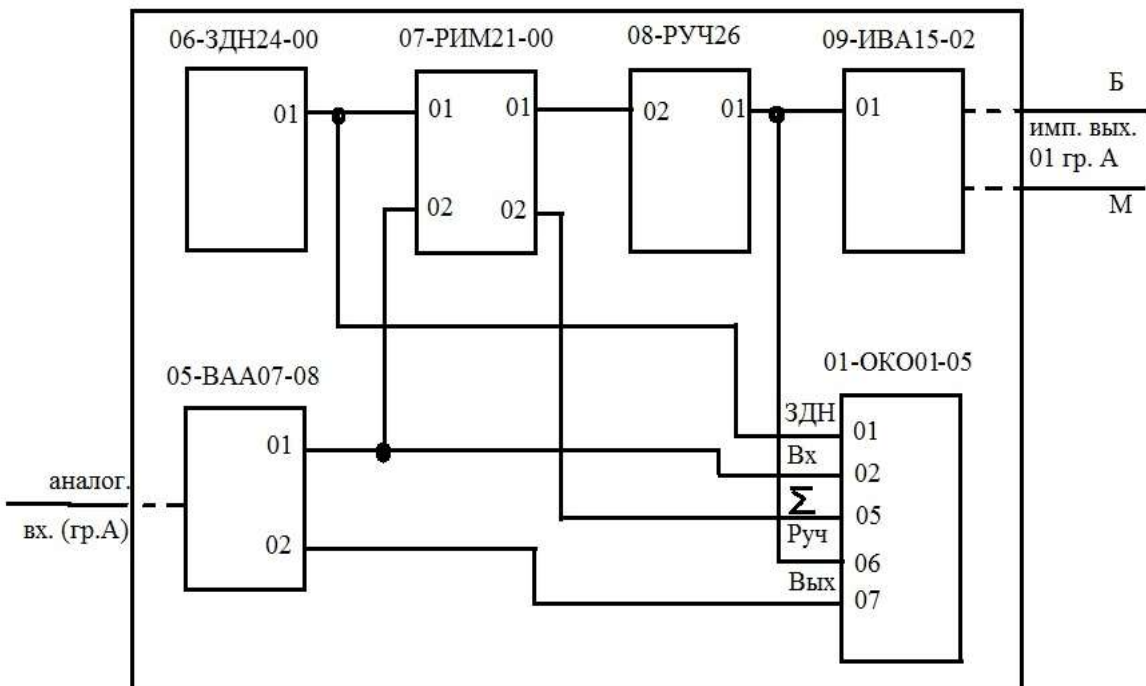


Рис. 4.4. Входные и выходные сигналы алгоритма ИВА (ИБВ)

Каждый канал содержит широтно-импульсный модулятор (ШИМ), преобразующий входной сигнал  $X$  в последовательность импульсов со скважностью  $Q$ , пропорциональной входному сигналу:

$$Q = |X|/100.$$

Параметр  $T$  задает минимальную длительность выходных импульсов. Этот параметр устанавливается в диапазоне  $0.12 \leq T \leq 3.84$ .

Параметр  $N$  определяет, к какому контуру регулирования относится данный канал алгоритма ИВА (ИВБ). Если запрограммирован первый контур, то необходимо установить  $N_1 = 1$ .

#### 4.1.5. Алгоритм задания ЗДН (24).

Алгоритм применяется для формирования сигнала ручного задатчика в контуре регулирования. Через этот алгоритм к регулятору подключаются также программные задатчики и сигнал внешнего задания.

Данный алгоритм имеет модификатор  $0 \leq m \leq 40$ , который определяет число независимых программных задатчиков (ПЗ), подключаемых к регулятору. Если ПЗ не используются, то  $m = 0$ . В алгоритме могут быть выбраны три вида заданий: ручное (РЗ), программное (ПЗ) и внешнее (ВЗ). Для обеспечения возможности изменения вида задания с помощью клавиш лицевой панели необходимо к выходу Уздн подключить вход Хздн алгоритма ОКО.

В режиме РЗ сигнал задания изменяется вручную. В режиме ПЗ сигнал задания поступает со входов  $X_{пр.i}$  (обычно к этим входам подключаются программные задатчики). В режиме внешнего задания сигнал задания поступает со входа  $X_{вн}$ . Этот вход может быть подключен к выходу любого алгоблока, в частности - к алгоблоку аналогового или интерфейсного ввода.

Нумерация основных входов и выходов дана на рис. 4.5.

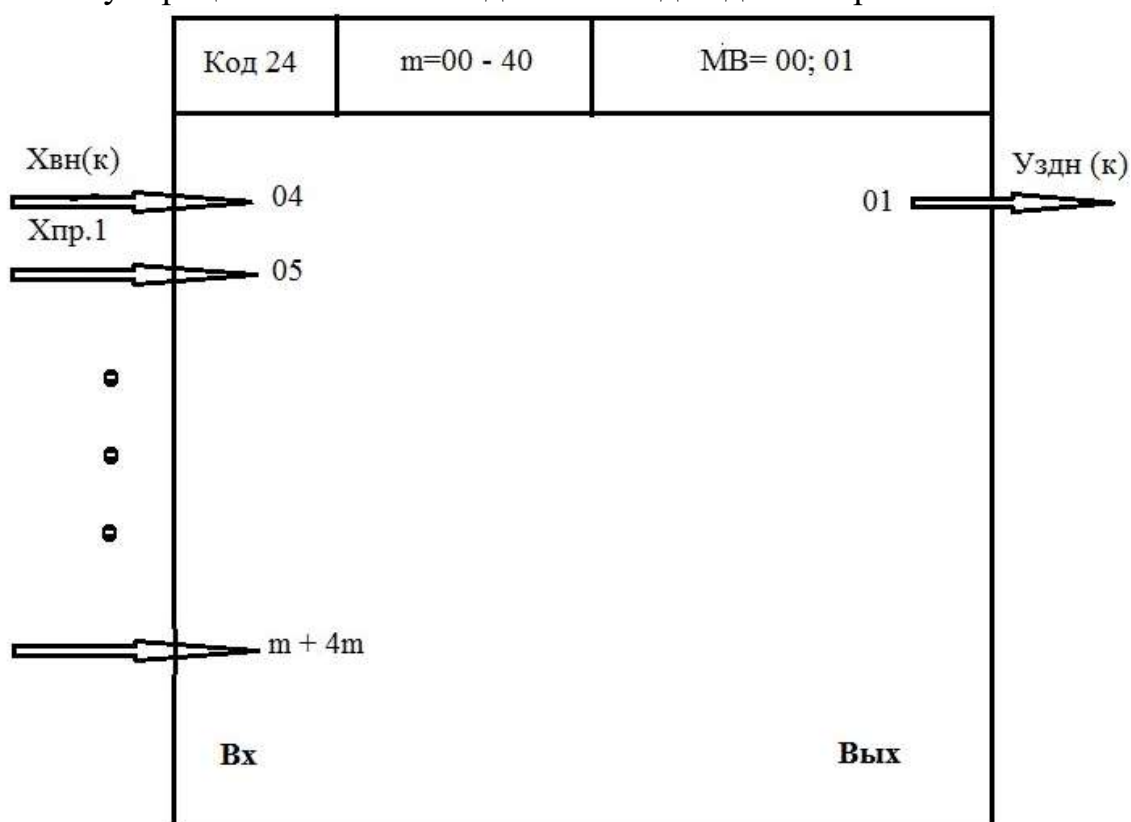


Рис. 4.5. Входные и выходные сигналы алгоритма ЗДН

#### 4.1.6. Алгоритм ручного управления РУЧ (26).

Алгоритм предназначен для изменения режимов управления регулятора. С его помощью регулятор переключается в дистанционный ручной режим работы.

Если в алгоритме ОКО, связанном с данным алгоритмом РУЧ, задан аналоговый регулятор, то узел ручного управления алгоритма работает по принципу "больше" - "меньше".

Вход X подключается к выходу алгоритма регулирования.

Алгоритм имеет основной выход Y, который соединяется с входами ОКО - Хруч и Хвр.

Нумерация входа и выхода приведена на рис. 4.6.

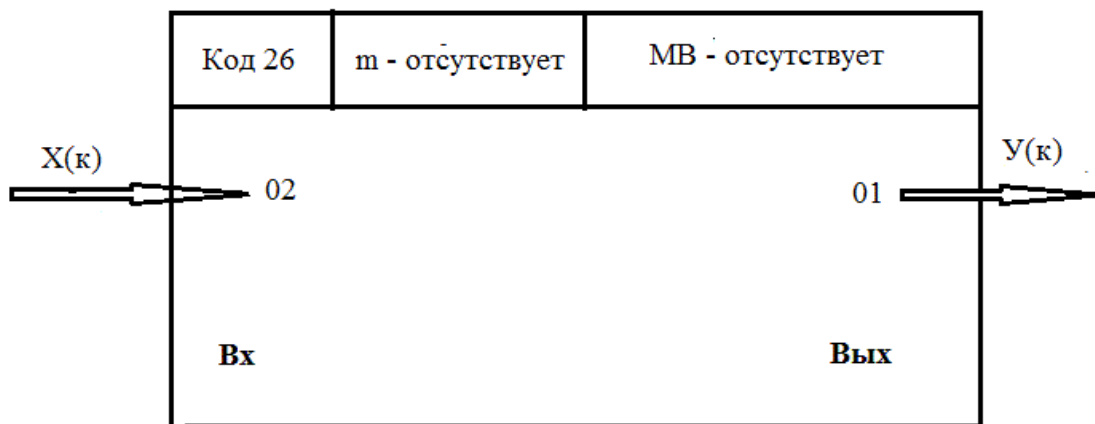


Рис. 4.6. Входные и выходные сигналы алгоритма РУЧ

#### 4.1.7. Алгоритм аналогового регулирования РАН (20).

Алгоритм используется при построении ПИД-регулятора, имеющего аналоговый выход. Кроме того, в алгоритме вычисляется сигнал рассогласования, осуществляется его фильтрация, вводится (или не вводится) зона нечувствительности. Выходной сигнал ограничивается по максимуму и минимуму (100 % и - 100%). Функциональная схема алгоритма (рис. 4.7) содержит несколько звеньев. Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует два входных сигнала, при этом один из сигналов масштабируется, фильтруется и инвертируется. Сигнал рассогласования  $\varepsilon$  на выходе этого звена (без учета фильтра) равен:

$$\varepsilon = X_1 - K_m * X_2,$$

где  $K_m$  - масштабный коэффициент.

ПИД-звено выполняет пропорционально-интегрально-дифференциальное преобразование сигнала и имеет передаточную функцию:

$$W(p) = K_n \left[ 1 + \frac{1}{T_{и} p} + \frac{K_d T_{и} p}{\left( 1 + \frac{K_d T_{и}}{8} p \right)^2} \right],$$

где  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $K_d$  - соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент времени дифференцирования, равный  $K_d = T_d / T_i$ .

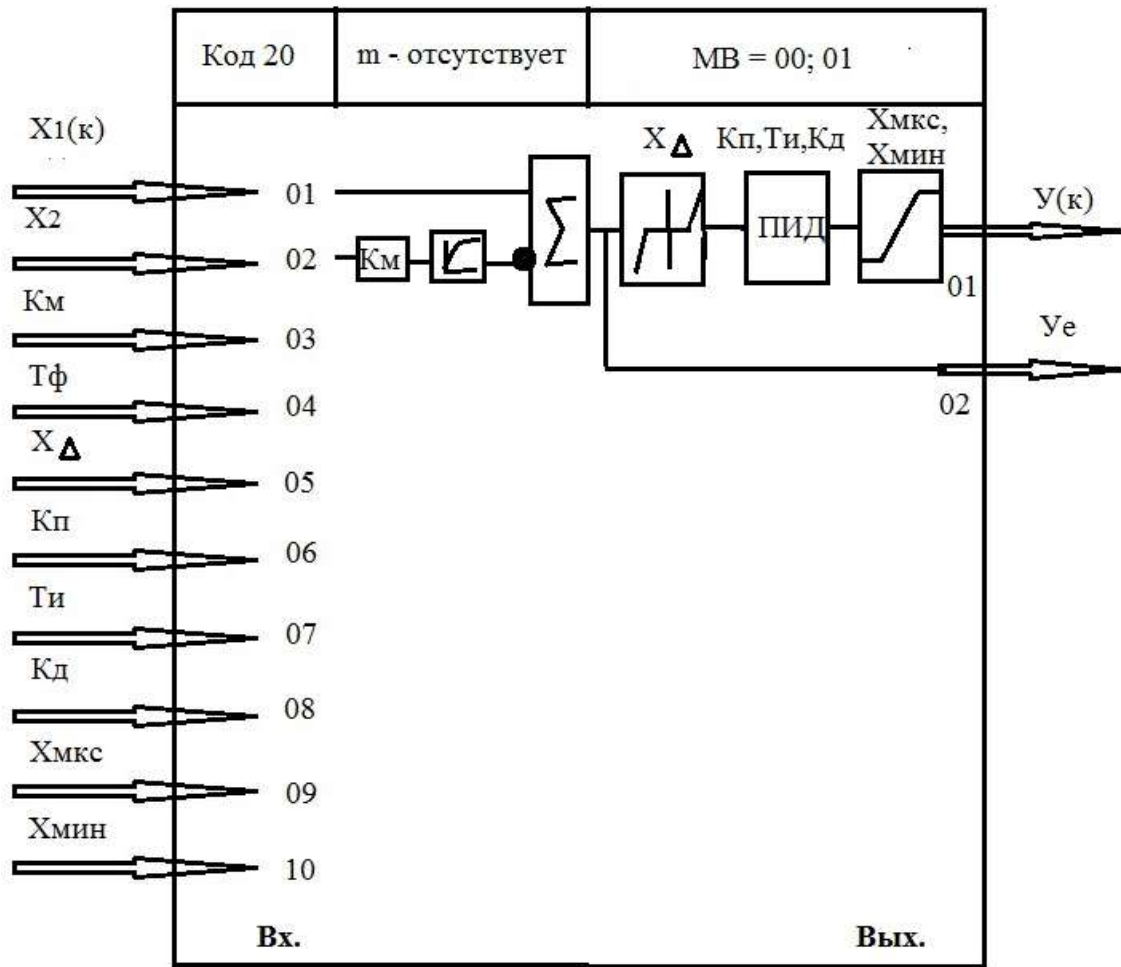


Рис. 4.7. Функциональная схема алгоритма РАН

Для получения П - регулятора следует установить  $T_i = 819$  и  $K_d = 0$ . Значение зоны нечувствительности  $X_{\Delta} < 0$  воспринимается алгоритмом как  $X_{\Delta} = 0$ . Выход  $Y(k)$  - основной выход алгоритма. Выход  $Y_{\epsilon}$  определяет сигнал рассогласования.

#### 4.1.8. Алгоритм импульсного регулирования РИМ (21).

Алгоритм используется при построении ПИД - регулятора, работающего в комплекте с исполнительным механизмом постоянной скорости. Алгоритм, как правило, применяется в сочетании с алгоритмом импульсного вывода ИВА (ИВБ). Помимо формирования закона регулирования в алгоритме вычисляется сигнал рассогласования, этот сигнал фильтруется, вводится зона нечувствительности. Алгоритм содержит узел настройки, позволяющий автоматизировать процесс настройки регулятора.

Функциональная схема алгоритма приведена на рис. 4.8.

Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует два входных сигнала, при этом один из сигналов масштабируется, фильтруется и инвертиру-

ется. Сигнал рассогласования  $\varepsilon$  на выходе этого звена (без учета фильтра) равен:

$$\varepsilon = X_1 - K_m * X_2,$$

где  $K_m$  - масштабный коэффициент.

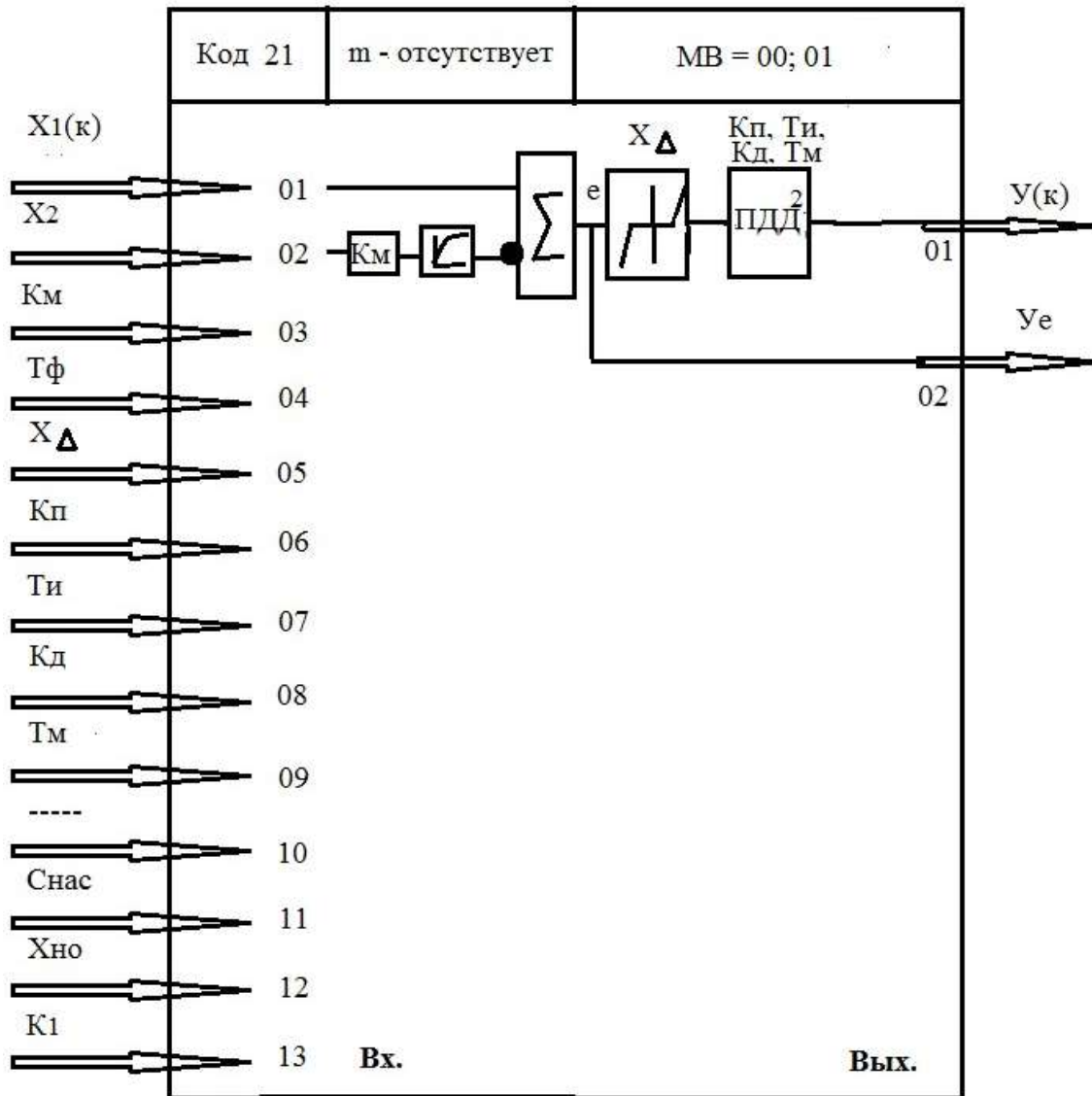


Рис. 4.8. Функциональная схема алгоритма РИМ

В сочетании с интегрирующим исполнительным механизмом, имеющим передаточную функцию  $W_{им}(p) = 1/(T_m * p)$ , общая передаточная функция регулятора с алгоритмом РИМ имеет вид

$$W_{РЕГ}(p) = W(p) \cdot W_{ИМ}(p) = K_n \left[ 1 + \frac{1}{T_{ИР} p} + \frac{K_d T_{ИР} p}{(1/8 K_d T_{ИР} p)^2} \right],$$

где  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $K_d$  - соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент дифференцирования, равный  $K_d = T_d/T_i$ .

## 4.2. Стандартные конфигурации

### 4.2.1. Стандартная конфигурация "Регулятор аналоговый РЕГА" - РЕГА (01).

Стандартная конфигурация РЕГА предназначена для построения контура регулирования с аналоговым выходным сигналом.

РЕГА состоит из шести алгоритмов (табл. 4.2). Алгоритмы связаны между собой конфигурацией, приведенной на рис. 4.9. Принятые на рисунке обозначения: первая цифра – номер алгоблока, затем шифр алгоритма, его код, модификатор и масштаб времени.

Таблица 4.2

Состав стандартной конфигурации РЕГА				
Номер ал-гоблока	Наименование алгоритма	Код	Модификатор	Масштаб времени
01	Оперативный контроль контуров регулирования, ОКО	01	00	
02	Пустой	00		
03	Пустой	00		
04	Пустой	00		
05	Ввод аналоговый, гр. А, ВАА	07	08	
06	Задание, ЗДН	24	00	00
07	Регулирование аналоговое, РАН	20		00
08	Ручное управление, РУЧ	26		
09	Аналоговый вывод, гр. А, АВА	11	02	

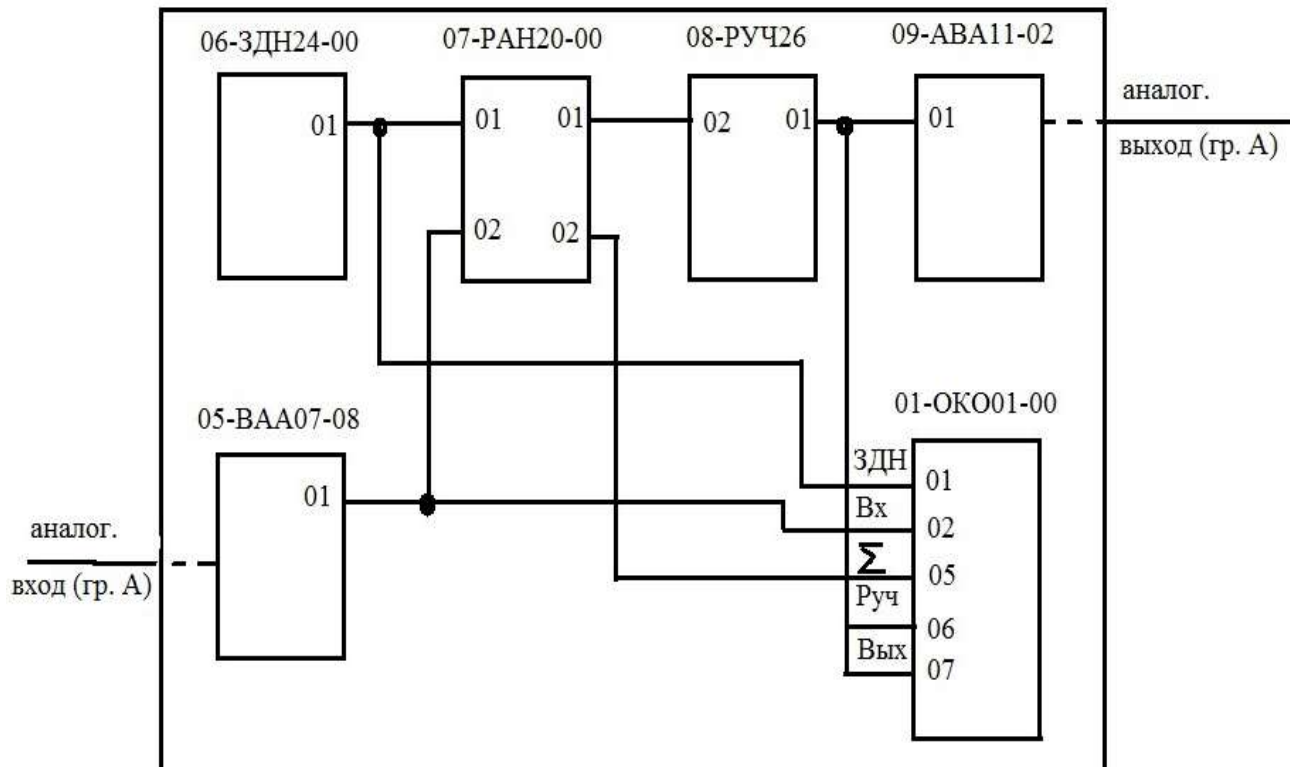


Рис. 4.9. Стандартная конфигурация 01 - РЕГА

Регулятор помимо алгоритма регулирования содержит ручной задатчик, алгоритм ручного управления, алгоритм оперативного контроля. Входной сигнал подается на аналоговый вход контроллера (вход 01, гр. А), а выходной сигнал формируется на аналоговом выходе контроллера (выход 01, гр. А).

РЕГА помещается только в первый контур. Остальные три алгоблока остаются свободными.

РЕГА помимо функции регулирования обеспечивает также функции оперативного управления в первом контуре, а именно ручное изменение сигнала задания, переход на ручной режим и ручное изменение выхода, контроль входного сигнала (регулируемого параметра) и сигнала рассогласования, а также контроль сигнала задания и выходного сигнала.

Алгоритмы РЕГА имеют параметры настройки, представленные в табл. 4.3. После ввода РЕГА конфигурацию можно видоизменить или дополнить другими алгоритмами, изменить параметры настройки в соответствии со стандартными правилами программирования.

Таблица 4.3

Параметры настройки РЕГА			
Алгоритм	Номер входа	Наименование	Значение
РАН	03	Масштабный коэффициент Км	1,0
	06	Коэффициент пропорциональности Кп	1,0
	07	Постоянная времени интегрирования Ти, с	15
	09	Ограничение по максимуму Хмкс, %	100,0
ОКО	04	Технические единицы, соответствующие 100%	100

Остальные параметры настройки равны 0.

4.2.2. Стандартная конфигурация "Регулятор импульсный РЕГИ" - РЕГИ(02).

Стандартная конфигурация РЕГИ состоит из шести алгоритмов (табл. 4.4). Алгоритмы связаны между собой конфигурацией, приведенной на рис. 4.10.

Регулятор помимо алгоритма регулирования содержит ручной задатчик, алгоритм ручного управления, алгоритм оперативного контроля. Входной сигнал и сигнал, характеризующий положение исполнительного механизма, подаются на аналоговые входы контроллера (соответственно вход 01 и 02, гр. А).

Выходной сигнал формируется на импульсном выходе контроллера (выход 01, гр. А).



РЕГИ помещается только в первый контур. Остальные три контура (алгоблоки 02 - 04) остаются свободными, поэтому в них при необходимости помещаются нужные алгоритмы.

Таблица 4.4

Состав стандартной конфигурации РЕГИ				
Номер алгоблока	Наименование алгоритма	Код	Модификатор	Масштаб времени
01	Оперативный контроль контуров регулирования, ОКО	01	05	
02	Пустой	00		
03	Пустой	00		
04	Пустой	00		
05	Ввод аналоговый, гр. А, ВАА	07	08	
06	Задание, ЗДН	24	00	00
07	Регулирование импульсное, РИМ	21		00
08	Ручное управление, РУЧ	26		
09	Аналоговый вывод, гр. А, ИВА	15	02	

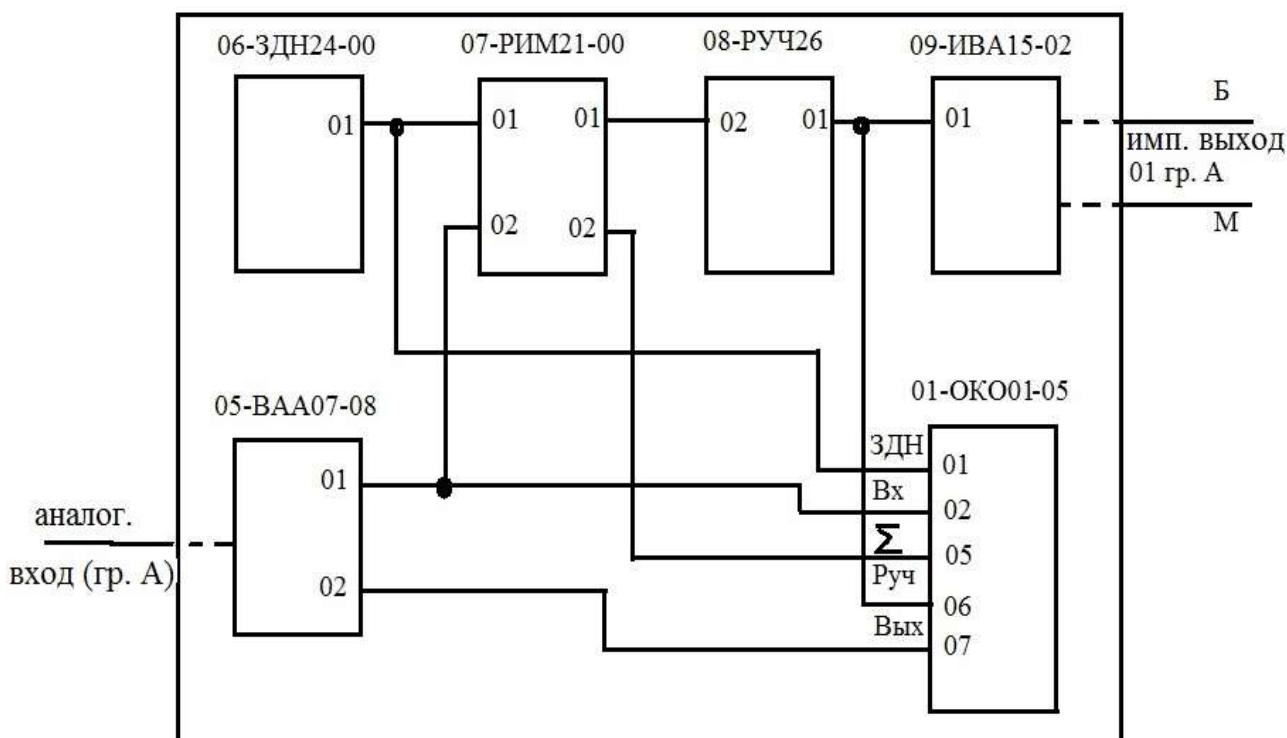


Рис. 4.10. Стандартная конфигурация 02 – РЕГИ

РЕГИ помимо функции регулирования обеспечивает также функции оперативного управления в первом контуре, а именно ручное изменение сигнала задания, переход на ручной режим и ручное изменение выхода, контроль входного сигнала (регулируемого параметра) и сигнала рассогласования, а также контроль сигнала задания и выходного сигнала.

Алгоритмы РЕГИ имеют параметры настройки, представленные в табл.4.5. После введения РЕГИ в алгоблоке 09 на входе 03 параметр настройки "номер контура  $N_k$ " должен быть установлен на значение  $N_k = 1$ .

Таблица 4.5

Параметры настройки РЕГИ			
Алгоритм	Номер входа	Наименование	Значение
РИМ	03	Масштабный коэффициент $K_m$	1,0
	06	Коэффициент пропорциональности $K_p$	1,0
	07	Постоянная времени интегрирования $T_i$ , с	15
	09	Время хода исполнительного механизма $T_m$ , с	100,0
ОКО	04	Технические единицы, соответствующие 100%	100
ИВА	02	Минимальная длительность импульса $T_{имп}$ , с	0,12
	03	Номер контура (устанавливается оператором)	1

Остальные параметры настройки равны 0.

После ввода РЕГИ конфигурацию можно видоизменять или дополнять другими алгоритмами, изменять параметры настройки в соответствии со стандартными правилами программирования.

Примечание. Для модификации 15 ремиконта Р - 130 необходимо перепрограммировать алгоблок 09, заменив алгоритм ИВА (15) на ИВБ (16), так как выдача выходного сигнала должна осуществляться на выход 01, гр. Б.

## 5. Отчет о работе

Отчет о работе должен включать:

- технологическую программу в виде блок-схемы и таблицы;
- функциональные схемы алгоритмов (по заданию преподавателя);
- схемы связи алгоритмов стандартных конфигураций.

## 6. Контрольные вопросы

6.1. Какие функции позволяет выполнять алгоритм ОКО?

6.2. Что определяет модификатор алгоритма ОКО?

6.3. Что задают настроечные параметры  $W_0$  и  $W_{100}$  алгоритма ОКО?

6.4. Что определяет модификатор алгоритма ВАА?

6.5. Каково назначение настроечных параметров  $X_{см}$  и  $K_m$  алгоритма

АВА?

- 6.6. Чем отличаются алгоритмы АВА и ИВА; ИВА и ИВБ?
- 6.7. Что определяет N на входе 03 алгоритма ИВА?
- 6.8. Какие виды задания могут быть выбраны в алгоритме ЗДН?
- 6.9. Для чего используются алгоритмы РАН и РИМ?
- 6.10. Объясните назначение входов и выходов алгоритма РАН.
- 6.11. Объясните назначение входов и выходов алгоритма РИМ.
- 6.12. Какие функции позволяет выполнять стандартная конфигурация РЕГА?
- 6.13. Из таких алгоритмов состоит РЕГА?
- 6.14. Какие функции позволяет выполнять стандартная конфигурация РЕГИ?
- 6.15. Из таких алгоритмов состоит РЕГИ?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ПРОГРАММИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ FESTO В РЕДАКТОРЕ ЛЕСТНИЧНЫХ ДИАГРАММ

1. Цель работы: программирование и анализ функционирования системы автоматического управления ленточным конвейером с использованием контролера FEC-20-DC.

2. Задание по лабораторной работе: изучить принципы программирования и проанализировать работу ленточного конвейера в различных режимах с визуализацией работы программы контроллера FEC-20-DC.

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы.

3.1. Изучить особенности программирования контроллера FEC-20-DC и реализации на его базе системы управления ленточным конвейером (п. 4.1 «Сведений о программировании контроллера FEC-20-DC и реализации на его базе системы управления ленточным конвейером»).

3.2. Проанализировать работу ленточного конвейера в ручном режиме (п. 4.2).

3.3. Проанализировать работу ленточного конвейера в автоматическом режиме (п. 4.3).

3.4. Рассмотреть визуализация работы программы контроллера FEC-20-DC при управлении ленточным конвейером в режиме Online (п. 4.4).

4. Сведения о программировании контроллера FEC-20-DC и реализации на его базе системы управления ленточным конвейером.

4.1. Описание редактора лестничных (релейных) диаграмм (ladder diagram) программы FESTO 4.10.

Графически LD-программа (LDP) представлена в виде двух вертикальных шин питания. Между ними расположены цепи, образованные соединением контактов. Нагрузкой каждой цепи служат обмотки (реле). Каждое реле имеет контакты, которые можно использовать в других цепях. Контакты, соединенные последовательно, образуют логическое «И», параллельно - логическое «ИЛИ», инверсия - «НЕ». Цепь контактов представляет собой логическое выражение, подчиненное законам булевой алгебры. Аргументами в логическом выражении являются логические переменные.

В LDP каждому контакту ставится в соответствие логическая переменная, определяющая его состояние. Если контакт замкнут, то переменная имеет значение «ИСТИНА». Если разомкнут - «ЛОЖЬ». Имя переменной пишется над контактом и фактически служит его названием.

Цепь может быть замкнутой (ON) либо разомкнутой (OFF). Это отражается на обмотке реле и соответственно на логической переменной (ИСТИНА/ЛОЖЬ).

В фрагменте программы, представленной на рис. 5.1, I0.0, I0.1, O0.0 - логические переменные, соответствующие входам и выходам контроллера FEC-20-DC.

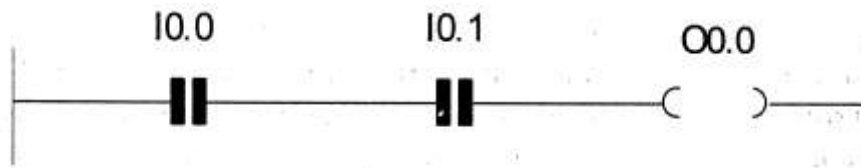


Рис. 5.1. Обозначения входных и выходных логических переменных

В LDP RS-триггер реализуется с помощью двух специальных обмоток SET и RESET. Обмотка типа SET обозначается «S» внутри скобок (S), обмотка типа RESET - «R». Если соответствующая обмотке (S) переменная принимает значение «ИСТИНА», то сохраняет его бесконечно. Вернуть данную переменную в «ЛОЖЬ» можно только присвоив значение «R» обмотке с данной переменной в другой логической цепочке. Обмотки R и S обеспечивают фиксацию условий управления, что необходимо при реализации автоматов с памятью.

В программе, представленной на рис. 5.2, переменная O0.0 принимает значение «ИСТИНА», что соответствует логической «1» на выходе контроллера, в случае когда на входе контроллера I0.0 возникает сигнал соответствующий логической «1» и I0.0 принимает значение «ИСТИНА». Когда на входе контроллера I0.1 возникает сигнал, соответствующий логической «1» и I0.1, принимает значение «ИСТИНА», переменная O0.0 принимает значение «ЛОЖЬ», что соответствует логическому «0» на выходе контроллера.

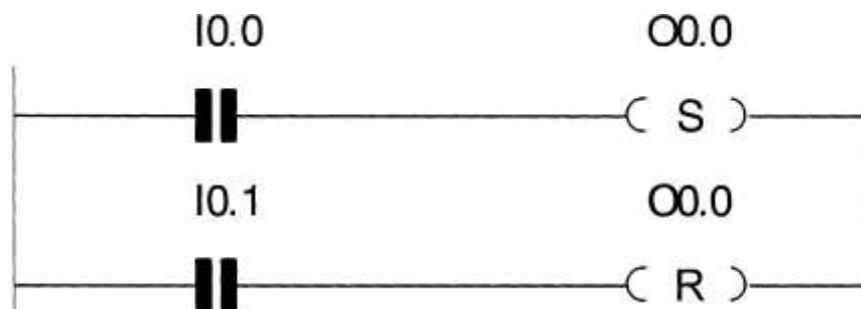


Рис 5.2. Фрагмент программы в редакторе LDP

Расширение функций в редакторе LDP происходит за счет применения функциональных блоков. В LDP реализуются функциональные блоки следующих таймеров:

- импульсные;
- с задержкой выключения TOF;
- с задержкой включения TON.

Импульсный таймер запускается по фронту импульса на входе функционального блока. Значение логической переменной таймера  $T_{nn}$  становится равным «ИСТИНЕ», одновременно загружается предустановленное значение таймера  $TW_{nn}$  и начинается отсчет прошедшего времени. В случае если прошедшее время равно предустановленному, значение логической переменной  $T_{nn}$  принимает значение «ЛОЖЬ».

На временной диаграмме (рис. 5.3) показано функционирование импульсного таймера при подаче сигнала логической «1» на вход  $I_{0.0}$  контроллера.

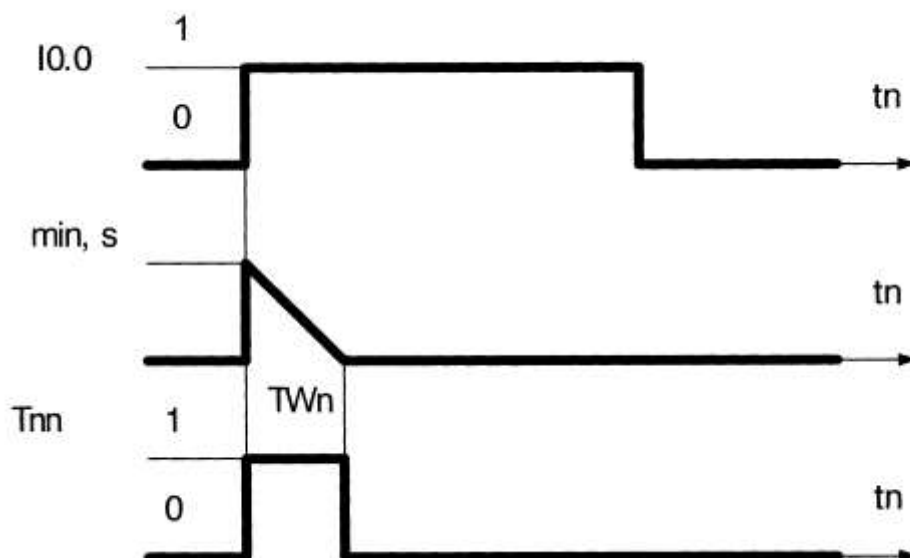


Рис. 5.3. Временная диаграмма импульсного таймера

Таймер с задержкой выключения  $TOF$ . При поступлении на вход функционального блока  $TOF_{nn}$  логического сигнала «ИСТИНА» значение логической переменной таймера  $TOF_{nn}$  становится равным «ИСТИНЕ». Запуск функционального блока таймера  $TOF_{nn}$  происходит при сбросе сигнала «ИСТИНА» на входе функционального блока. В момент запуска загружается предустановленное значение и начинается отсчет времени таймера. Отсчет продолжается до предустановленного значения. В момент, когда прошедшее время становится равным предустановленному, значение логической переменной  $TOF_{nn}$  становится равным «ЛОЖЬ».

На представленной временной диаграмме (рис. 5.4) показано функционирование таймера с задержкой выключения  $TOF_{nn}$  в случае подачи сигнала логической «1» на вход  $I_{0.0}$  контроллера.

Таймер с задержкой включения  $TON$ . По фронту импульса на входе функционального блока  $TON_{nn}$  происходит обнуление предустановленной величины  $TW_{nn}$  и начинается новый отсчет времени. Значение логической переменной  $TON_{nn}$  станет равным «ИСТИНЕ» через заданное время  $TW_{nn}$ , если на входе функционального блока будет продолжать оставаться значение «ИСТИ-

НА». Спад входа до значения «ЛОЖЬ» раньше предустановленного времени  $TW_{nn}$  останавливает счет и сбрасывает значение  $TON_{nn}$  до значения «ЛОЖЬ».

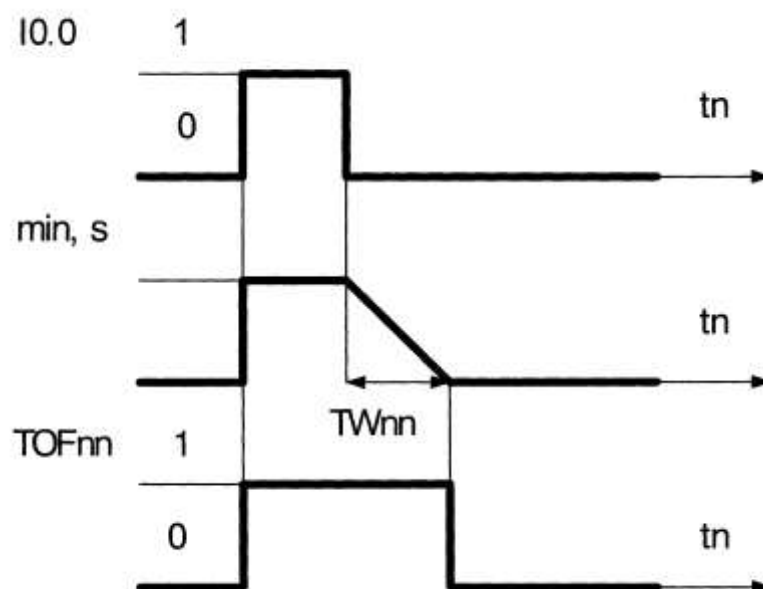


Рис. 5.4. Временная диаграмма таймера с задержкой выключения  $TOF_{nn}$

На представленной временной диаграмме (рис. 5.5) показано функционирование таймера с задержкой включения  $TON_{nn}$  в случае подачи сигнала логической «1» на вход I0.0 контроллера.

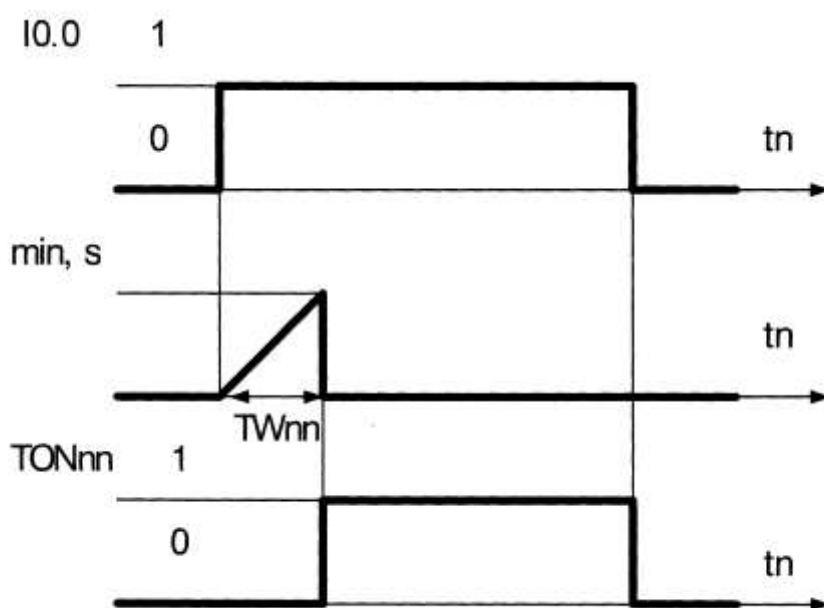


Рис. 5.5. Временная диаграмма таймера с задержкой включения  $TON_{nn}$

В режиме Online обмотки реле, контакты и проводники находятся в режиме On (под током), окрашены другим цветом (цвета по умолчанию). Таким образом, наблюдается исполнение программы контроллера и вносятся необходимые коррективы.

#### 4.2. Исследование работы ленточного конвейера в ручном режиме.

В ручном режиме возможно включение каждого исполнительного элемента вне зависимости от состояния объекта управления - ленточного конвейера, за исключением режима аварийной остановки, при котором отключаются все исполнительные элементы. Аварийная остановка включается кнопкой NOT-AUS (EMERGENCY STOP) с фиксацией положения. Для возврата объекта управления в рабочий режим необходимо снять кнопку NOT-AUS с фиксации (загорится индикация «стоп»), нажать кнопку QUIT (индикация «стоп» на кнопке NOT-AUS гаснет), система управления готова к работе. Включение конвейера осуществляется нажатием кнопки START, включается конвейер, загорается индикация кнопки START. Выключение конвейера производится кнопкой RESET с включением индикации кнопки. Исходное положение пневмопривода, регулирующего поток перемещаемых предметов на ленточном конвейере, верхнее. В данном положении пневмопривода движение по ленточному конвейеру перемещаемых объектов в месте расположения исполнительного механизма прерывается, включена индикация положения цилиндра вверх 9B2 (рис. 5.6). Перемещение пневмопривода в нижнее положение приводит к отделению перемещаемого объекта от основного потока, срабатывает индикатор крайнего нижнего положения 9B1. Манипулируя исполнительными элементами в ручном режиме, получаем возможность сепарирования (разделения) потока перемещаемых объектов определенным образом.

#### 4.4. Исследование работы ленточного конвейера в автоматическом режиме.

В автоматическом режиме система управления ленточным конвейером предусматривает выполнение одиночного цикла операции разделения потока объектов, перемещаемых на ленточном конвейере. Рабочий цикл происходит следующим образом:

1) Переключатель выбора режима MAN-AUTO переводится в положение MAN;

2) Перемещаемый объект попадает в луч фотодатчика, включается конвейер (индикация START), пневмопривод перемещается в положение сепарирования (верхнее), индикация NOT O.K. гаснет;

3) Через время, необходимое для перемещения объекта до места расположения пневмопривода, включается пневмопривод и объект перемещается по ленточному конвейеру дальше и отделяется от основного потока, загорается индикация NOT O.K.;

4) Выключается ленточный конвейер при достижении объекта перемещения выходного фотодатчика 9B4.



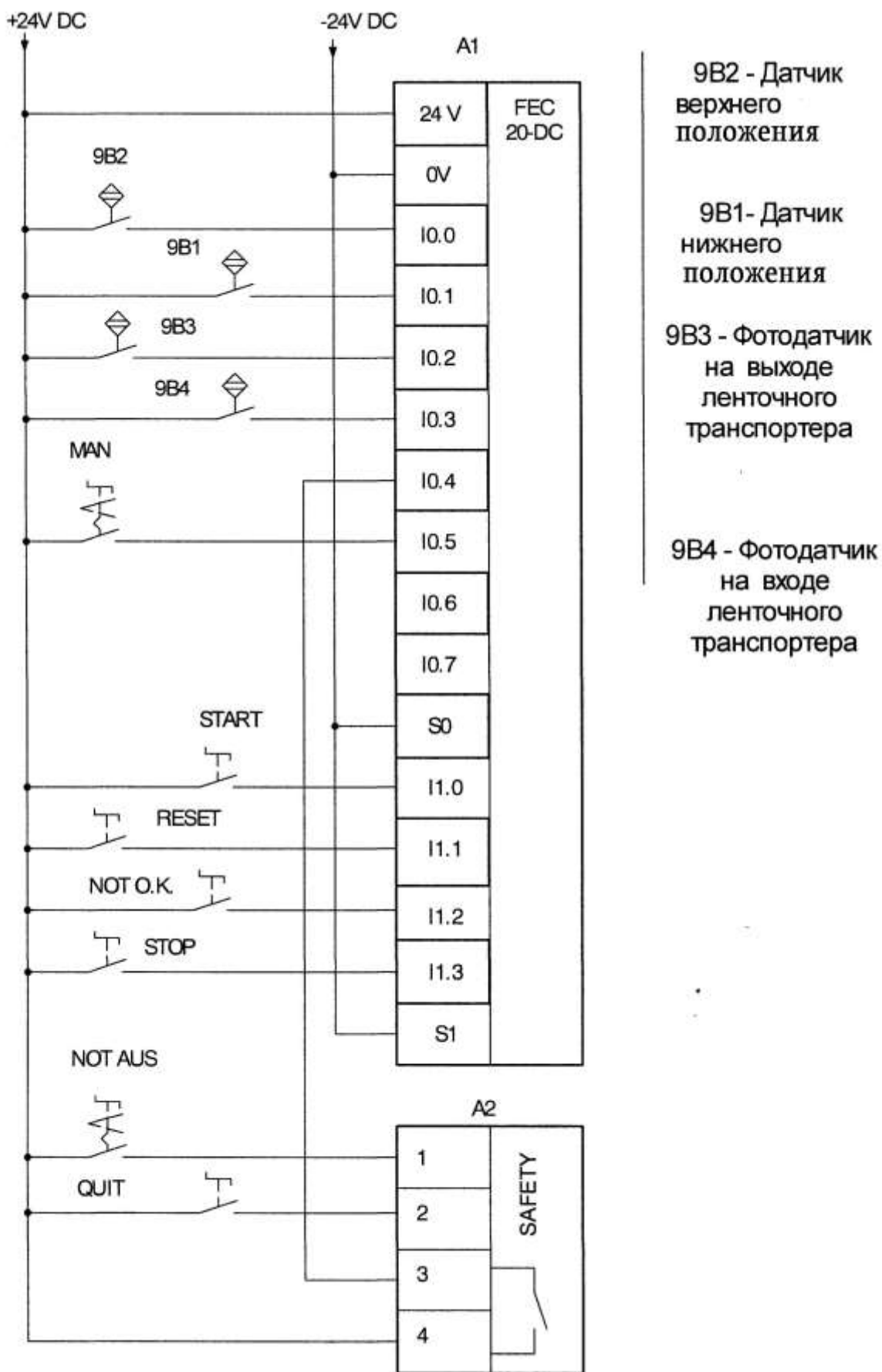


Рис. 5.6. Принципиальная электрическая схема соединения входных цепей контроллера FEC-20-DC

Рабочий цикл завершен, единичный объект отделен от основного потока и доставлен до конца ленточного конвейера.

4.4. Визуализация работы программы контроллера FEC-20-DC при управлении ленточным конвейером.

Визуализация работы программы контроллера FEC-20-DC производится в ручном режиме управления конвейером, при этом наблюдается изменение состояния выходных цепей контроллера при подаче определенных сигналов команд на вход контроллера. Для выполнения данной задачи необходимо:

1) Включить ручной режим управления ленточным конвейером, переместив переключатель MAN-AUTO в положение MAN. На вход I0.5 подается сигнал, что наблюдается на светодиодах индикации входа контроллера;

2) Произвести визуализацию исполняемой программы на дисплее компьютера. Визуализацию производят следующим образом:

а) открыть программный редактор FST 4.10;

б) открыть программу PR2;

в) проверить соединение компьютера с контроллером по интерфейсу:  
- заходим в раздел: Online – login;  
- вводим опцию «поиск соединения», при индикации «sucsesfull» переходим к опции Online;

г) программа изменит свой вид таким образом, что значение логических переменных программы станет индицироваться на дисплее компьютера;

3) Включаем кнопку START I1.0, в разделе 0001 программы наблюдаем индикацию включения- О 0.1, О 0.2 и выключения О 0.3. Включился конвейер и индикация кнопки STERT и выключилась индикация кнопки RESET. При нажатии кнопки RESET I1.1 (раздел 0002) наблюдаем выключение - О0.1, О0.2 и включение О0.3, загорается индикация RESET, ленточный конвейер выключается;

4) Нажатие кнопки STOP - вход контроллера I1.3 (раздел 0004) приводит к отключению катушки пневмораспределителя 9Y1 от питания 24 В, что перемещает пневмопривод в верхнее положение, выключаются О0.0 и О0.4. Исполнительный механизм становится в положение сепарирования. Кнопка NOT О.К. - вход контроллера I1.2 (раздел 0003) возвращает пневмопривод в нижнее положение, включается индикация NOT О.К., включается пневмораспределитель 9Y1.

## 5. Отчет о работе

Отчет о работе должен включать:

- основные теоретические сведения;
- принципиальную электрическую схему соединения входных цепей контроллера FEC-20-DC;
- программу управления ленточным конвейером;
- результаты анализа работы системы управления (по заданию преподавателя).

## 6. Контрольные вопросы

6.1. Назовите функциональные возможности и характеристики контроллера FEC-20-DC.

6.2. Какие таймеры реализованы в виде функциональных блоков в данном контроллере?

6.3. Назовите основные элементы LD – программы.

## Оглавление

Общие организационно – методические указания .....	3
Перечень рекомендуемой литературы .....	5
Лабораторная работа №1. Проверка работоспособности и наладка регулирующего устройства РП4-У .....	6
Лабораторная работа №2. Изучение регулирующего микроконтрол- лера Р-130 .....	18
Лабораторная работа №3. Технологическое программирование регулирующего микроконтроллера Р – 130 .....	28
Лабораторная работа №4. Использование стандартных конфигураций ремиконта Р - 130 для построения контуров регулирования.....	46
Лабораторная работа №5. Программирование контроллеров FESTO в редакторе лестничных диаграмм .....	60

*Учебное издание*

Владимир Иванович Устич

## АДАПТИВНЫЕ И ОПТИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Редактор Г. А. Смирнова

Подписано в печать 13.06. 2018 г. Формат 60x90 (1/16). Печ. л. 4,4  
Уч.-изд. л. 5,4. Заказ

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
"Калининградский государственный технический университет"  
236022, Калининград, Советский проспект, 1