

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель  
**И. А. Лобур**

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Методические указания к лабораторным работам  
для обучающихся очной формы обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления  
подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты:

Шаулева Н. М. – доцент кафедры электропривода и автоматизации

Семыкина И. Ю. – председатель учебно-методической комиссии  
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Лобур Ирина Анатольевна**

**Автоматизация производственных процессов:** методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс]: для обучающихся направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника очной формы обучения / сост.: И. А. Лобур; КузГТУ. – Кемерово, 2018. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Составлено в соответствии с программой дисциплины «Автоматизация производственных процессов» и предназначено для самостоятельной подготовки студентов к выполнению, оформлению отчётов и защите лабораторных работ по изучению систем автоматизации различных технологических объектов, выполненных на базе современных технических и программных средств автоматизации. Представлены по каждой лабораторной работе назначение, принципы построения, функционирования, настройки и испытания современных систем и устройств автоматизации технологических процессов и оборудования.

© КузГТУ, 2018

© И. А. Лобур,  
составление, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

1. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ</u> .....	5
2. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕС</u> .....	29
3. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.</u> <u>САР СООТНОШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА</u> <u>БАЗЕ РЕГУЛЯТОРА ТРМ 151-03</u> .....	63
4. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.</u> <u>АСУ ЗАДВИЖКОЙ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРО-</u> <u>ДА</u> .....	100
5. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.</u> <u>СИСТЕМА СБОРА И РЕГИСТАЦИИ ДАННЫХ НА БАЗЕ SCADA</u> <u>SIMPLight</u> .....	116
6. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6.</u> <u>САР ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОΠΑРОЧНОЙ КАМЕРЕ НА БАЗЕ</u> <u>КОНТРОЛЛЕРА ПЛК150</u> .....	155
7. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. АСУ ЛАБОРАТОРНЫМ</u> <u>КОМПЛЕКСОМ АПП НА БАЗЕ SCADA-СИСТЕМЫ</u> <u>DATARATE</u> .....	173
8. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8.</u> <u>РАБОТА В АСУ ЛАБОРАТОРНЫМ КОМПЛЕКСОМ АПП</u> .....	197
9. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9.</u> <u>КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КАРЬЕРНОГО</u> <u>БУРОВОГО СТАНКА</u> .....	224
10. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10.</u> <u>ИССЛЕДОВАНИЕ САУ БУРЕНИЕМ «РЕЖИМ-СВ» НА ПЕРСО-</u> <u>НАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ</u> .....	255
11. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11.</u> <u>КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫМ ВО-</u> <u>ДООТЛИВОМ</u> .....	263
12. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12.</u> <u>КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ</u> <u>ЛИНИЕЙ</u> .....	287
13. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13.</u> <u>АППАРАТУРА АУК-1М</u> .....	308
14. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14.</u> <u>МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОС-</u> <u>НЫМ АГРЕГАТОМ</u> .....	333
15. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15.</u>	

<u>МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОС-НЫМ АГРЕГАТОМ</u> .....	352
16. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16.</u> <u>СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ЗАВОДАХ ЖБИ И БЕТОН-НЫХ ЗАВОДАХ</u> .....	365
17. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17.</u> <u>УСТРОЙСТВА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМИ СТАНКАМИ</u> .....	381
18. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18.</u> <u>СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯ-ЦИИ</u> .....	400
19. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19.</u> <u>САУ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ</u> .....	449
20. <u>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20.</u> <u>АВТОМАТИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ</u> .....	463



# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить правила выполнения структурных и функциональных схем автоматизации.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА**

2.1. Определение и обозначения элементов структурных схем. Пример.

2.2. Определение функциональной схемы автоматизации (ФСА).

2.3. Графические обозначения технологических элементов на ФСА.

2.4. Графические обозначения средств автоматизации.

2.5. Буквенные и позиционные обозначения приборов и электроаппаратуры на ФСА.

## **3. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ**

Структурная схема – это чертеж, на котором прямоугольниками показаны функциональные элементы схемы, а стрелками – связи между ними. Такая схема дает представление о структуре системы управления, ее функциональных элементах и их взаимосвязях.

На структурной схеме в общем случае условно показывают:

- технологические подразделения объекта управления;
- технологический персонал, службы оперативного управления объектом и ремонта технических средств автоматизации;
- функции и технические средства их реализации (например, промышленный компьютер – обработка и отображение информации и т. п.);

- пункты управления с изображением в них соответствующих технических средств автоматизации и операторов;
- взаимосвязи между элементами схемы.

В качестве примера на рис. 1 показана структурная функциональная схема автоматического регулирования режима работы шаровой цементной мельницы.

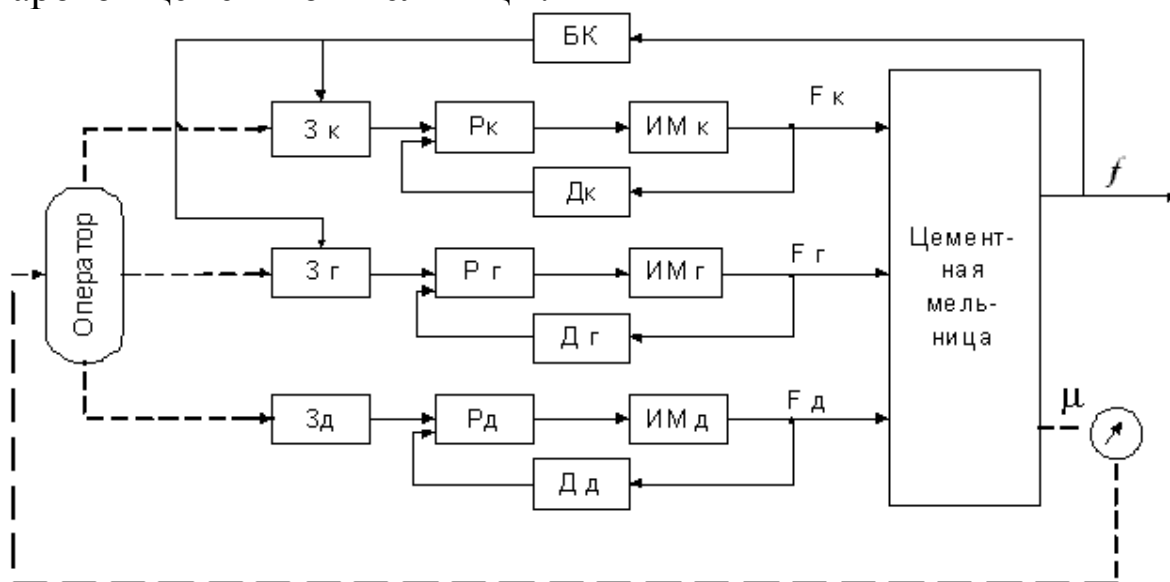


Рис. 1. Структурная функциональная схема САР процесса помола цементной мельницы

Система имеет три подобных канала регулирования расхода, соответственно клинкера  $F_k$ , гипса  $F_g$  и добавок  $F_d$ , которые обеспечивают требуемое их соотношение. Каждый канал регулирования содержит задатчик  $Z$ , регулятор  $P$ , исполнительный механизм  $ИМ$  и датчик  $Д$ . Блок коррекции  $БК$  изменяет задания в функции загрузки  $f$  мельницы. Оператор, используя информацию о качестве помола, корректирует уставки задатчиков.

#### 4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ (ФСА)

ФСА относится к основным техническим документам проекта автоматизации, определяющим структуру и технические средства системы автоматизации. ФСА – это чертеж, на котором изображены условными графическими обозначениями технологическое оборудование (ТО), технические средства автоматиза-

ции (ТСА) и взаимосвязи. Перечень ТСА в виде таблицы размещается на свободном поле чертежа.

#### **4.1. Изображение ТО, трубопроводов и арматуры**

##### **4.1.1. Технологические машины и аппараты (ТМА)**

На функциональных схемах ТМА изображают упрощенно графическими изображениями либо принятыми в технической части проекта объекта, либо заданными разработчиком системы в виде упрощенных внешних очертаний машины, аппарата и т. п.

Каждый элемент ТО должен иметь либо наименование, либо позиционное (цифровое или буквенно-цифровое) обозначение, записываемые рядом на выносной полке либо внутри элемента ТО. Пример изображения и позиционного обозначения ТО представлен на рис. 2.

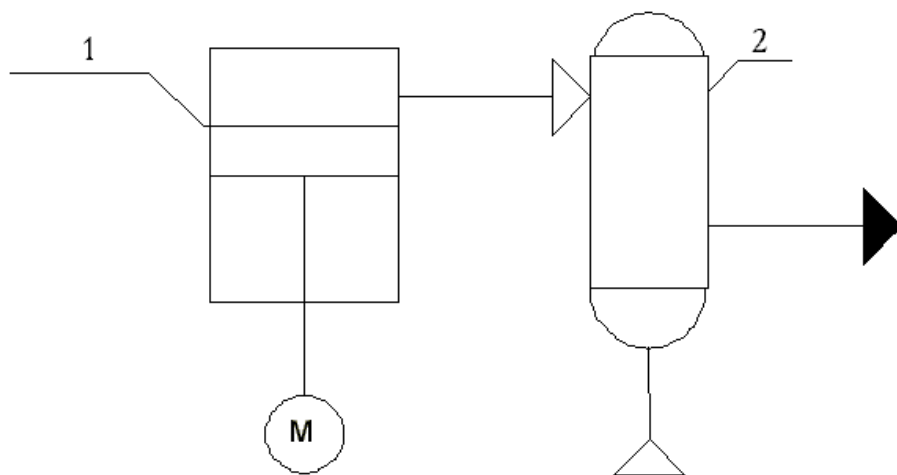


Рис. 2. Пример технологической схемы:

1 – компрессор; 2 – конденсатор

Буквенно-цифровые обозначения ТО состоят из заглавных букв русского алфавита (первые буквы наименования оборудования) и арабских цифр, определяющих порядковый номер технологического элемента среди ему подобных. Например, компрессорные агрегаты 1, 2 обозначаются: КА1, КА2.

При использовании цифровых позиционных обозначений (см. рис. 2) на свободном поле чертежа ФСА или технологиче-

ской схемы должен быть приведен перечень оборудования. Пример перечня ТО (см. рис. 2) приведен в табл. 1.

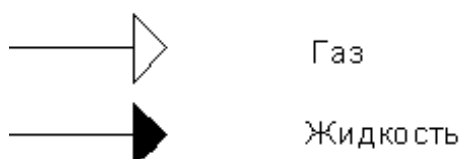
Таблица 1

Перечень технологического оборудования

Позиционное обозначение	Наименование, тип	Количество	Примечание
1	Компрессор К-200	1	
2	Конденсатор	1	

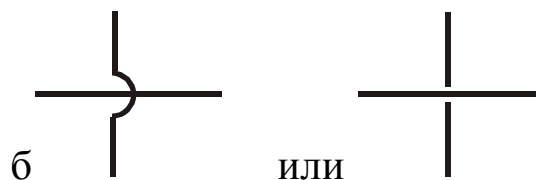
#### 4.1.2. Трубопроводы (ГОСТ 2.784-70)

На ФСА трубопроводы изображаются сплошными линиями толщиной 0,5–1,5 мм. Для облегчения чтения технологической схемы на обозначения трубопроводов проставляют стрелки в форме треугольников, указывающих вид вещества и направление его движения:



Соединения (а) и пересечения (б) трубопроводов изображают следующим образом:





Допускается изображать трубопроводы по ГОСТ 3.464-63 прерывистыми линиями с цифрами в разрывах линии, обозначающими вид вещества, проходящего через трубопровод, например:

Водопровод	— 1 —	1 —	Цвет зеленый
Воздуховод	— 3 —	3 —	Цвет голубой

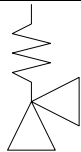
#### 4.1.3. Трубопроводная арматура (ГОСТ 2.785-70)

На ФСА показывают только ту арматуру (вентили, задвижки, клапаны и др.), которая участвует в управлении. Условные графические изображения трубопроводной арматуры приведены в табл. 2.

Таблица 2

Условные графические обозначения трубопроводной арматуры

Наименование	Обозначение*
Вентиль запорный: проходной	
угловой	
Вентиль трехходовый	
Клапан обратный** проходной	
угловой	

Наименование	Обозначение*
Клапан предохранительный: проходной	
угловой	
Клапан редукционный***	
Задвижка	
Затвор поворотный (Заслонка)	
Кран: проходной	
угловой	

\* Размеры изображений ГОСТ 2.785-70 не устанавливает.

\*\* Транспортируемая среда движется от белого треугольника к черному.

\*\*\* Вершина треугольника должна быть направлена в сторону повышенного давления.

## 4.2. Условные графические обозначения средств автоматизации и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85)

Условные графические обозначения средств автоматизации приведены в табл. 3. Электроаппаратура, используемая в ФСА, изображается в соответствии со стандартами или правилами для электрических элементов (табл. 4).

Отборные устройства не имеют специального обозначения. Для постоянно подключенных приборов их показывают тонкими линиями, соединяющими аппараты или трубопроводы с приборами (рис. 3). Для точного указания места отбора или точки измерения в конце тонкой линии изображают окружность диаметром 2 мм.

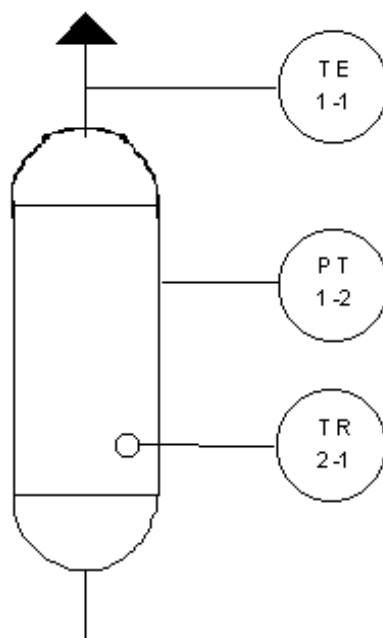
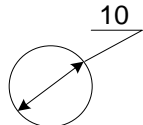
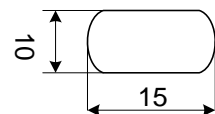
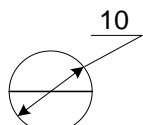
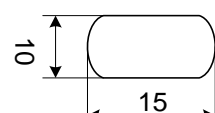
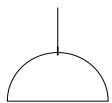


Рис. 3. Изображение отборных устройств  
для постоянно подключенных приборов

Таблица 3  
Условные графические обозначения средств автоматизации

Наименование	Условное обозначение
Первичный измерительный преобразователь (датчик) или прибор, устанавливаемый по месту (на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне, металлоконструкции)*, например пускатель	<p>Базовое </p> <p>Допускаемое </p>
Прибор, устанавливаемый на щите, пульте* (реле, ключ управления и др.)	<p>Базовое </p> <p>Допускаемое </p>
Отборное устройство без постоянного подключения прибора (для эпизодического подключения прибора во время наладки, снятия характеристики и т. п.)	

Продолжение табл. 3

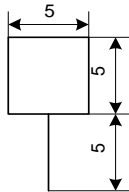
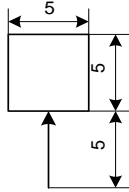
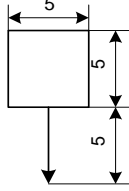
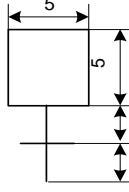
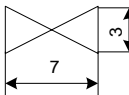
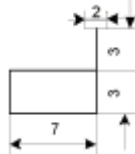
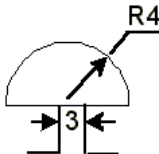
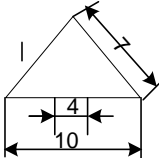
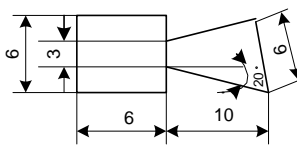
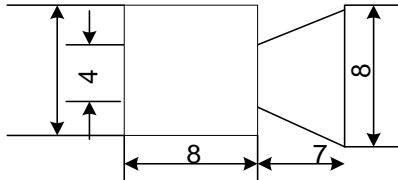
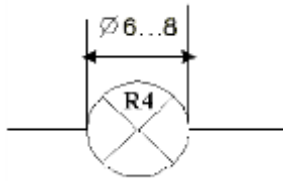
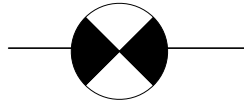
Наименование	Условное обозначение
Исполнительный механизм. Общее обозначение. Положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму не регламентируется	
Исполнительный механизм, открывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	
Исполнительный механизм, закрывающий регулирующий орган при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	
Исполнительный механизм, оставляющий регулирующий орган в неизменном положении при прекращении подачи энергии к исполнительному механизму	
Регулирующий орган (вентиль, задвижка, заслонка, клапан)	



Таблица 4

Условные графические обозначения электроаппаратуры,  
используемой в функциональных схемах автоматизации

Наименование	Условное обозначение
Выключатель путевой	
Звонок электрический	
Сирена электрическая	
Гудок	
Ревун	
Лампа накаливания (осветительная и сигнальная)	
Для сигнальных ламп допускается следующее изображение	

Комплектные устройства (щиты, пульта, компьютеры, микропроцессорные программируемые контроллеры и др.) обозначают прямоугольниками произвольных размеров с указанием внутри прямоугольника наименования (типа) устройства. В прямоугольнике управляющего компьютера, контроллера кроме их типа указывают функции, выполняемые ими (управление, защита, регулирование, сигнализация и др.). На рис. 4 и 5 показаны примеры обозначения пульта управления и микропроцессорного контроллера, соответственно:

Пульт оператора	
--------------------	--

Рис. 4. Обозначение пульта (щита) управления

Контроллер Р-130	Управление	
	Сигнализация	
	Регулирование	

Рис. 5. Обозначение регулирующего микропроцессорного контроллера Р-130

#### **4.3. Условные буквенные и позиционные обозначения приборов и электроаппаратуры (ГОСТ 21.404-85)**

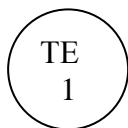
Условное обозначение прибора состоит из двух частей.

Первая часть – буквенное обозначение. Выполняется прописными буквами латинского алфавита, записывается в верхней части окружности, обозначающей прибор, и представляет собой код измеряемой величины и функций, выполняемых прибором;

Вторая часть – позиционное обозначение, записывается в нижней части окружности, обозначающей прибор:

Позиционное обозначение может быть буквенно-цифровое (1а, 1б ...) или цифровое (1–1, 1–2...). При этом первая цифра означает порядковый номер одного комплекта (функциональной группы, узла) приборов (первичный, промежуточный (передающий) измерительные преобразователи, измерительный прибор, регулирующий прибор, исполнительный механизм, регулирующий орган) и повторяется у всех приборов и устройств данного комплекта. Второй символ (цифра или буква) в позиционном обозначении обозначает порядковый номер (индекс) элемента в данном комплекте. Нумерация начинается от чувствительного

элемента (первичного преобразователя). Если отдельный прибор не входит в комплект (например, стеклянный термометр), то он может иметь позиционное обозначение, состоящее только из цифры, например



В качестве примера условных буквенных и позиционных обозначений приборов на рис. 6 изображен комплект приборов для измерения и регистрации расхода жидкости, включающий в себя первичный преобразователь (1а), промежуточный преобразователь (1б) и показывающий и измерительный прибор (1с).

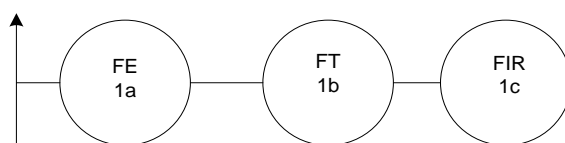


Рис. 6. Пример изображения на ФСА канала контроля расхода жидкости

Согласно ГОСТ 21.404-85 структура буквенного обозначения прибора имеет вид, представленный на рис. 7.

В общем случае буквенный код прибора имеет 7 позиций.

Измеряемая величина	Уточнение измеряемой величины либо дополнительный функциональный признак прибора	Функции прибора				
		I Показание	R Регистрация	C Автоматическое регулирование	S Включение, отключение, переключение	A Сигнализация
1	2	3	4	5	6	7

Рис. 7. Структура кода буквенного обозначения прибора

На ФСА в условное обозначение прибора вводят только те буквы, которые соответствуют функциям, выполняемым прибором. При этом буквы кода располагаются в порядке их появления при чтении рис. 7 слева направо.

В качестве примера формирования буквенного кода в обозначении на рис. 8 показан прибор 3 группы 5, осуществляющий измерение перепада (D) давления (P), показание (I), регистрацию (R) и авторегулирование (C) перепада давления:

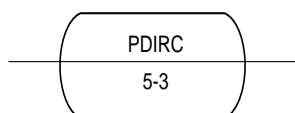


Рис. 8. Пример условного буквенного и позиционного обозначения прибора

Информационные функции приборов – показание, регистрация и сигнализация обозначают буквами соответственно I, R, A.

Сигнализация предельных значений измеряемой величины конкретизируется добавлением в обозначении прибора букв Н (верхнее значение) и L (нижнее значение). Пример использования букв Н и L приведен на рис. 9, где показано реле уровня, формирующее сигналы включения и отключения, например, сигнальных ламп на пульте оператора

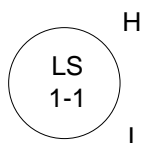
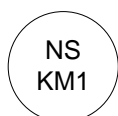


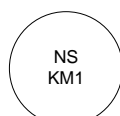
Рис. 9. Реле контроля верхнего и нижнего уровня

Управляющие функции приборов – автоматическое регулирование и дискретное управление обозначают буквами, соответственно С и S.

Электрическим приборам и аппаратам на ФСА можно присваивать позиционные обозначения, принятые для них на принципиальных электрических схемах. Например:



Пускатель  
по месту



Ключ управления  
на пульте

Буквенные обозначения измеряемых величин и их уточнений представлены соответственно в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

Буквенные обозначения измеряемых величин

Измеряемый параметр	Обозначение
1	2
Плотность	D
Любая электрическая величина Для конкретизации измеряемой электрической величины справа от условного графического изображения прибора необходимо дать ее наименование, например напряжение, сила тока	E
Расход	F
Размер, положение, перемещение	G
Время	K
Уровень	L
Влажность	M
Давление, вакуум	P
Состав, концентрация и т. п. Для конкретизации измеряемой величины справа от условного графического изображения прибора необходимо дать ее наименование или символ, например pH, O <sub>2</sub>	Q
Радиоактивность В случае необходимости около условного графического изображения прибора допустимо указать вид радиоактивности	R
Скорость, частота	S
Температура	T
Несколько разнородных измеряемых величин. Подробная расшифровка измеряемых величин должна быть дана около прибора или на свободном поле схемы	U
Вязкость	V
Масса	W

Таблица 6

Буквенные обозначения уточнений измеряемых величин

Уточняющее значение	Обозначение
Разность, перепад	D(d)
Соотношение, доля, дробь	F(f)
Автоматическое переключение, обегание	J
Интегрирование, суммирование по времени	Q(q)

Измеряемые величины обозначают прописными буквами латинского алфавита согласно табл. 5. Резервные буквы ABCIJNOXYZ используют для обозначения измеряемых параметров, не указанных в табл. 5. При этом на свободном поле ФСА расшифровывают резервные буквы.

Для обозначения ручного воздействия используют букву H, например HS – ключ управления, H – задатчик регулируемой величины, ручной привод и т. п.

Буквой S обозначают контактное устройство прибора, обеспечивающее дискретное управление путем выполнения коммутационных операций – включение, отключение, переключение, например NS – пускатель.

Для обозначения уточняющих значений букв D (плотность), F (расход), Q (состав, концентрация и т. п.) допускается применение строчных букв соответственно d, f, q. Букву, служащую для уточнения измеряемой величины, ставят после буквы, обозначающей измеряемую величину, например Dd – разность плотностей.

Для уточнения измеряемой величины, в случае отсутствия необходимого символа в табл. 6, используют надписи, располагаемые вверху справа от графического обозначения прибора. Например, прибор, измеряющий электрическое напряжение по месту:



В табл. 6 символ J используют для многоточечного контроля одного и того же параметра (например, температуры TJ) одним прибором (обегающий контроль), символ Q или q – для измерения интегральных величин, например, часовой или суточной производительности технологической машины, количества вещества, транспортированного за определенный отрезок времени (FQ) и т. д.

В табл. 7 приведены буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, которые описывают такие их функции, как первичное преобразование (E), способность передачи выходного сигнала на расстояние (T), возмож-

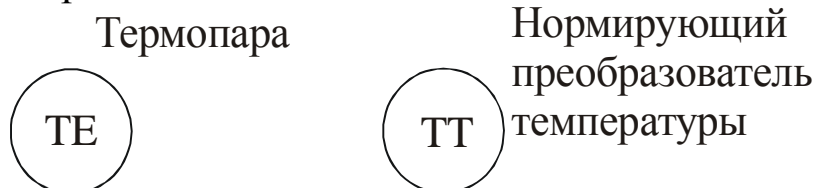
ность оперативного управления (К), выполнение преобразованных и (или) вычислительных операций (У).

Таблица 7

Буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов

Функциональный признак	Обозначение
Первичное преобразование (обозначение чувствительных элементов: термоэлектрического преобразователя, термопреобразователя сопротивления, сужающих устройств расходомеров и т. п.)	Е
Промежуточное преобразование (обозначение дистанционной передачи)	Т
Управление (обозначение станции управления)	К
Преобразование, вычислительная функция (операция)	У

Например:



В табл. 8 приведены символьные обозначения видов сигналов, математических и логических операций с сигналами, передачи сигналов.

Таблица 8

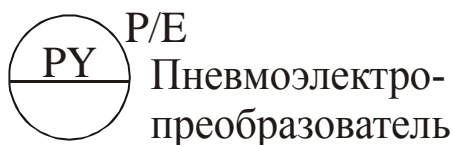
## Обозначения сигналов и операций

Наименование	Обозначение
Электрический сигнал	E
Пневматический сигнал	P
Гидравлический сигнал	G
Аналоговый сигнал	A
Дискретный сигнал	D
Суммирование	$\Sigma$
Умножение на постоянный коэффициент K	K
Перемножение сигналов	x
Деление сигналов	:
Возведение величины сигнала f в степень n	$f^n$
Извлечение корня степени n	$\sqrt[n]{\phantom{x}}$
Логарифмирование	lg
Дифференцирование	dx/dt
Интегрирование	$\int$
Изменение знака сигнала	X(-1)
Ограничение верхнего значения сигнала	Max
Ограничение нижнего значения сигнала	Min
Передача сигнала на ЭВМ	Bi
Вывод информации с ЭВМ	Bo

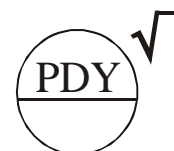
Надписи, расшифровывающие преобразование сигналов или операции с сигналами, наносят сверху справа от графического обозначения преобразователя или вычислителя.



Например:

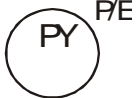





Блок извлечения  
корня квадратного  
от перепада давления



Ниже представлены примеры условных обозначений приборов и средств автоматизации, обеспечивающих измерение, преобразование сигналов, формирование задания, дискретное управление, регулирование и усиление сигналов по мощности:

	Задатчик, ключ управления, установленный на пульте (щите)
	Переключатель электрических цепей, например ключ выбора вида управления (ручное, автоматическое и др.), установленный на пульте
	Аппаратура для дистанционного управления, снабженная сигнализацией (подсветкой кнопок, позиций ключа и т. п.)
	Блок ручного управления исполнительным механизмом, установленный на пульте (щите)
	Реле давления, установленное по месту отбора сигнала
	Регулятор давления, установленный на щите
	Регулятор-сигнализатор уровня с контактным устройством управления, установленный по месту
	Программное устройство (прибор) для управления по временной программе, установленное на щите

	Преобразователь пневмосигнала в электрический сигнал, установленный по месту отбора
	Магнитный пускатель, контактор например, для управления электродвигателем, установленный рядом с последним
	Реле, установленное на щите (пульте)
	Силовой преобразователь (усилитель мощности) для непрерывного управления электродвигателем (УВ, ПЧ и т. п.)

#### 4.4. Способы выполнения ФСА и спецификация средств автоматизации

Применяют два способа выполнения ФСА: упрощенный и развернутый.

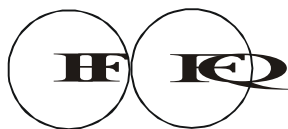
Упрощенный способ выполнения ФСА дает общее представление о функциональных группах (узлах). При его использовании на ФСА не показывают первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру (ключи, кнопки и т. п.). Приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции (контроль, регулирование, сигнализацию и т. п.), выполненные отдельными блоками, показывают одним условным графическим обозначением без указания места установки (на технологическом оборудовании, стойках, пультах, щитах). Элементы схемы обозначают цифрами по порядку слева направо, сверху вниз.

На рис. 10 представлен пример упрощенного изображения ФСА.



Упрощенный способ прост, но мало информативен. Его применяют на начальной стадии разработки системы автоматизации.

Развернутый способ выполнения ФСА дает полное представление о структуре системы, технических средствах автоматизации и их местоположении. При его использовании каждый прибор или блок, входящий в данный комплект (узел, группу) изображают отдельным графическим обозначением. Многофункциональные приборы изображают несколькими окружностями (по числу функций), расположенными слитно. Например, измерительный прибор, показывающий и интегрирующий расход, установленный по месту отбора сигнала (показывающий дифманометр с интегратором) изображается следующим образом:



Щиты, пульты, компьютеры и другие комплектные средства автоматизации показывают прямоугольниками, размещая их в нижней части чертежа (верхняя часть чертежа ФСА занимается изображением технологической схемы). Внутри прямоугольников размещают обозначения приборов и блоков, установленных на них.

Для первичных приборов, установленных у технологического оборудования, предусматривают отдельный прямоугольник «Приборы местные».

Прямоугольники располагаются сверху вниз в следующей последовательности:

- приборы местные;
- шкафы (щиты) приборов местного управления;
- щит измерительных (вторичных) приборов;
- щит (пульт) блоков преобразователей;
- щит (пульт) сигнализации или графопостроитель;
- управляющий компьютер (контролер) и т. д.

На рис. 11 представлен пример развернутого изображения ФСА.

Связи между приборами изображают вертикальными и горизонтальными линиями. Для сложных ФСА используют адресный метод изображения связей между приборами: соединительные линии разрывают и на их концах записывают адрес – одну и ту же арабскую цифру. На линиях связи первичных преобразователей с отборными устройствами (точками отбора) указывают предельные значения измеряемых величин.

На развернутых ФСА используют также при необходимости обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, сигналов и операций с сигналами.

В проектах автоматизации представляют ФСА, выполненные развернутым способом.

Перечень технических средств автоматизации представляется на ФСА в виде таблицы, размещаемой на свободном поле чертежа, либо в пояснительной записке проекта.

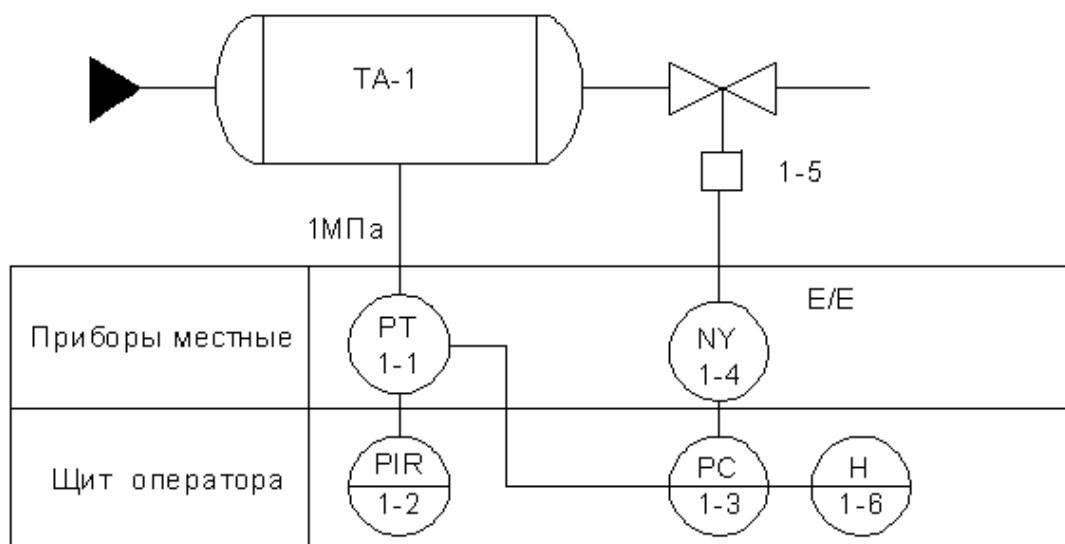


Рис. 11. Развернутая функциональная схема программной САР давления в аппарате ТА-1: 1-1 – измерительный преобразователь давления; 1-2 – вторичный показывающий и регистрирующий прибор; 1-3 – регулятор; 1-4 – усилитель; 1-5 – исполнительный механизм; 1-6 – программный задатчик давления

Выбор технических средств автоматизации осуществляемой в два этапа. На первом этапе на основе заданных требований к системе автоматизации, используя справочники, каталоги отечественных и зарубежных производителей, периодические журналы, составляется перечень всех отечественных и зарубежных технических средств автоматизации с краткой их технической характеристикой, которые можно использовать в данном проекте автоматизации. На втором этапе путем детального анализа стоимостных, метрологических и эксплуатационных характеристик отобранных на первом этапе средств автоматизации выбирают те технические средства, которые будут использованы в разрабатываемой системе автоматизации. Результаты выбора технических средств автоматизации представляются в виде табл. 9.

Таблица 9

Спецификация технических средств системы автоматизации

Обозначение узла на схеме	Функции, выполняемые узлом	Позиционное обозначение элемента	Наименование и тип элемента. Технические данные	Место установки элемента
<u>FIRS</u> 1	Измерение, регистрация и регулирование расхода жидкости А	1–1	Диафрагма стандартная ДБГ-200. Dy = 400, Py = 0,6 МПа	На трубопроводе
		1–2	Преобразователь измерительный Сапфир 22ДД. Предельный перепад давления 0,16 МПа, класс точности 1	По месту

Понятие «узел» в табл. 9 означает функциональную группу прибора и средств автоматизации – совокупность элементов, выполняющую определенные функции в системе, а понятие «элемент» – конструктивно обособленную часть узла (системы), выполняющую определенную функцию

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение структурных схем.
2. Обозначения элементов и линий связи на структурных схемах.
3. Назначение ФСА.
4. Условные графические обозначения средств автоматизации на ФСА.
5. Структура кода буквенного обозначения приборов на ФСА
6. Буквенные обозначения измеряемых величин.
7. Способы выполнения ФСА.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и функционирования цифровой системы автоматизации технологического объекта, выполненной на базе физической модели автомобильной мойки ф. Fishertechnik, программируемого контроллера ф. Siemens семейства SimaticS7-200 модели CPU 222, пакета программирования STEP7-Micro/WIN, персонального компьютера и кабеля USB/PPIMulti-Master, соединяющего контроллер с компьютером.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться со структурной схемой автоматизации автомобильной мойки, принципиальными схемами её электроприводов, с расположением датчиков и моторов на физической модели мойки, с конструкцией и техническими характеристиками контроллера CPU 222.

2.2. Изучить принципы программирования контроллеров S7-200 с помощью пакета STEP7-Micro/WIN, алгоритм и программу управления процессом мойки автомобиля, реализуемого контроллером.

2.3. Провести стендовые испытания системы автоматизации автомобильной мойки.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Структурная схема автоматизации автомойки, состав и назначение её элементов.

3.2. Принципиальная схема электропривода портала.

3.3. Контроллер CPU 222: внешний вид, состав элементов, технические характеристики контроллера.

3.4. Система программирования STEP7-Micro/WIN: назначение и функции системы, редакторы для создания программ LAD, FBD, STL.

3.5. Алгоритм и программа управления процессом мойки автомобиля.

3.6. Результаты стендовых испытаний системы автоматизации: ручное управление, траектория движения горизонтальной щетки в автоматическом режиме управления, уставки таймеров, таблица состояний переменных процесса мойки.

## **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОЙКИ АВТОМОБИЛЯ**

### **4.1. Структурная и технологическая схемы системы автоматизации**

Структурная схема системы автоматизации представлена на рис. 4.1.

На схеме приняты следующие обозначения:

- БРУ – блок ручного управления моторами Портала и Подъема горизонтальной щетки;
- ПК – персональный компьютер;
- CPU 222 – программируемый логический контроллер типа DC/DC/DC;
- БПК, БПМ, БПД – блоки питания контроллера, моторов и датчиков;
- SB5 – кнопка ПУСК процесса мойки;
- SB1 – SB4 – кнопки ручного управления моторами Портала и Подъема горизонтальной щетки;
- M1, M2 – моторы для перемещения Портала по оси Y и Подъема горизонтальной щетки по оси Z, соответственно, ВПЕРЕД/НАЗАД, ВВЕРХ/ВНИЗ;
- M3, M4, M5 – моторы вращения вертикальных щеток (ВЩ1, ВЩ2) и горизонтальной ГЩ;
- SA1, SA2 – тумблеры имитации неисправности (обрыва) цепей датчиков;



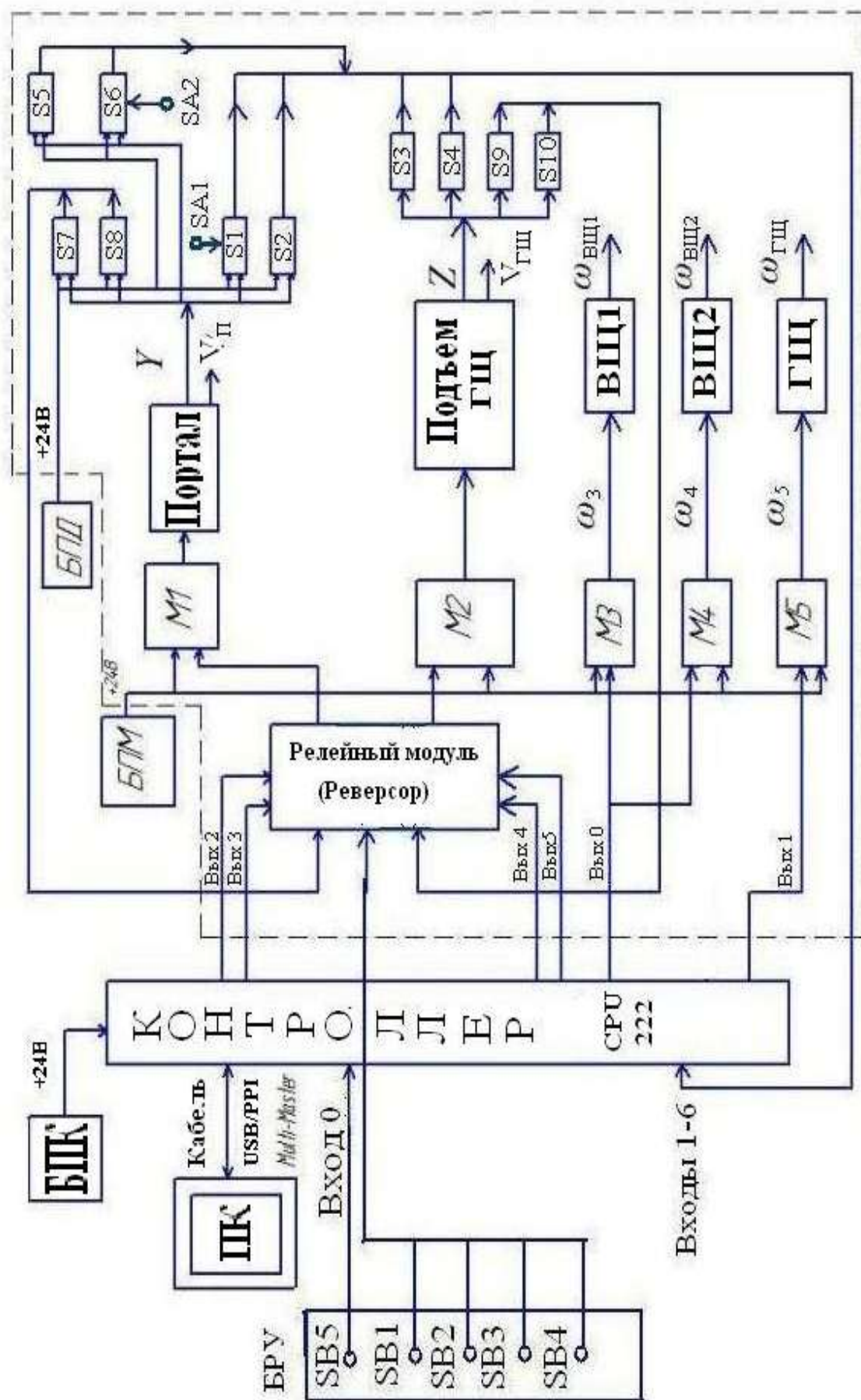


Рис. 4.1. Структурная схема автоматизации автомобильной мойки

- S7, S8, S9, S10 – концевые выключатели – электроконтактные датчики крайних положений Портала и Подъема ГЩ, обеспечивающие реверсирование их моторов;
- S1, S2, S3, S4 – электроконтактные датчики крайних положений механизмов мойки для управления контроллером движением Портала по оси Y и Подъемом ГЩ по оси Z;
- S5, S6 – оптические датчики для управления движением ГЩ в соответствии с профилем Авто;
- $V_{\text{П}}$ ,  $V_{\text{ГЩ}}$  – линейные скорости движения Портала и Подъема ГЩ;
- $\omega_{\text{ВЩ1}}$ ,  $\omega_{\text{ВЩ2}}$ ,  $\omega_{\text{ГЩ}}$  – угловые скорости вращения щеток;
- $\omega_3$ ,  $\omega_4$ ,  $\omega_5$  – угловые скорости вращения моторов щеток.

Система автоматизации включает в себя объект управления (физическую модель автомобильной мойки) и систему управления процессом мойки Авто, выполненную на базе микроконтроллера CPU 222 и персонального компьютера. Система управления включает в себя также: датчики положения S1 – S10 и электроприводы (моторы) M1 – M5 механизмов мойки, релейный модуль, определяющий направление движения Портала по оси Y и Подъема ГЩ по оси Z и кнопки SB1 – SB5 блока ручного управления механизмами Портала и Подъема ГЩ и подачи команды ПУСК процесса мойки.

Цикл управления процессом мойки реализуется контроллером и включает в себя последовательное выполнение следующих операций: по команде ПУСК включение вращения щеток ВЩ 1, 2 и ГЩ в исходном положении (крайнем правом Портала и крайнем нижнем Подъема ГЩ), включение движения Портала ВПЕРЕД (ВПРАВО), следящее перемещение ГЩ по профилю Авто, остановка Портала в крайнем левом положении, Подъем ГЩ в крайнее верхнее положение, включение движения Портала НАЗАД, отключение Портала в исходном положении, опускание ГЩ в крайнее нижнее положение, выключение вращения щеток.

Если команда ПУСК сохраняется, то автоматически через 5 секунд цикл процесса мойки Авто повторяется.

Компьютер выполняет функции программатора (с установленной на нем системой программирования STEP7 – Micro/WIN)

контроллеров S7-200 и визуального контроля работы программы управления процессом мойки.

Ручное управление механизмами Портала и Подъема ГЩ с помощью кнопок SB1 – SB4 блока БРУ позволяет установить указанные механизмы в исходное положение.

Технологическая часть физической модели мойки представлена на рис 4.2 видами в горизонтальной и фронтальной плоскостях.

Модель мойки представляет собой подвижный Портал с закрепленными блоками вертикальных и горизонтальных щеток, осуществляющих мойку автомобиля. Портал перемещается вдоль оси автомобиля ВПЕРЕД/НАЗАД. Перемещение горизонтальной щетки отслеживает горизонтальный профиль автомобиля.

В модели используется 5 электроприводов с моторами постоянного тока с напряжением 24 В, встроенные конечные выключатели с н. з. контактами (дискретные датчики положения механизмов мойки) и дискретные оптические датчики положения ГЩ, установленные на Портале, выходные фототранзисторы которых закрыты при нахождении датчиков вне зоны срабатывания.

#### **4.2. Принципиальные электрические схемы электроприводов Портала и Подъема ГЩ**

ПЭС электроприводов механизмов Портала и Подъема ГЩ приведены на рис. 4.2.

Схема электропривода портала (рис. 4.3, а) включает в себя мотор M1, реле управления K1 и K2, расположенные в релейном модуле и выполняющие функции реверсора, концевые выключатели S7 и S8, определяющие выбор направления движения Портала ВПЕРЕД/НАЗАД, транзисторные выходы контроллера VT2 и VT5 и кнопки ручного управления SB1(ВПЕРЕД) и SB2(НАЗАД).

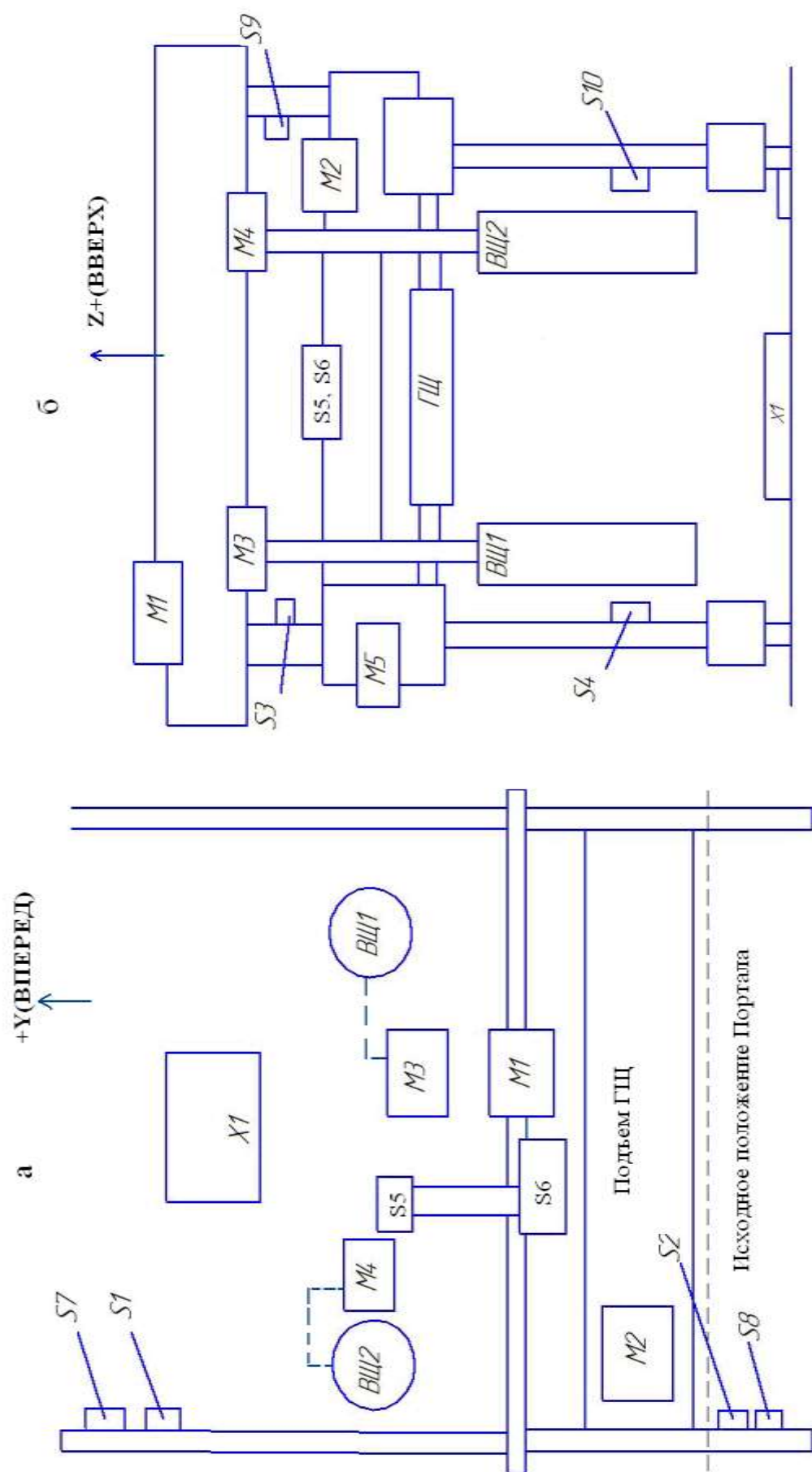


Рис. 4.2. Горизонтальный(а) и фронтальный(б) виды физической модели автомобильной мойки

Состояние датчиков выбора направления движения Портала показано в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Концевой выключатель	Положение Портала		
	1	2	3
S7			
S8			

В таблице сплошными линиями показаны замкнутые состояния контактов датчиков, цифрами 1, 2, 3 обозначены положения Портала, соответственно, крайнее правое, промежуточное, крайнее левое.

Кнопками SB1/SB2 формируются команды на движение Портала, соответственно, ВПЕРЕД/НАЗАД при ручном управлении.

Схема электропривода Подъема горизонтальной щетки (рис. 4.3, б) выполнена и работает аналогично схеме электропривода Портала. Контроллер включает мотор М2 на движение Подъема ВВЕРХ/ВНИЗ открыванием своих выходных транзисторов VT3/VT4, вызывающих срабатывание реле управления К3/К4 в релейном блоке модели мойки. Отключение мотора М2 осуществляется в крайних положениях Подъема срабатыванием датчиков S9/S10 (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Концевой выключатель	Положение Подъема ГЩ		
	1	2	3
S9			
S10			

В таблице цифрами 1, 2, 3 обозначены положения механизма Подъема ГЩ, соответственно, нижнее, промежуточное, верхнее.

Кнопками SB3/SB4 формируются команды ВВЕРХ/ВНИЗ на движение Подъема ГЩ при ручном управлении.

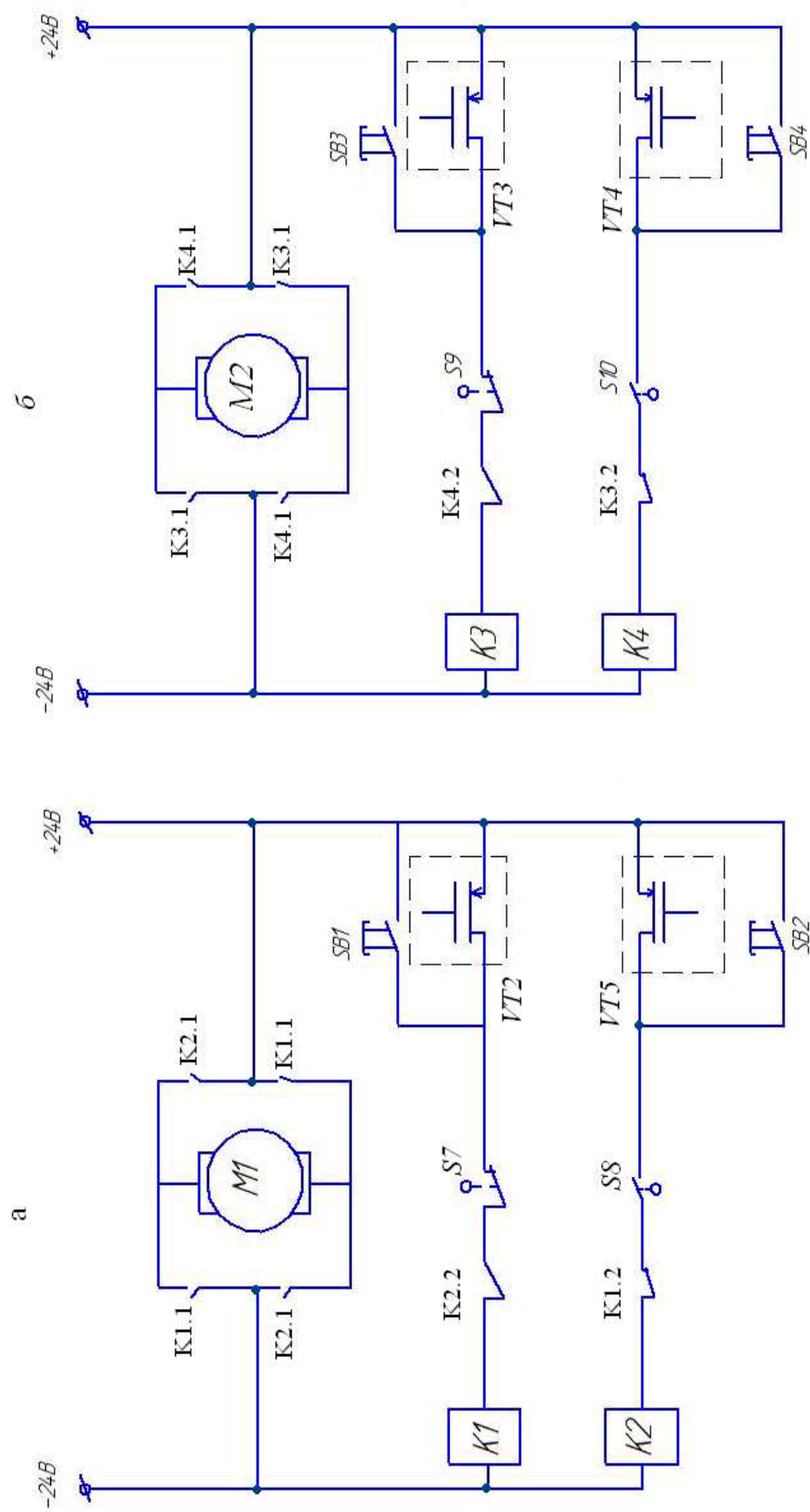


Рис. 4.3. Принципиальные электрические схемы электроприводов Портала (а) и Подъема ГЩ (б)

### **4.3. Программируемые микропроцессорные контроллеры SimaticS7-200**

Семейство микроконтроллеров SimaticS7-200, различающихся прежде всего типами центральных процессоров (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 224XP, CPU 226), предназначено для создания систем локального управления, работающих как автономно, так и в составе общей информационной сети. Имеют встроенный PPI интерфейс для соединения с программаторами и панелями оператора, коммуникационный интерфейс RS-485 для работы в сети и пакет программирования Step-7.

Серия S7-200 – это ряд микропрограммируемых логических контроллеров (микроконтроллеров), которые могут управлять разнообразными прикладными системами автоматизации.

Контроллеры S7-200 имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав:

- Модуль центрального процессора CPU. В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров, отличающихся производительностью, объёмом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов/выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов;
- Сигнальные модули SM, предназначенные для ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами;
- Коммуникационные процессоры CP для подключения к сетям PROFIBUS, Ethernet, AS-интерфейсу или организации связи по RTI – интерфейсу (от точки к точке);
- Функциональные модули FM, способные самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, обработки сигналов. Функциональные модули снабжены встроенным микропроцессором и способны выполнять возложенные на них функции даже в случае отказа центрального процессора;
- Модули блоков питания PS, обеспечивающие возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 220 В

или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110 В. Все модули работают с естественным охлаждением.

Учитывая количество электроприводов механизмов, оптических, и контактных датчиков модели автомойки, а также широкий перечень функциональных возможностей, наиболее компактную конструкцию, удобство монтажа, низкую стоимость и признанные во всём мире высочайшие качество и надёжность продукции SIEMENS, для нижнего уровня системы автоматизации стенда выбран программируемый микропроцессорный контроллер SimaticS7-200 с центральным процессором CPU 222 (8 дискретных входов/6 транзисторных выходов).

Внешний вид контроллера S7-200 представлен схемой на рис. 4.4.

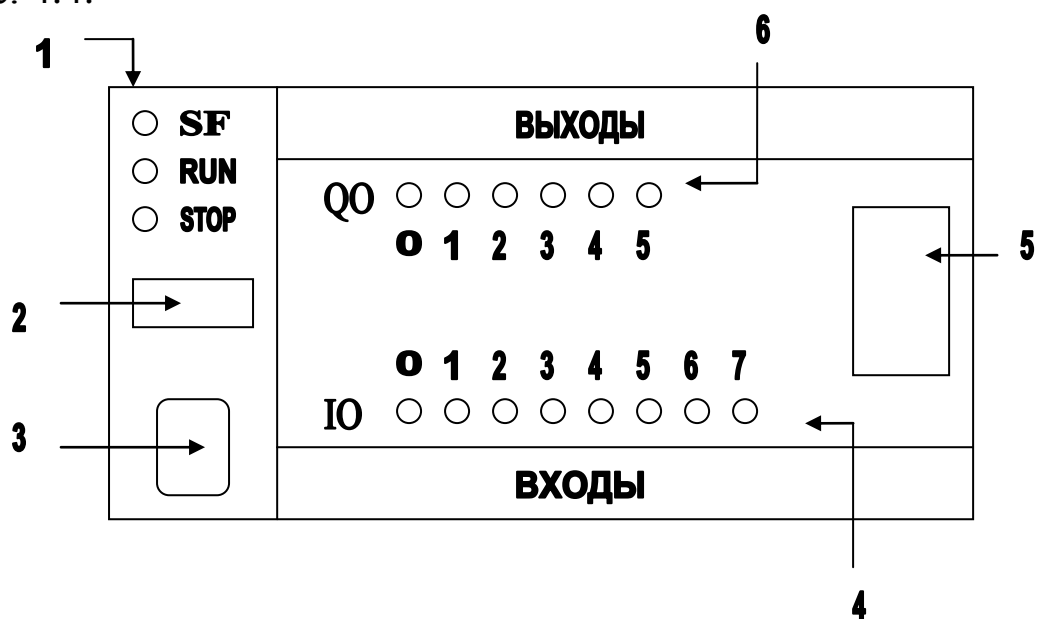


Рис. 4.4. Микро-ПЛК S7-200 (CPU 222)

На схеме приняты следующие обозначения:

1 – светодиоды состояния CPU: SF – системная ошибка, RUN – работа контроллера, STOP – останов выполнения программы;

2 – слот для установки одного необязательного сменного модуля: модуль памяти, часы реального времени или батарейка;

3 – коммуникационный порт (интерфейс);

4, 6 – светодиоды состояния, соответственно, входов I0 и выходов Q0 контроллера;



5 – дверца, под которой расположены переключатель режимов работы RUN/STOP, аналоговый потенциометр, интерфейс расширения входов/выходов.

В состав контроллера S7-200 модели CPU 222 DC/DC/DC (входы, выходы и питание 24 В постоянного тока) входят следующие модули:

- Центральный 32-разрядный процессор;
- Программная память: 4096 байт;
- Память данных: 2048 байт;
- Блок питания от источника постоянного напряжения 24 В;
- Дискретный ввод: 8-канальный с входными сигналами  $24 \pm 4$  В, 4 мА постоянного тока;
- Дискретный вывод: 6-канальный транзисторный с выходными сигналами  $24 \pm 4$  В, 0,75 А постоянного тока;
- Коммуникационный порт: RS-485.

#### **4.4. Программирование контроллера CPU 222**

##### **4.4.1. Система программирования STEP7-Micro/Win**

STEP7-Micro/Win – это пакет стандартного программного обеспечения, используемый для конфигурирования и программирования программируемых логических контроллеров SIMATIC.

Языки программирования SIMATIC и встроенные в STEP7-Micro/Win представления языков соответствуют требованиям стандарта IEC61131-3. Стандартный пакет работает в операционной системе Windows 2000 и WindowsXP, и соответствует графической и объектно-ориентированной философии работы Windows.

Стандартное программное обеспечение оказывает поддержку на всех стадиях процесса решения задачи автоматизации, таких как:

- Создание и управление проектами;
- Конфигурирование и назначение параметров аппаратуре и связям;
- Управление символами;

- Создание программ, например, для программируемых контроллеров S7;
- Загрузка программ в программируемые контроллеры;
- Тестирование системы автоматизации;
- Диагностика неисправностей установки.

Для открытия STEP7-Micro/Win дважды щелкните на символе STEP7-Micro/Win или выберите команду меню Start >SIMATIC > STEP7 Micro/Win/ 32 V4.0 [Пуск> SIMATIC >STEP7 Micro/Win 32 V4.0]. Окно проекта в STEP7-Micro/Win предоставляет удобную рабочую область для создания программы управления. На панелях инструментов имеются кнопки для часто используемых команд меню. Вы можете эти панели инструментов по отдельности показывать или скрывать.

Меню и основные команды системы STEP7-Micro/Win:

- Меню <Вид>: выбор редактора STL, Ladder или FBD, задание строки сегмента программы, комментариев и др.;
- Меню <Файл>: команды **Создать, Сохранить, Импортировать, Экспортировать, Заккрыть, Печать** и др.;
- Меню <PLC>: выбор режима RUN/STOP, **Компилировать, Стереть** и др.;
- Меню <Окна>: SimaticLAD, Диаграмма состояний, Блок данных, Таблица символов и др.;
- Меню <Правка>: команды **Вставить, Удалить, Найти, Заменить** и др.;
- Меню <Отладка>: **Первое сканировать, Разрешить состояние выполнения, Редактирование Программы в RUN, Установить выходы в режиме STOP** и др.

Навигационная панель предлагает группы символов для доступа к различным функциям программирования STEP7-Micro/Win. Дерево команд отображает все объекты проекта и команды, необходимые для создания программы управления. Вы можете буксировать отдельные команды из этого дерева в свою программу или вставлять команду двойным щелчком в текущее положение курсора в редакторе программ. Редактор программ содержит логику программы и таблицу локальных переменных, в которой вы можете назначить символические имена для временных локальных переменных. Подпрограммы и программы обра-

ботки прерываний появляются как закладки в нижней части окна редактора программ. Для перемещения между подпрограммами, программами обработки прерываний и основной программой щелкайте по этим закладкам. STEP7-Micro/Win имеет в своем распоряжении три редактора для создания программ: цепная логическая схема (LAD), называемая также контактным планом (KOP), список команд (STL или AWL) и функциональная блок-схема (FBD), называемая также функциональным планом (FUP). С некоторыми ограничениями, программы, написанные в любом из этих редакторов программ, могут отображаться и редактироваться с помощью других редакторов программ. Редактор STL отображает программу на языке, имеющем текстовую основу. Редактор STL дает возможность создавать программы управления, вводя мнемонические обозначения команд.

В редакторе STL можно создавать программы, которые невозможно создать в редакторе LAD или FBD. Это объясняется тем, что, используя STL, вы программируете на «родном языке» S7-200, а не в графическом редакторе, в котором имеются некоторые ограничения, чтобы можно было правильно изображать схемы соединений. Программирование в текстовом редакторе очень похоже на программирование на языках ассемблера.

Редактор функционального плана FBD отображает программу в виде графического представления, напоминающего обычные логические схемы. В FBD понятие «поток сигнала» выражает аналогичное понятие потока управления через логические блоки: путь состояния «1» через элементы FBD называется потоком сигнала. Логика программы вытекает из связей между функциональными блоками, обозначающими команды.

Редактор цепных логических схем LAD отображает программу в виде графического представления, имеющего сходство с электрической монтажной схемой. Цепные логические схемы позволяют программе имитировать протекание электрического тока от источника напряжения через ряд логических условий на входах, которые, в свою очередь, активизируют логические условия на выходах. LAD-программа включает в себя находящуюся слева шину под напряжением, которая является источником потока сигнала. Замкнутые контакты позволяют потоку сигнала протекать через эти контакты к следующему элементу, а разо-

мкнутые контакты препятствуют протеканию потока сигнала. Логика подразделяется на сегменты (Network). Программа исполняется сегмент за сегментом слева направо и сверху вниз. На рис. 4.5 показан пример программы на языке LAD.

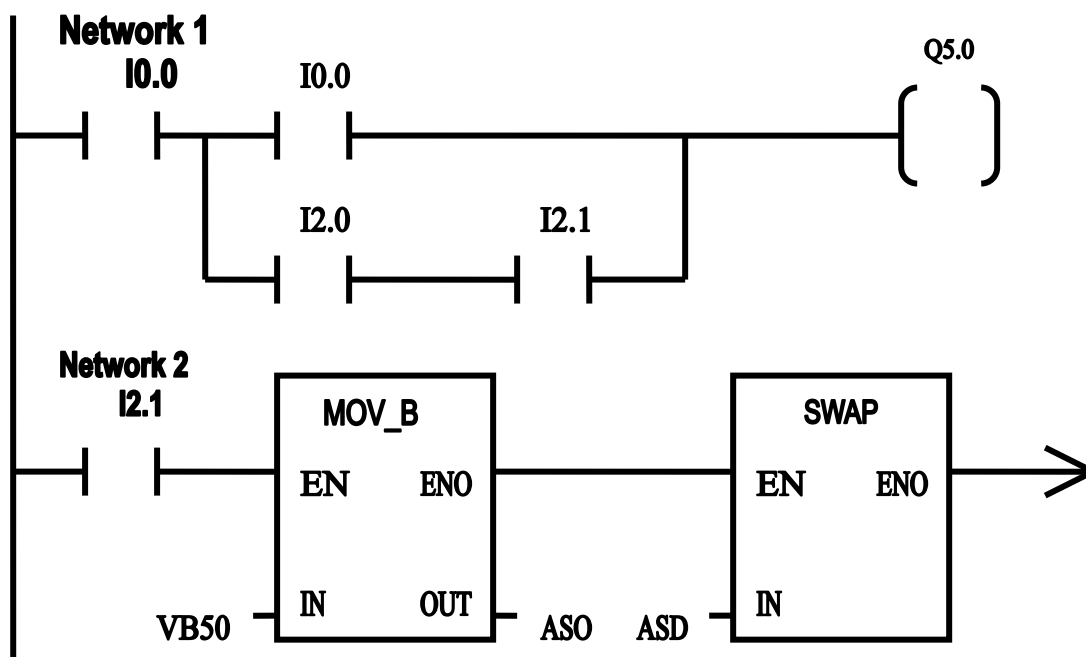


Рис. 4.5. Пример программы в виде цепной логической схемы


Различные команды представляются графическими символами, имеющими три основные формы. Контакты представляют логические состояния входов, например, выключателей, кнопок или внутренних условий. Катушки обычно представляют логические результаты выходов, например, ламп, пускателей электродвигателей, промежуточных реле или внутренних выходных условий. Блоки представляют дополнительные команды, например, таймеры, счетчики или математические команды.

Достоинства программирования на языке LAD:

- Цепная логическая схема проста в использовании для начинающих программистов;
- Графическое представление легко понимается и популярно во всем мире.

Работа по созданию Проекта (программы управления объектом) в редакторе LAD в системе программирования

STEP7-Micro/Win заключается в следующем:


1. Открыть STEP7-Micro/Win, если она установлена в компьютере, двойным щелчком мыши по её пиктограмме на рабочем столе PC.
2. Щелкнуть мышью «Программный блок» на навигационной панели системы: на экране появится таблица переменных и начало создаваемой логической схемы управления (левая шина с горизонтальными стрелками, поля комментария).
3. Двойным щелчком мыши по команде «Битовая логика» на дереве команд вызвать набор логических элементов-контактов, обмоток и др. Аналогично вызываются блоки-таймеры, счетчики и др.
4. Указать щелчком мыши место вставки в схему элемента - появится рамка, в которой будет располагаться программируемый элемент, выбранный затем двойным щелчком мыши на дереве команд.
5. Выделить вопросы, расположенные над элементом, с помощью клавиатуры компьютера набрать его символьное имя (адрес), например I0.0, и ввести его в память клавишей ENTER.
6. Добавить в строку первого сегмента (Network 1) другие элементы, действуя по пп. 4–5.
7. Перевести курсор в поле комментария, набрать его с помощью клавиатуры и ввести в память клавишей ENTER.
8. Перевести курсор к шине  во втором сегменте и щелкнуть мышью место расположения элемента в Network 2. Далее действовать согласно п. 4–7.
9. Для удаления элемента из логической схемы программы следует его выделить щелчком мыши и нажать клавишу DEL. Чтобы стереть символьное имя переменной, надо выделить его двойным щелчком мыши и удалить клавишей Backspace.
10. Заполнить и сохранить таблицу переменных программы, указав в ней символы и типы переменных и данных и, при необходимости, комментарии.


### **Загрузка программы в контроллер**


1. Соединить PC с PLC специальным кабелем USB/PPIMulti-мастер и сконфигурировать порт на PC для связи

STEP7-Micro/Win с контроллером. Доступ к конфигурации порта осуществляется по схеме: «Системный блок» → «Коммуникационные порты»: далее задать параметры коммуникации.

2. Установить переключатель режимов PLC в положение ТЕРМ.

3. Переключить контроллер, щелкнув мышью кнопку  на панели инструментов системы программирования, в положение STOP(если контроллер предварительно находился в режиме RUN): загорится желтый индикатор STOP.

4. Щелкнуть мышью на панели инструментов кнопку  для загрузки программы управления, отображаемой на экране монитора, в контроллер.

5. Щелкнуть мышью кнопку  на панели инструментов для переключения контроллера в режим RUN: загорится зеленый индикатор RUN, объект немедленно начнет управляться программой, индикаторы I0.0-I0.7 и Q0.0-Q0.5 CPU 222 будут загораться при появлении «1» на соответствующих входах/выходах контроллера.

#### **4.4.2. Алгоритм и программа управления процессом мойки**

Алгоритм управления процессом мойки Авто определяется заданными траекториями движения горизонтальной щетки и Портала (рис. 4.6) в системе координат z-y, где z – вертикальная ось перемещения механизма Подъема ГЩ, а y – горизонтальная ось движения Портала. В данном задании ГЩ перемещается в вертикальной плоскости в соответствии с профилем Авто при движении Портала ВПЕРЕД (слева направо), а далее, при обратном ходе Портала, остается в крайнем верхнем положении.



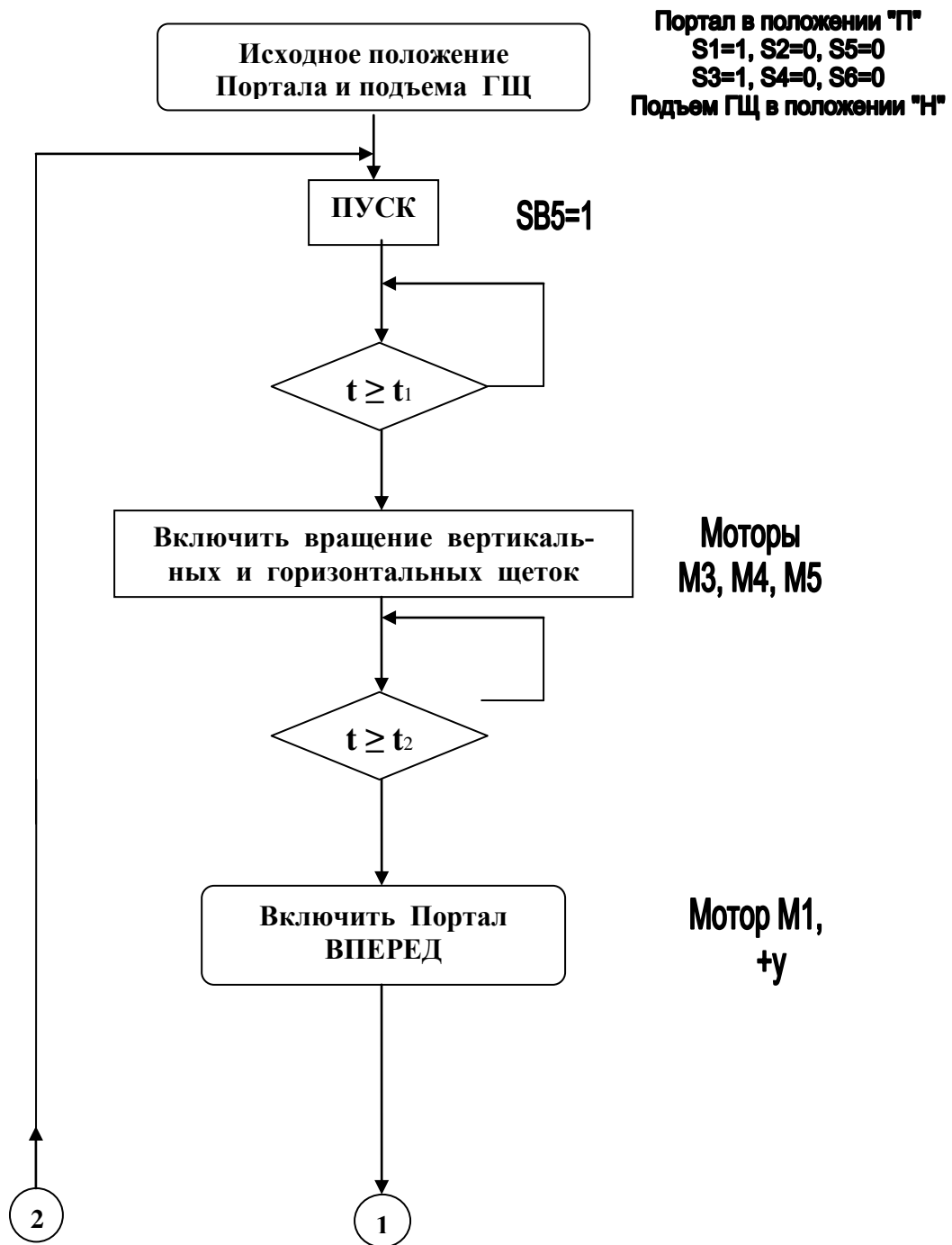


Рис. 4.7. Алгоритм управления процессом мойки Авто



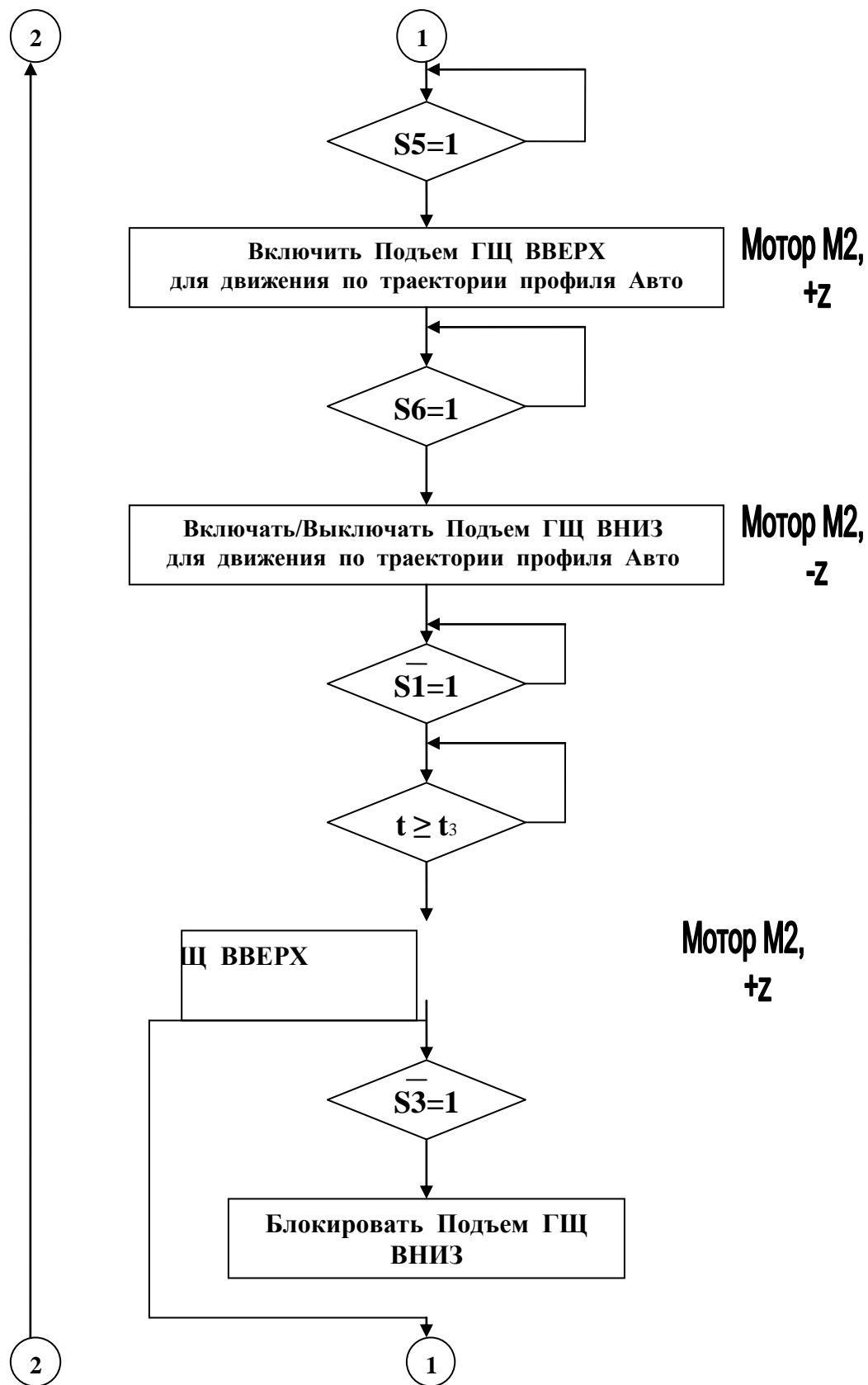


Рис. 4.7. Продолжение

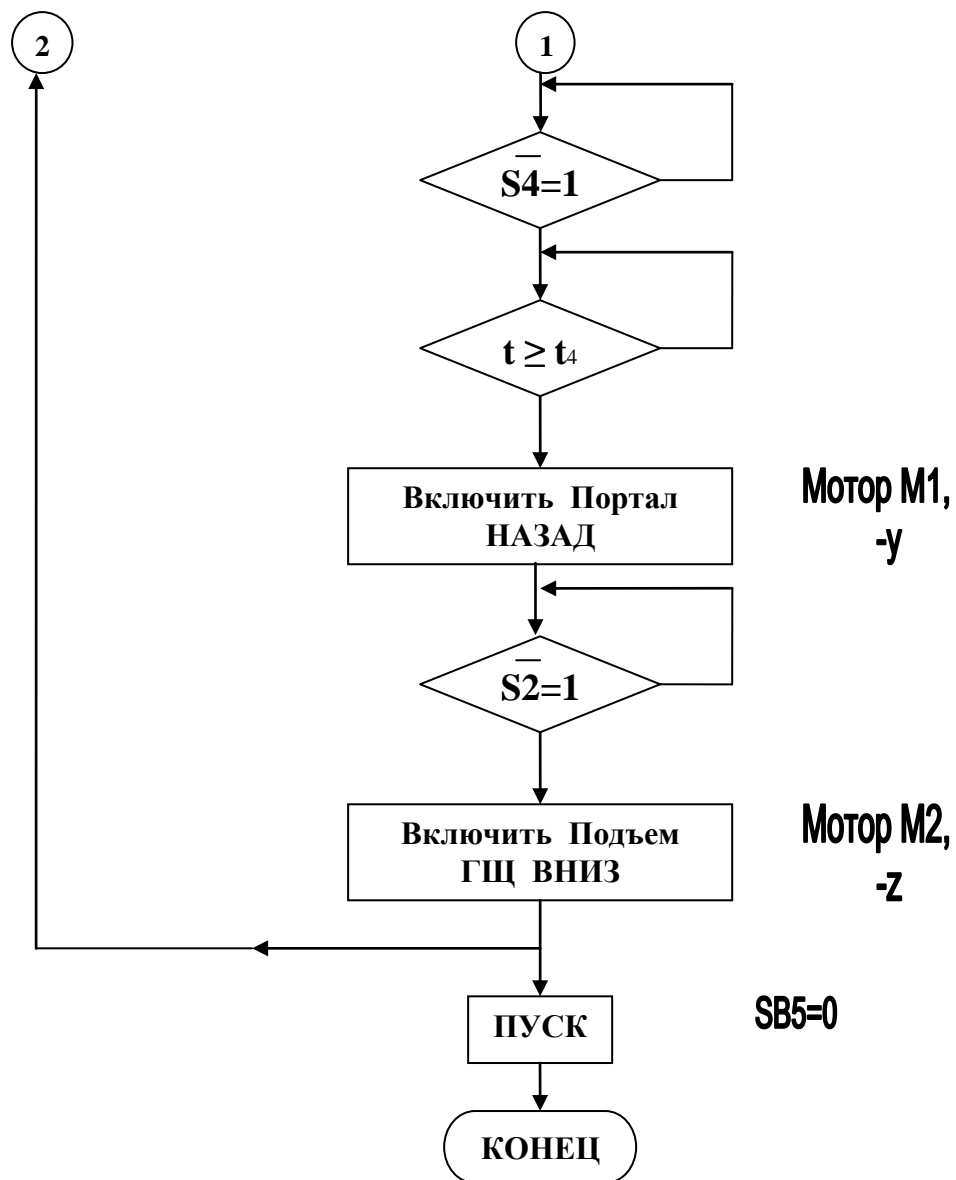


Рис. 4.7. Окончание

Таблица 4.3

Датчики	Входы контроллера	Выходы контроллера	Управляемые моторы
SB5 (Кнопка Пуск)	I0.0	Q0.0	M3, M4 (Вращение ВЩ1, ВЩ2)
S1 (Положение «Л» Портала)	I0.1	Q0.1	M5 (Вращение ГЩ)
S2 (Положение «П» Портала)	I0.2	Q0.2	M1 (Портал: +y)

Продолжение табл. 4.3

Датчики	Входы контроллера	Выходы контроллера	Управляемые моторы
S3 (Положение «В» Подъема ГЩ)	I0.3	Q0.3	M2 (Подъем ГЩ: +z)
S4 (Положение «Н» Подъема ГЩ)	I0.4	Q0.4	M2 (Подъем ГЩ: -z)
S5 (Фотодатчик 1 профиля Авто)	I0.5	Q0.5	M1 (Портал: -y)
S6 (Фотодатчик 2 профиля Авто)	I0.6	-	-

Программа управления процессом мойки для контроллера CPU 222 показана на рис. 4.7.

Программа составлена на языке LAD в соответствии с алгоритмом управления процессом мойки (см. рис. 4.6).

LAD-программа включает в себя находящуюся слева шину, находящуюся под напряжением, которая является источником потока сигнала. Замкнутые контакты позволяют потоку сигнала протекать через эти контакты к следующему элементу, а разомкнутые контакты препятствуют протеканию потока сигнала. Логика подразделяется на сегменты Network. Программа выполняется контроллером сегмент за сегментом слева направо и сверху вниз.



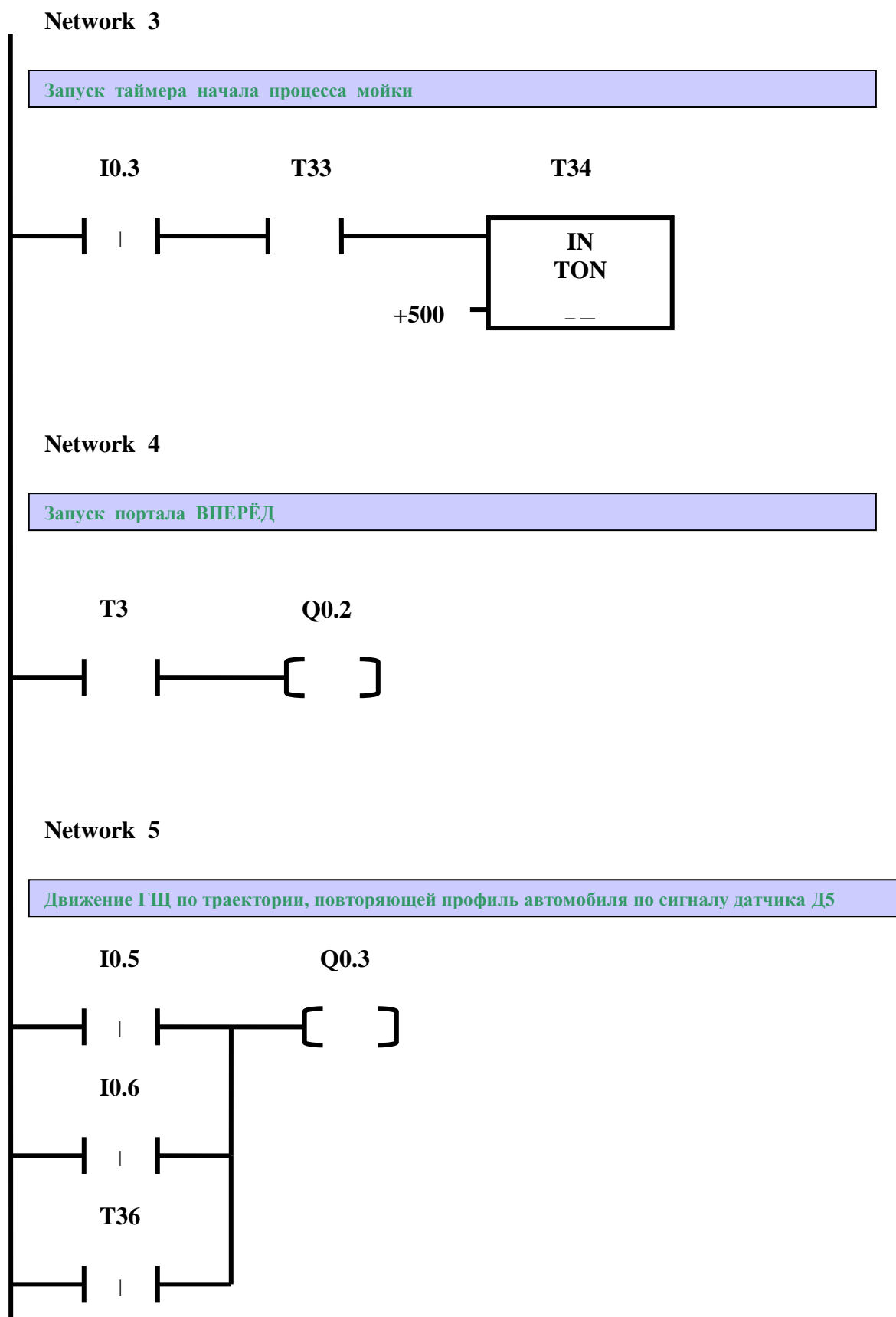
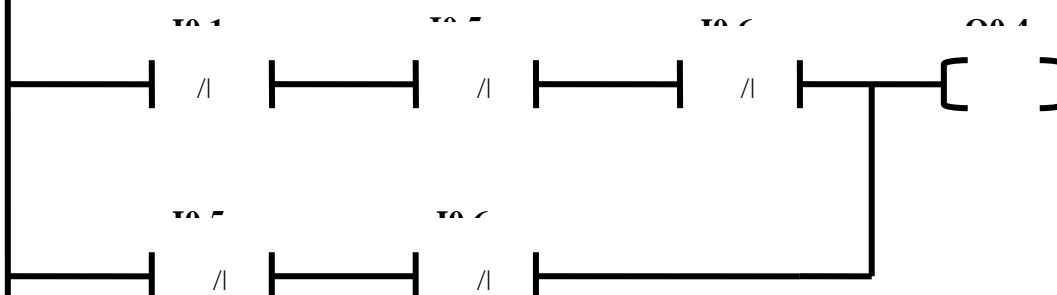


Рис. 4.7. Продолжение

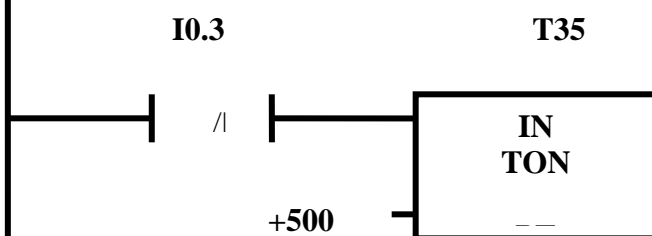
### Network 6

Движение ГЩ по траектории, повторяющей профиль автомобиля по сигналу датчика Д6



### Network 7

Запуск таймера возврата портала в исходное правое крайнее положение



### Network 8

Возврат портала в исходное правое крайнее положение

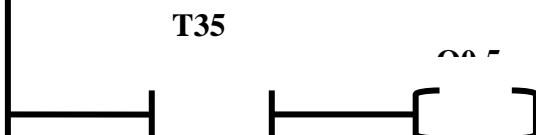


Рис. 4.7. Продолжение

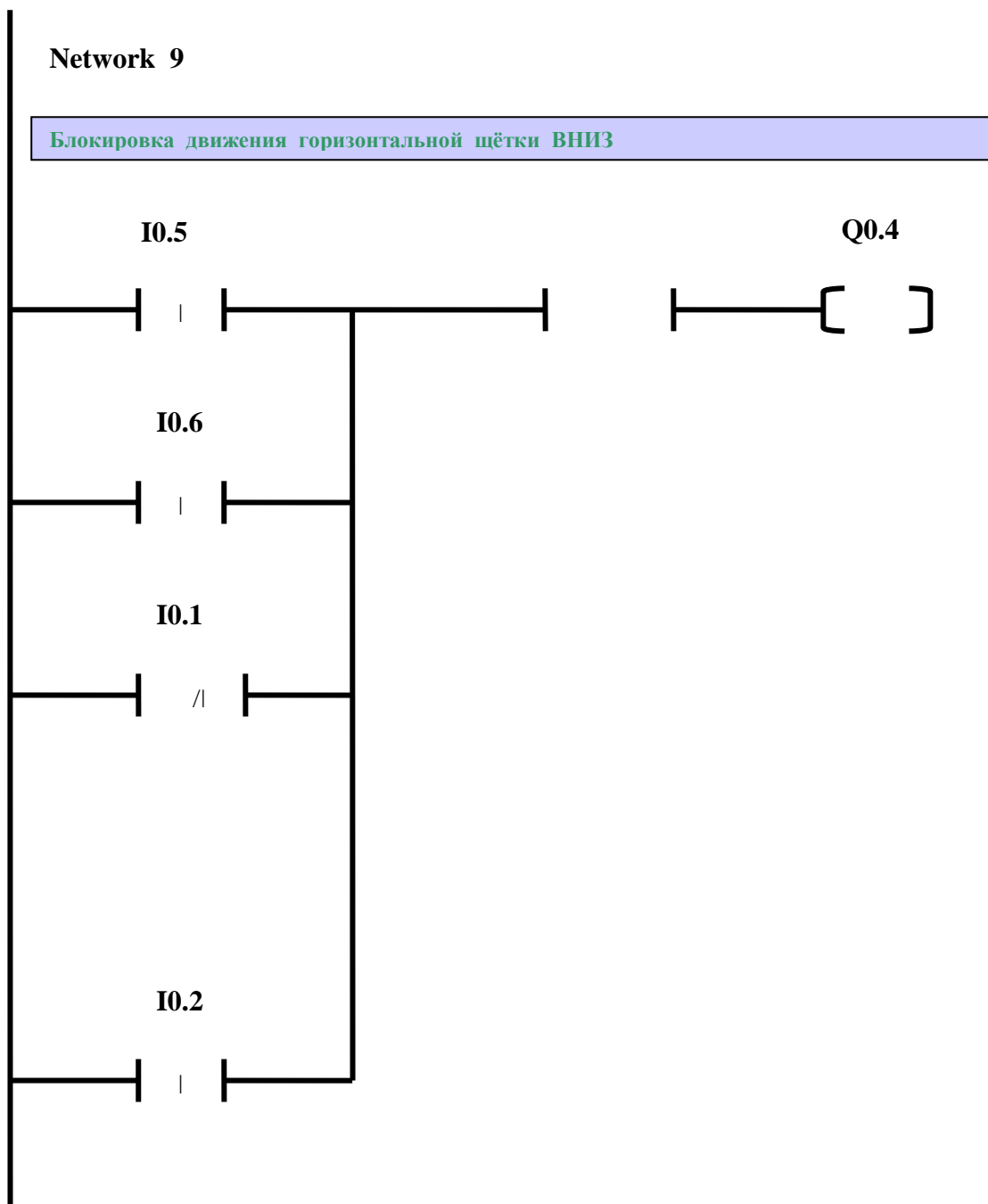


Рис. 4.7. Продолжение

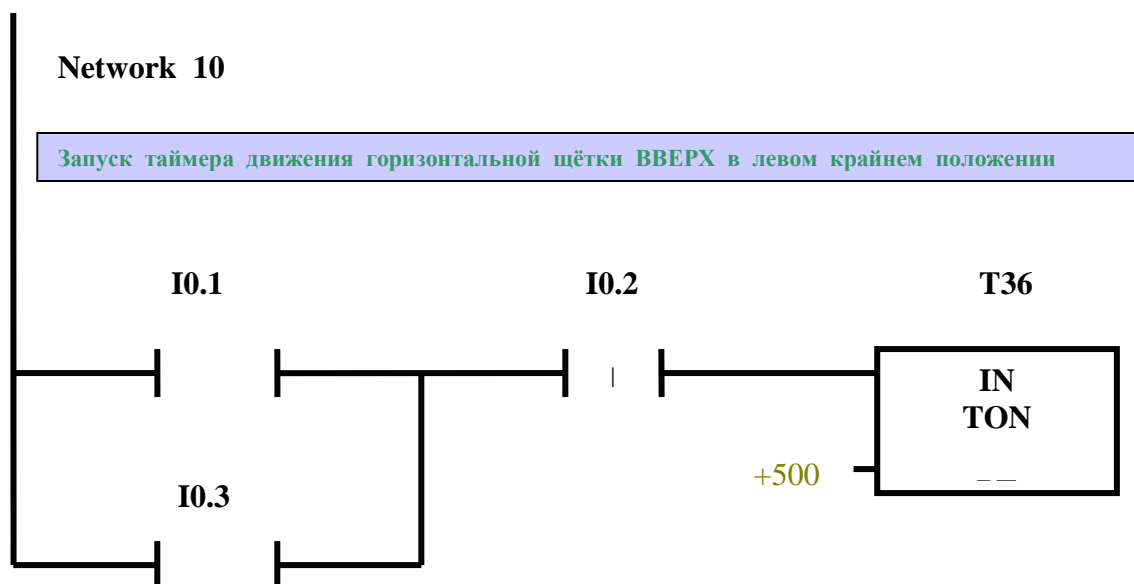


Рис. 4.7. Окончание

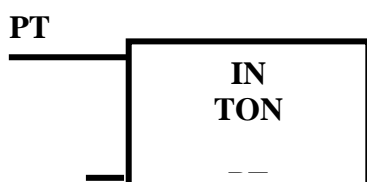
В программе управления мойкой графические элементы обозначают следующее:

—| — н.о. контакт, срабатывающий (замыкается) при значении соответствующей ему переменной «1»;

—|| — н.о. контакт, срабатывающий мгновенно при переходе соответствующей ему переменной с «0» в «1» (реакция на передний фронт входного сигнала);

—| /| — н.з. инверсный контакт, срабатывающий мгновенно при переходе переменной с «1» в «0» (реакция на задний фронт входного сигнала);

—| NOT — логический элемент НЕ;



Таймер задержки включения TON с интервалом отсчета кратным  $n \cdot 10$  мс: выходной бит таймера получит значение «1» через заданное время уставки на входе PT, равное  $10n$ , где  $n$  – за-



данное количество интервалов отсчета. Отсчет времени задержки включения начинается с момента появления «1» на входе IN. При IN=0 выходной бит таймера и отсчитанное время обнуляются. В LAD редакторе таймеры TON с 10 мс интервалом отсчета имеют символьные имена (адреса) T33–T36. Каждый из них реализует заданное время задержки, соответственно,  $t_1$ – $t_4$  (см. рис. 4.7).

Визуальный контроль выполнения программы управления мойкой контроллером CPU 222 осуществляется с помощью таблицы состояний.

С помощью таблицы состояний можно наблюдать и изменять переменные процесса, когда S7-200 исполняет программу управления. Вы можете отслеживать состояние входов, выходов или переменных программы, отображая их текущие значения. В таблице состояний можно также принудительно задавать или изменять значения переменных процесса.

Можно создать несколько таблиц состояний, чтобы иметь возможность просматривать элементы из различных частей своей программы.

Для вызова таблицы состояний выберите команду меню View > Component > Status Chart [Вид > Компонент > Таблица состояний] или щелкните на пиктограмме «Диаграмма таблицы состояний» на навигационной панели. При создании таблицы состояний введите адреса переменных процесса, которые вы хотите наблюдать.

Невозможно отобразить состояния констант, аккумуляторов и локальных переменных. Значения таймеров и счетчиков можно отображать в виде бита или слова. Если значение отображается в виде бита, то оно представляет состояние бита таймера или счетчика; если значение отображается в виде слова, то оно является значением таймера или счетчика.

Для создания таблицы состояний и контроля переменных:

1. Введите в поле адресов адреса желаемых величин.
2. В столбце Format выберите тип данных.
3. Для отображения состояния переменных процесса в своем S7–200 выберите команду меню Debug > Chart Status [Отладка > Состояние таблицы].

В табл. 4.4. представлены значения переменных процесса мойки в исходном положении Портала и Подъема ГЩ.

Таблица 4.4

	Address	Format	Current Value	New Value
1	I0.0	Bit	2#0	
2	I0.1	Bit	2#1	
3	I0.3	Bit	2#1	
4	I0.5	Bit	2#0	
5	I0.6	Bit	2#0	
6	Q0.0	Bit	2#0	
7	Q0.1	Bit	2#0	
8	Q0.2	Bit	2#0	
9	Q0.3	Bit	2#0	
10	Q0.3	Bit	2#0	
11	Q0.4	Bit	2#1	
12	Q0.5	Bit	2#0	
13	T33	Unsigned	0	
14	T34	Unsigned	0	
15	T35	Unsigned	0	
16	T36	Unsigned	0	

В табл. 4.4. обозначено: Bit – битовая переменная, представляемая двоичным числом (знак 2#); Unsigned – целочисленная переменная без знака, текущее значение которой показывает время отсчета таймера.

В таблице состояний можно также принудительно устанавливать или изменять значения различных переменных процесса.

В таблицу состояний можно вставлять дополнительные строки, выбрав команду меню Edit > Insert > Row [Редактировать > Вставить > Строка].

Изменения значений в столбце «CurrentValue» (текущее значение) в таблице состояний происходит в соответствии с изменениями состояний положений входов (I0.0–I0.7)/выходов (Q0.0–Q0.5) в столбце «Address» (адреса), а также текущего значения времени отсчета таймеров.

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Конструктивно стенд системы автоматизации мойки выполнен в форме шкафа размером 1350×570×550 мм, разделенного на 2 отсека с металлическими дверцами и встроенными внутренними замками. В отсеке 1 размещены элементы питания и управления системой, а в отсеке 2 – физическая модель автомобильной мойки.

На правой стенке отсека 1 расположены: а) блок БРУ с кнопками ПУСК и ручного управления Порталом и Подъемом ГЩ, тумблерами SA1, SA2 для ввода неисправности датчиков, соответственно S1, S6; б) клеммные колодки K1, K2 для соединения между собой разъема X1 мойки (датчиков, моторов и релейного модуля), контроллера CPU 222, блоков питания БПК, БПМ, БПД и блока БРУ. На задней стенке отсека 1 установлены: а) блоки питания БПК, БПМ, БПД контроллера, моторов и датчиков мойки; б) автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, QF4 питания, соответственно компьютера, датчиков, моторов, контроллера.

В отсеке 2 размещены физическая модель мойки с разъемом X1, датчиками и электроприводами механизмов (см. рис. 4.2) и макет автомобиля с наклеенной сверху белой бумажной полосой, выполняющей функции отражателя световых потоков фотодатчиков S5, S6.

Платформа, на которой установлены мойка и автомобиль, выдвигается на 3-секционных телескопических салазках, что обеспечивает удобство доступа к физической модели мойки при ознакомлении с её устройством.

Технические характеристики элементов системы:

- Моторы электроприводов мойки: 5 Вт,  $U = 24$  В,  $I = 0,2$  А.
- Блоки питания типа БП30 БДЗ: 30 Вт,  $U \sim 220$  В,  $I = 24$  В.
- Контроллер CPU 222 (см. п. 4.3).

Принципиальные схемы Электроприводов мойки представлены в п. 4.2. Схема соединений элементов стенда ввиду её сложности и громоздкости здесь не приводится – имеется на диске её электронная версия.

Испытание системы автоматизации автомобильной мойки на стенде рекомендуется проводить в следующем порядке:

1. Подать питание на стенд нажатием кнопки 8 на шкафе электроснабжения лаборатории – при этом должен загореться сигнальный светодиод.

2. Перед включением стенда в работу в автоматическом режиме проверить работу электроприводов механизмов мойки (Портала и Подъема ГЩ) с помощью блока ручного управления БРУ. Для этого с помощью автоматического выключателя QF3 подать напряжение сети ~ 220 В на блок питания моторов БПМ. В результате на БПМ загорится зеленый индикатор, сигнализирующий о появлении напряжения постоянного тока 24 В. Используя кнопочные выключатели SB1, SB2, SB3, SB4 блока БРУ, подать команды на механизмы Портала для движения ВПЕРЕД/НАЗАД и Подъема ГЩ для движения ВВЕРХ/ВНИЗ и убедиться в выполнении указанных команд соответствующими электроприводами.

3. В режиме ручного управления установить механизмы Портала и Подъема ГЩ в исходное положение: Портал – в крайнее правое, а Подъем ГЩ – в крайнее нижнее положение.

4. Включить блоки питания БПК – контроллера, БПД – датчиков и установить микропереключатель в контроллере CPU 222 в режим RUN (работа).

5. Для включения режима автоматического управления процессом мойки подать команду ПУСК программы управления с помощью кнопки SB5 на блоке БРУ. При этом включится вращение ВЩ1, ВЩ2 и ГЩ, Портал начнет движение ВПЕРЕД, а ГЩ – ВВЕРХ. Траектория движения ГЩ в пространстве должна быть подобна профилю автомобиля при движении Портала ВПЕРЕД. При движении Портала НАЗАД ГЩ перемещается по линии, находясь в положении ВВЕРХ. При достижении Порталом крайнего правого положения (исходного) его электропривод выключается, а электропривод Подъема ГЩ включается на движение ВНИЗ и далее отключается. На этом заканчивается автоматическое управление контроллером циклом процесса мойки автомобиля. Повторный цикл процесса мойки начнется автоматически через заданный интервал времени (в данной настройке через 5 с). Для прекращения повторов циклов мойки нажать кнопку вновь

SB5 на блоке БРУ. Если нажать кнопку SB5 в процессе выполнения цикла мойки, то механизмы Портала и Подъема ГЩ возвратятся в исходное положение, а вращение щеток прекратится. Состояние входов/выходов контроллера CPU222 в режиме RUN можно наблюдать по загоранию соответствующих светодиодов расположенных на лицевой панели контроллера.

6. Для проверки неисправности цепей датчиков S1/S6 следует с помощью тумблеров SA1/SA2, расположенных на блоке БРУ, поочередно разрывать цепи их подключения к контроллеру. При этом прекратится выполнение цикла мойки, произойдет подъем ГЩ ВВЕРХ и движение Портала в исходное положение.




7. Для работы автомобильной мойки в дистанционном режиме с помощью автоматического выключателя QF1 подать напряжение сети ~220 В на БППК. Включить компьютер. Произвести соединение кабеля USB/PPIMulti – Master через разъем RS – 485 на лицевой панели с контроллером. Соединить кабель с компьютером через порт USB.

8. Для вызова таблицы состояний выберите команду меню View > Component > Status Chart [Вид > Компонент > Таблица состояний] или щелкните на пиктограмме «Диаграмма состояний» на навигационной панели.

9. Используя таблицу состояний, определите время задержки включения таймеров T33–T36 (см. рис. 4.7) в процессе выполнения цикла управления мойкой и запишите их значения.

10. Измените уставки РТ таймеров T33–T34 (в исходном варианте они все были равны 5с), например, задайте  $t_1 = 2$  с (200 ед.),  $t_2 = 3$  с (300 ед.),  $t_3 = t_4 = 4$  с (400 ед.). Для этого следует выполнить следующие действия:

- Открыть на РС Программу управления, щелкнув дважды мышью «Project 1. mvr» на рабочем столе;
- Выделить уставку РТ таймера, щелкнув мышью её установленное значение, набрать новое значение уставки и клавишей Enter ввести его в программу. Эти операции выполнить по каждому таймеру;
- Установить переключатель режимов в PLC в положение TЕРМ;

- Переключить контроллер в положение STOP щелчком мыши по кнопке  на панели инструментов РС: загорится желтый индикатор на PLC;
- Загрузить программу в PLC щелчком мыши по кнопке  на панели инструментов;
- Переключить контроллер в режим RUN щелчком мыши по кнопке  на панели инструментов: на контроллере загорится зеленый индикатор;
- Повторите испытания системы в режиме автоматического управления уставками таймеров, нажав кнопку ПУСК на блоке БРУ.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите элементы системы управления мойкой (СУМ).
2. Датчики СУМ, их назначение.
3. Функции контроллера в СУМ.
4. Функции компьютера в СУМ.
5. Операции цикла управления процессом мойки.
6. ПЭС электропривода Портала: состав элементов схемы, принцип управления мотором Портала.
7. ПЭС электропривода Подъема горизонтальной щетки: состав элементов, принцип управления мотором Подъема ГЩ.
8. Контроллер CPU 222: состав элементов, технические характеристики.
9. Система программирования STEP7-Micro/WIN: назначение, функции и инструменты системы.
10. Редактор LAD системы программирования: графические символы команд, цепная логическая схема программы управления объектом.
11. Работа в редакторе LAD: последовательность действий по созданию и загрузке в контроллер Проекта программы управления на компьютере.
12. Заданные траектории движения горизонтальной щетки и Портала мойки.
13. Как работает алгоритм управления процессом мойки автомобиля?

14. Как работает программа управления процессом мойки Авто на языке LAD для контроллера CPU 222?

15. Таблица состояний переменных Программы управления процессом мойки Авто: адреса, формат, текущие значения переменных.

16. Стенд системы автоматизации мойки: устройство, содержание испытаний системы в ручном и автоматическом режиме управления процессом мойки.

17. Правила изменения уставок таймеров Программы управления на стенде.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. САР СООТНОШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА БАЗЕ РЕГУЛЯТОРА ТРМ 151-03**

#### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и функционирования «САР соотношения технологических параметров (давлений топлива/воздух)», выполненной на базе микропроцессорного ПИД-регулятора ТРМ151-03.

#### **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками и основными функциями программного ПИД-регулятора ТРМ 151-03, применяемого в системах автоматизации паровых котлов, работающих на газообразном топливе.

2.2. Ознакомиться с конструкцией и расположением элементов на лабораторном стенде «САР соотношения параметров». Провести на этом стенде испытания работы системы с ПИД-регулятором ТРМ 151-03.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Прибор ТРМ 151-03: назначение, основные функции, структурная схема прибора и ее элементы (программы технолога, входы, вычислитель, регулятор, выходные элементы);

3.2. Лицевая панель прибора. Индикация и управление;

3.3. Результаты стендовых испытаний работы регулятора в системе регулирования соотношения параметров должны содержать:

- Структурную схему САР соотношения параметров  $P_T/P_B$ ;
- Графики изменения давлений топлива  $P_T$  и воздуха  $P_B$  при увеличении и уменьшении давления топлива с помощью ручного регулятора РРТ;
- Коэффициент соотношения давлений  $P_T/P_B$  для различных режимов работы системы (увеличение и уменьшение  $P_T$ ).

### **4. ПРИБОР ТРМ 151-03**

#### **4.1. Назначение, устройство и принцип действия прибора**

ТРМ 151-03 предназначен для построения автоматических систем контроля и управления производственными технологическими процессами в различных областях промышленности, сельского и коммунального хозяйства и др.

Прибор ТРМ 151-03 выполняет следующие основные функции:

- Измерение одной или двух физических величин, контролируемых входными первичными преобразователями;
- Цифровую фильтрацию для уменьшения влияния промышленных импульсных помех на результат измерения;
- Коррекцию измеренных величин для устранения погрешностей первичных преобразователей;
- Отображение результатов измерений или вычислений на встроенном светодиодном четырехразрядном цифровом индикаторе;
- Регулирование одной измеренной физической величины по ПИД-закону;



- Управление трехпозиционными ИМ;
- Изменение уставки регулируемой величины по заданной технологической программе, а также как функции другой величины;
- Формирование аварийного сигнала при обнаружении неисправности первичных преобразователей с отображением его причины на цифровом индикаторе;
- Формирование аварийного сигнала при выходе регулируемой величины за допустимые пределы;
- Отображение на встроенном светодиодном цифровом индикаторе текущих значений параметров технологической программы и мощности, подаваемой на исполнительный механизм;
- Формирование команды ручного управления исполнительным механизмом с клавиатуры прибора;
- Передачу в сеть RS-485 текущих значений измеренных или вычисленных величин, а также выходной мощности регулятора и параметров программы технолога;
- Изменение значений программируемых параметров прибора с помощью клавиатуры управления на его лицевой панели;
- Изменение значений параметров с помощью компьютерной программы-конфигуратора при связи с компьютером по RS-485;
- Сохранение заданных программируемых параметров в энергонезависимой памяти при отключении напряжения питания TPM 151-03.

Основные технические характеристики TPM 151-03 приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

#### Общие характеристики

Наименование	Значение
Диапазон напряжения питания	90...245 В частотой 47...63 Гц
Потребляемая мощность	Не более 6 ВА
Количество входов для подключения датчиков	2
Время опроса одного входа	0,3 с
Количество выходных элементов	2
Интерфейс связи с компьютером	RS-485

Продолжение табл. 4.1

Протокол передачи данных по RS-485	ОВЕН
Степень защиты корпуса - для корпуса Щ1 - для корпуса Н	IP54 IP44
Габаритные размеры прибора - корпус Щ1 - корпус Н	96×96×70 мм 130×105×65 мм
Наименование	Значение
Масса прибора	не более 0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

На любой из двух входов прибора могут быть подключены следующие датчики (первичные преобразователи):

- Термопреобразователи сопротивления с диапазоном измерения от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Термопары с диапазоном измерения от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- Активные датчики с унифицированным выходным сигналом постоянного тока  $0...5\text{ мА}$ ,  $0...20\text{ мА}$ ,  $4...20\text{ мА}$  и напряжения  $-50...+50\text{ мВ}$ ,  $0...1\text{ В}$ ;
- Резистивные датчики положения задвижки  $0...900\text{ Ом}$ ,  $0...2\text{ кОм}$ .

По заказу потребителя завод-изготовитель может установить в приборе следующие выходные элементы (табл. 4.2).

Таблица 4.2

## Выходные элементы

Обозначение при заказе	Наименование	Электрические характеристики
Р	Реле электромагнитное	4 А при напряжении не более 220 В 50 Гц и $\cos\varphi > 0,4$
К	Оптопара транзисторная п-р-п типа	400 мА при напряжении не более 60 В постоянного тока

Обозначение при заказе	Наименование	Электрические характеристики
С	Оптопара симисторная	50 мА при напряжении до 600 В (в импульсном режиме $t_{\text{имп}} < 5$ мс и частоте 100 Гц – до 1 А)
Т	Выход для управления внешним твердотельным реле	Выходное напряжение 4...6 В, выходной ток до 100 мА

Прибор ТРМ 151-03 – одноканальный, осуществляет пошаговое регулирование трехпозиционным ИМ (здвижкой) с датчиком положения или без него.

Далее описываются назначение и программируемые параметры для каждого элемента структурной схемы прибора. Состав элементов прибора и их взаимосвязи показан на рис. 4.1.

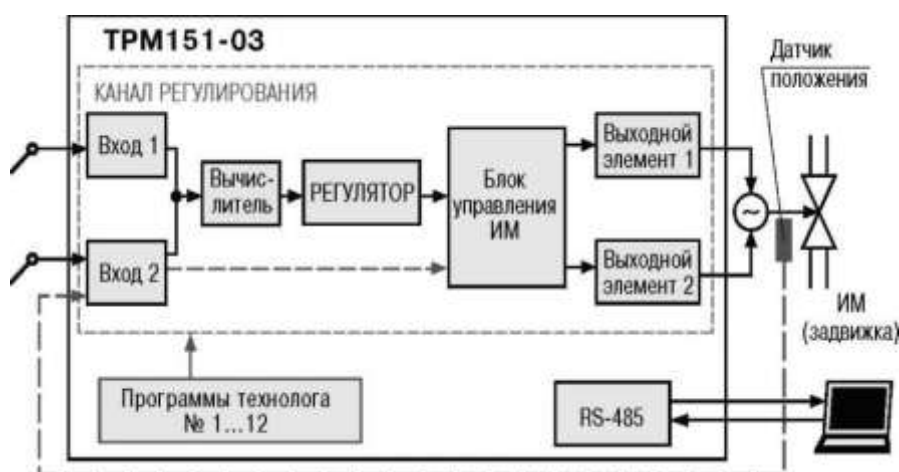


Рис. 4.1. Структурная схема ТРМ 151-03

### Канал регулирования

Канал регулирования (далее – «Канал») предназначен для регулирования одной физической величины (температуры, дав-

ления). Эта величина измеряется датчиком, подключенным к Входу 1.

Возможно также регулирование вычисленной величины (влажности, среднего значения и т. д.) из значений, измеренных на Входе 1 и Входе 2. При этом регулирование производится без использования датчика положения задвижки.

Для регулирования в Канале используется исполнительный механизм (ИМ) типа «нагреватель», который позволяет увеличивать значение регулируемой величины. Управление ИМ производится при помощи ВЭ 1 и ВЭ 2, выбранного пользователем при заказе (э/м реле, оптотранзистор, оптосимистор).

### **Пошаговое регулирование. Программа технолога**

ТРМ 151-03 предназначен для пошагового управления технологическим процессом, который может включать следующие этапы (на примере регулирования температуры):

- Поддержание заданного значения (уставки) температуры;
- Нагрев до заданного значения температуры или в течение заданного времени;
- Охлаждение до заданного значения температуры или в течение заданного времени.

При нагреве можно задать скорость нагрева или мощность, подаваемую на исполнительный механизм.

Охлаждение осуществляется путем отключения нагревателя, при этом можно ограничить скорость охлаждения.

Последовательность этапов технологического процесса мы будем называть Программой технолога (или Программой), а каждый этап – Шагом Программы технолога.

Пример Программы технолога, представленной в виде графика изменения уставок во времени, показан на рис. 4.2.

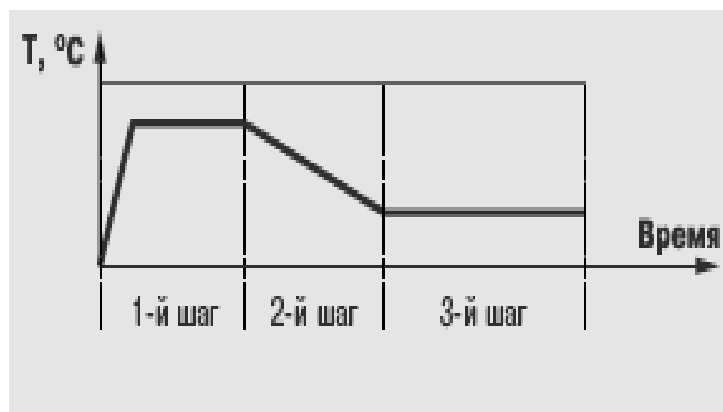


Рис. 4.2. Пример Программы технолога для ТРМ 151-03

Всего в ТРМ 151-03 можно задать до 12 независимых Программ технолога по 10 шагов каждая.

Для каждого шага Программы технолога задаются следующие параметры:

- Тип шага **St.tY**;
- Логика перехода на следующий шаг **LGPS**;
- Условие при переходе «по значению» **Sn. PS**;
- «Значение» для перехода **SP.PS**;
- Длительность шага **t.PS**;

Шаг Программы может быть трех типов:

- «Обычный шаг»;
- «Шаг с переходом»;
- «Конец программы».

Для «обычного шага» и «шага с переходом» задаются установки и условия перехода на следующий Шаг, для «конца программы» эти параметры задавать не нужно.

«Шаг с переходом» позволяет по окончании данного Шага перейти не к следующему за ним Шагу, а к Программе и Шагу, которые указаны параметрами **nU.Pri** и **nU.St** (номерами Программы и шага для перехода).

Используя «шаг с переходом», Вы можете создать:

- Программу, состоящую более чем из 10 Шагов;
- Программу, работающую по бесконечному циклу.

В ТРМ 151-03 возможны четыре варианта логики перехода на следующий Шаг:

1) «по значению» – по достижении физической величиной значения, заданного параметром **SP.PS**;

2) «по времени» – по истечении длительности шага **t.PS**;

3) «по значению И времени» – при выполнении одновременно двух первых условий;

4) «по значению ИЛИ времени» – при выполнении хотя бы одного из двух первых условий.

Логика перехода на следующий Шаг задается параметром **LG.PS**.

Длительность Шага при переходе «по времени» задается параметром **t.PS**.

При переходе «по значению» текущее значение физической величины (значение с Вычислителя) сравнивается с заданным **SP.PS**, и если оно стало больше **SP.PS** (или меньше, это определяется параметром **Sn.PS**), то происходит переход на следующий Шаг.

Общим параметром для всех Программ технолога является параметр **t.SCL** – масштаб времени. Вы можете выбрать единицы, в которых будет задаваться длительность Шага в Программе: «часы/минуты» или «минуты/секунды».

Запуск любой Программы можно разрешить или запретить, установив соответствующее значение параметра <Разрешение запуска программы> – **rnPr**.

Рекомендуется запретить запуск всех Программ, которые не используются или не сконфигурированы.

Измерительные Входы ТРМ 151-03 являются универсальными, т. е. к ним можно подключать любые Первичные преобразователи (Датчики) из вышеперечисленных. К Входам ТРМ 151-03 можно подключить одновременно два Датчика разного типа в любых сочетаниях.

Для каждого Входа необходимо задать параметром **in-t** тип подключенного к нему Датчика, выбрав его из предложенного списка. Если Вы не используете какой-либо Вход, установите значение параметра **in-t** «Датчик отключен».

В ТРМ 151-03 существует возможность устанавливать период опроса Датчика на каждом Входе. Этот параметр определяет период тактов регулирования. Это означает, что изменение мощ-

ности, подаваемой на Исполнительный механизм, будет производиться с частотой, равной частоте опроса Входов.

Период опроса задается параметром **itrL** в секундах с точностью до 0,1 с.

Не допускается задавать значение периода опроса датчика менее 0,3 с.

Сигналы, полученные от Датчиков, прибор преобразует (по данным НСХ) в текущие цифровые значения. Далее в процессе обработки сигналов осуществляется:

- Цифровая фильтрация сигнала от помех;
- Коррекция измерительной характеристики Датчика;
- Автоматическая коррекция показаний прибора по температуре свободных концов ТП;
- Масштабирование шкалы измерения (для Датчиков с аналоговым выходным сигналом).

Параметры цифровых фильтров, установленные на заводе изготовителе, в большинстве случаев удовлетворяют условиям эксплуатации прибора. Если в процессе работы Вы обнаружите сильное влияние внешних импульсных помех на результаты измерений, Вы можете изменить заводские значения параметров цифровых фильтров.

Заводские значения параметров коррекции измерительной характеристики Датчика можно изменять только в технически обоснованных случаях, так как при этом изменятся стандартные метрологические характеристики ТРМ 151.

Автоматическая коррекция показаний прибора по температуре свободных концов термопар обеспечивает правильные показания прибора при изменении температуры окружающей его среды. Датчик температуры свободных концов термопар расположен внутри прибора у клеммных контактов.

Коррекция включается/выключается параметром **Cj.C**.

Отключение этого вида коррекции может быть необходимо, например, при проведении поверки прибора. При отключенной коррекции температура свободных концов термопар принимается равной 0 °С и ее возможные изменения в расчет не принимаются.

При работе с активными Датчиками, выходным сигналом которых является напряжение или ток, в приборе осуществляется



масштабирование шкалы измерения. После масштабирования контролируемые физические величины отображаются непосредственно в единицах их измерения (атмосферах, килопаскалях, метрах и т. д.).

Для каждого такого Датчика необходимо установить диапазон измерения:

- Нижняя граница диапазона измерения задается параметром **Ain.L** и соответствует минимальному уровню выходного сигнала Датчика;
- Верхняя граница диапазона измерения задается параметром **Ain.H** и соответствует максимальному уровню выходного сигнала Датчика.

Дальнейшая обработка сигналов Датчика осуществляется в заданных единицах измерения по линейному закону (прямо пропорциональному при **Ain.H** > **Ain.L** или обратно пропорциональному при **Ain.H** < **Ain.L**).

## Вычислитель

Вычислитель производит вычисление физической величины по одному или нескольким входным значениям. К Вычислителю можно подключить один или два измерительных входа прибора.

Данные с Вычислителя передаются одновременно Регулятору и Инспектору.

Для Вычислителя задаются следующие параметры:

- Тип вычислителя (формула для вычисления);
- Количество используемых Входов;
- Количество знаков после десятичной точки;
- Весовые коэффициенты измерительных входов при расчете взвешенной суммы.

Тип Вычислителя задается значением параметра **CAL.t**, а количество используемых входов – параметром **n.in.C**.

Вычислитель производит одну математическую операцию с входными величинами. Типы Вычислителей (формулы для вычисления) и количество входных величин, используемых в этих формулах, представлены в табл. 4.3.



Таблица 4.3

## Тип Вычислителя и количество используемых им входов

Симв. на ЦИ2*	Тип Вычислителя	Количество входов, используемых Вычислителем
<b>rEPt</b>	Повторитель	1
<b>SU</b>	Взвешенная сумма	1 или 2
<b>rAt</b>	Частное	2
<b>SQr</b>	Квадратный корень	1
<b>toP</b>	Максимум	1 или 2
<b>Bott</b>	Минимум	1 или 2
<b>ArCF</b>	Среднее арифметическое	1 или 2
<b>rH</b>	Вычислитель влажности	2
<b>oFF</b>	Вычислитель отключен	-

\* Значение параметра **CAL.t** при программировании кнопками на лицевой панели прибора.

• **Повторитель** просто передает Регулятору значение, измеренное на Входе 1, не производя математических действий.

Установите значение Повторитель, если регулируемая физическая величина измеряется на Входе 1 и не требует никаких дополнительных вычислений. Пример – регулирование температуры, которая измеряется датчиком температуры.

• **Взвешенная сумма** вычисляется по формуле

$$S = D1 \times K1 + D2 \times K2,$$

где D1 и D2 – значения, измеренные на входах 1 и 2;

K1 и K2 – весовые коэффициенты для входов 1 и 2;

Весовые коэффициенты задаются параметром **SCA** и в других формулах не учитываются.

С помощью Взвешенной суммы вычисляется разность двух измеренных величин. Для этого нужно задать одному входу весовой коэффициент «-1», а другому «+1».

• **Частное** вычисляет результат деления значения с первого входа на значение со второго входа.

- **Квадратный корень** извлекается из значения, измеренного на Входе 1.

- Функции **Минимум** и **Максимум** передают наименьшее и наибольшее из входных значений.

- **Вычислитель влажности** производит расчет влажности психометрическим методом по температурам сухого и влажного термометров. При этом на Входе 1 измеряется температура сухого термометра, на Входе 2 – температура влажного термометра.

- Значение **Вычислитель отключен** Вы можете установить для отключения Канала регулирования. В этом случае ТРМ 151-03 можно использовать как двухканальный измеритель.

Вычисленная физическая величина может быть отображена на 4-разрядном индикаторе ЦИ1 с различной точностью. В параметре **dP** Вы можете задать количество знаков, отображаемых после десятичной точки.

По умолчанию установлено значение **dP**, равное 2.

Если число слишком велико и не помещается на ЦИ, то прибор «отрезает» последние цифры, например: при **dP** = 2 число «485,84» отобразится как «485,8».

## Регулятор

Регулятор – это программный модуль, отвечающий за поддержание измеренной или вычисленной величины на заданном уровне, называемом Уставкой.

Регулятор сравнивает значение, пришедшее с Вычислителя, с Уставкой и вырабатывает выходной сигнал, направленный на уменьшение их рассогласования. Выходной сигнал Регулятора в ТРМ 151-03 поступает на Блок управления ИМ (задвижка), который формирует управляющие сигналы для трехпозиционного ИМ, типа «нагреватель».

## ПИД-регулятор

ПИД-регулятор (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор) выдает значение выходной мощности,

направленное на уменьшение отклонения текущего значения регулируемой величины от Уставки.

При управлении ИМ типа «нагреватель» значение выходной мощности находится в диапазоне от «0» до «1» (или от 0 до 100 %).

Выходной сигнал ПИД-регулятора  $Y_i$  рассчитывается по формуле

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left[ E_i + \tau_d \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{\text{изм}}} + \frac{1}{\tau_{\text{и}}} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{\text{изм}} \right],$$

где  $X_p$  – полоса пропорциональности;

$E_i$  – разность между Уставкой и текущим значением  $T_i$  контролируемой величины, или рассогласование;

$\tau_d$  – дифференциальная постоянная;

$\Delta E_i$  – разность между двумя соседними измерениями  $E_i$  и  $E_{i-1}$ ;

$\Delta t_{\text{изм}}$  – время между двумя соседними измерениями  $T_i$  и  $T_{i-1}$ ;

$\tau_{\text{и}}$  – интегральная постоянная;

$\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{\text{изм}}$  – накопленная в  $i$ -й момент времени сумма рассогласований (интегральная сумма).

Как видно из формулы, сигнал управления является суммой трех составляющих:

- Пропорциональной (1-е слагаемое);
- Интегральной (3-е слагаемое);
- Дифференциальной (2-е слагаемое).

**Пропорциональная составляющая** зависит от рассогласования  $E_i$  и отвечает за реакцию на мгновенную ошибку регулирования.

**Интегральная составляющая** содержит в себе накопленную ошибку регулирования  $\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{\text{изм}}$  и позволяет добиться максимальной скорости достижения уставки.

**Дифференциальная составляющая** зависит от скорости изменения рассогласования  $\Delta E_i / \Delta t_{\text{изм}}$  и позволяет улучшить качество переходного процесса.

Для эффективной работы ПИД-регулятора необходимо подобрать для конкретного объекта регулирования значения коэффициентов ПИД-регулятора  $X_p$ ,  $\tau_i$  и  $\tau_d$  (соответственно, параметры **Pb.i** и **td.ti**, последний задается как отношение  $\tau_d/\tau_i$ ).

Настройку ПИД-регулятора рекомендуется выполнять в автоматическом режиме. При настройке вручную Вы можете определить приблизительные значения параметров ПИД-регулятора.

При длительном выходе на Уставку ПИД-регулятор производит «перерегулирование» объекта. «Перерегулирование» связано с тем, что в процессе выхода на Уставку накопилось очень большое значение интегральной составляющей в выходном сигнале регулятора (мощности).

После «перерегулирования» начинается уменьшение значения интегральной составляющей, что, в свою очередь, приводит к провалу ниже уставки – «недорегулированию». Только после одного-двух таких колебаний ПИД-регулятор выходит на требуемое значение мощности.

Во избежание «перерегулирования» и «недорегулирования» необходимо ограничить сверху и снизу значение накопленной интегральной составляющей с помощью задания значений параметров **i.UPr** и **i.min**.

Для уменьшения колебаний при переходных процессах можно также задать номинальную выходную мощность регулятора параметром **P.nom**. Номинальная мощность – это средняя мощность, которую надо подать в объект регулирования для достижения требуемой Уставки.

При работе системы с заданной номинальной мощностью и ограничениями интегральной составляющей, переходный процесс протекает несколько быстрее, т. к. значение выходной мощности сразу начинает расти от **P.nom**, а не от нулевого значения.

Приведенный ниже метод позволяет определить приблизительные параметры настройки регулятора для обеспечения возможности последующего применения Точной автонастройки. Это бывает необходимо в том случае, когда проведение предварительной настройки в автоматическом режиме недопустимо.

Грубая оценка параметров регулятора основана на временных характеристиках переходной функции объекта регулирова-

ния. Для снятия переходной функции объект выводят в рабочую область в ручном режиме, дожидаются стабилизации регулируемой величины и вносят возмущение изменением управляющего воздействия на ДР, [% от диапазона изменения управляющего воздействия]. Строят график переходной функции (рис. 4.3).

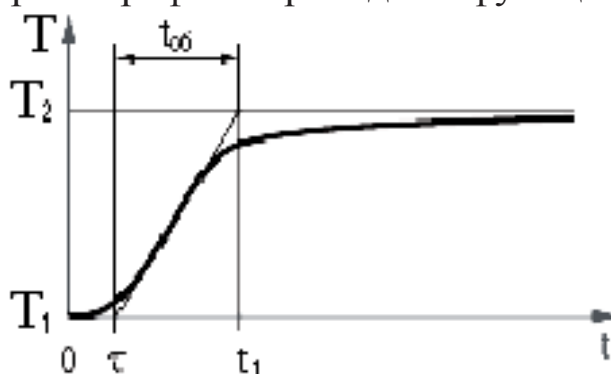


Рис. 4.3. График переходной характеристики

Используя график, можно вычислить:

$$t_{об} = t_1 - \tau,$$

$$V_{об} = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_{об} \cdot \Delta P)}$$

$$\tau_i = 4 \cdot \tau;$$

$$X_P = 2 \cdot \tau \cdot V_{об};$$

где  $X_P$  — полоса пропорциональности, [ед. изм./%];

$\tau$  — постоянная запаздывания, [с]

$t_{об}$  — постоянная времени объекта, [с];

$V_{об}$  — максимальная скорость изменения регулируемой величины при изменении задания на один процент, [ед. изм./%/с];

$\tau_i$  — интегральная постоянная, [с];

$T_2$  — установившееся значение регулируемой величины;

$T_1$  — начальное значение;

$\Delta P$  — изменение управляющего воздействия, [%].

Коэффициент  $\tau_d/\tau_i$  (параметр **td.ti**), определяющий долю дифференциальной составляющей, выбирается из интервала [0,1...0,25].

Конкретное значение  $\tau_d/\tau_i$  задается с учетом реальных условий эксплуатации и характеристик используемых технических средств. Для того, чтобы определить оптимальное значение  $\tau_d/\tau_i$ , необходимо сопоставить работу системы в реальных условиях эксплуатации при двух-трех различных значениях  $\tau_d/\tau_i$  (например, при  $\tau_d/\tau_i = 0,1; 0,15$  и  $0,25$ ).

По умолчанию введено значение  $\tau_d/\tau_i = 0,15$ .

Значения выходной мощности ПИД-регулятора находятся в диапазоне от «0» до «1» (или от 0 до 100 %). В некоторых случаях возникает необходимость ограничения выходной мощности сверху или снизу.

Ограничение диапазона изменения выходной мощности Регулятора задается двумя параметрами: максимальное значение **P.UPr** и минимальное **P.min**. Эти параметры задаются в процентах от максимальной мощности, которую можно подать на Исполнительный механизм. Если Регулятор выдает значение мощности, находящееся за пределами заданного диапазона, то оно принимается равным **P.UPr** или **P.min** соответственно.

Ограничение скорости роста выходной мощности Регулятора необходимо для безударного включения Исполнительного механизма. Максимальная скорость изменения выходной мощности задается параметром **P.rESв** %/мин.

### Управление трехпозиционным ИМ

Прибор ТРМ 151-03 управляет трехпозиционным исполнительным механизмом (задвижкой) при помощи сигналов трех типов: «больше», «меньше», «стоп». Для управления таким ИМ необходимо два Выходных элемента.

ТРМ 151 может управлять трехпозиционным ИМ с датчиком положения или без него (рис. 4.4).

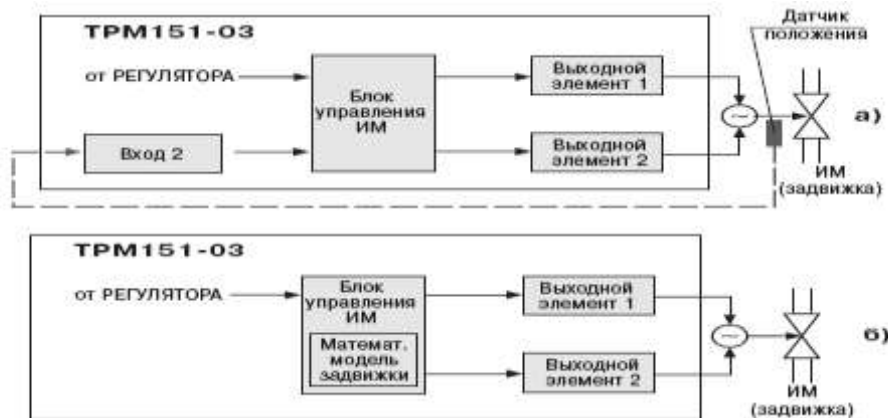


Рис. 4.4. Управление трехпозиционным ИМ:  
а – с датчиком положения; б – без датчика положения

### Выходные элементы

TPM 151-03 имеет два встроенных Выходных элемента (ВЭ).

ВЭ1 и ВЭ2 программно привязаны к Регулятору для управления трехпозиционными ИМ (завдвижкой). ВЭ1 подаёт управляющий сигнал для открытия завдвижки, ВЭ2 на закрытие. Для управления трехпозиционными ИМ применяются дискретные ВЭ (электромагнитное реле, транзисторная или симисторная оптопара, выход для управления твердотельным реле).

### Уставка

Уставка – это значение, которое требуется поддерживать с помощью Регулятора в данный момент времени. Уставка вместе с текущим значением регулируемой величины подается на вход Регулятора.

На каждом Шаге Программы технолога для каждого Регулятора задаются следующие параметры Уставки:

- тип Уставки **P.-SP**;
- значение Уставки **SP.LU**;
- скорость выхода на Уставку **LF.LU**;
- допустимые границы изменения Уставки для работы в режиме ручного управления:
  - нижняя граница задания Уставки **b.CH.L**;



- верхняя граница задания Уставки **b.CH.H.**

В ТРМ151-03 в качестве Уставки можно задавать:

- значение регулируемой физической величины (тип – «значение»);
- значение выходной мощности Регулятора (тип – «мощность»).

Тип Уставки задается параметром **P.-SP.**

Задание Уставки типа «мощность» бывает необходимо на некоторых стадиях техпроцесса, когда контролировать физический параметр системы не требуется или невозможно. Тогда Вы можете задать фиксированное значение мощности, которое будет подаваться на Исполнительный механизм. Регулирование при этом происходить не будет. Значение Уставки типа «значение» задается в единицах регулируемой величины и должно находиться в диапазоне измерения Датчика.

Значение Уставки типа «мощность» задается в относительных единицах и может принимать значения от «0» до «1».

В ТРМ 151-03 можно ограничить скорость выхода на Уставку.

Эта функция используется в тех случаях, когда регулируемая величина должна плавно, с заданной скоростью, возрасти или уменьшиться на данном Шаге Программы:

- в течение всего Шага (рис. 4.5, а);
- в течение части Шага – до достижения Значения Уставки, далее осуществляется поддержание достигнутого значения Уставки (рис. 4.5, б, в).



Рис. 4.5. Задание скорости выхода на Уставку



В начале Шага Уставка принимает значение, равное текущему значению регулируемой величины ( $T_0$ ), и сразу начинает изменяться с заданной скоростью.

Величина  $T_0$  – это значение Уставки на предыдущем Шаге или начальное значение, если Шаг – первый. Например, если регулируется температура, то при старте Программы  $T_0$  примет значение температуры окружающей среды и начнет расти (или уменьшаться) с заданной скоростью от этого значения.

Параметр Скорость выхода на Уставку **LF.LU** задается в единицах регулируемой величины в минуту. Если задать параметру **LF.LU** значение «0», то скорость принимается равной бесконечности, т. е. Уставка мгновенно достигает значения, заданного параметром **SP.LU**.

### **Реакция прибора на отключение напряжения питания**

Реакция на случайное отключение питания в приборе ТРМ 151-03 определяется параметром **bEHv**, который может принимать следующие значения:

- «Продолжить с того же места». При выключении питания прибор ТРМ 151-03 сохраняет в течение примерно 2-х часов информацию о своем состоянии и возвращается в него после восстановления питания, продолжая работу с того же места. Если до выключения питания прибор находился в состоянии СТОП или АВАРИЯ, то это же состояние сохранится после включения питания. Если напряжение питания отсутствовало долгое время и информация о состоянии была утеряна, то прибор переходит в состояние СТОП.

- «Запустить первую программу с первого шага». Независимо от того, в каком состоянии прибор находился до отключения питания, при восстановлении питания напряжения будет запущена первая Программа с первого Шага.

- «Перейти в состояние СТОП». Прибор переходит в состояние СТОП.

- «Перейти в состояние АВАРИЯ». Прибор переходит в состояние АВАРИЯ.

Прибор производит подсчет случайных отключений питания (параметр 220). Кроме того, прибор подсчитывает количество собственных пересбросов (параметр **rES**), которые могут происходить при отсутствии питания длительное время.

Прибор имеет энергонезависимую память, в которой сохраняются программируемые параметры прибора. Параметры хранятся в памяти в течение нескольких десятков лет.

## Сетевой интерфейс RS-485

Прибор ТРМ 151-03 имеет встроенный сетевой интерфейс RS-485, который предоставляет следующие основные возможности:

- Конфигурирование прибора с персонального компьютера;
- Регистрация на ПК параметров текущего состояния.
- Для работы прибора в сети RS-485 необходимо установить его сетевые настройки. В одной сети могут находиться несколько приборов, подключенных к одному компьютеру. Для обеспечения корректной работы в этом случае сетевые параметры всех приборов одной сети должны быть одинаковы.
- Режим работы сети RS-485 определяют 5 параметров, представленных в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Заводские значения сетевых параметров

Имя параметра	Название параметра	Значение
bPS	Скорость обмена данными	9600 бит/с
Len	Длина слова данных	8 бит
PrtY	Контроль четности	отсутствует
Sbit	Количество стоп-бит в посылке	1
A.Len	Длина сетевого адреса	8 бит
rs.dL	Время задержки ответа по сети	1 мс

Изменение сетевых настроек прибора или программы может потребоваться при одновременной работе с несколькими приборами в сети.

При неустойчивой связи с прибором, на что указывают частые сообщения об ошибках при чтении или записи параметров, может возникнуть необходимость изменить Скорость обмена данными. Например, при работе на медленном ПК, если скорость составляла 9600 бит/с, попробуйте установить 38400 или 57600 бит/с.

Для обеспечения совместной работы сетевые параметры всех приборов одной сети и программы «Конфигуратор ТРМ 151» должны быть одинаковы. В противном случае невозможно установить связь между приборами. Базовые адреса всех приборов одной сети должны быть различны и заданы с интервалом, кратным 8.

Каждый прибор в сети RS-485 должен иметь свой уникальный Базовый адрес в сети.

Длина Базового адреса прибора определяется параметром **A.Len** при конфигурировании сетевых настроек и может быть либо 8, либо 11 бит. Соответственно максимальное значение, которое может принимать Базовый адрес при 8-битной адресации, – 255, а при 11-битной адресации – 2047.

На заводе-изготовителе всем приборам устанавливается одинаковый Базовый адрес **Addr**, равный 16. Если планируется использовать в одной сети RS-485 несколько приборов, то им необходимо задать новые значения Базовых адресов.

Для каждого следующего прибора ТРМ 151 в сети Базовый адрес задаётся по формуле: Базовый адрес прибора ТРМ 151 = Базовый адрес предыдущего прибора + 8.

Настройка сетевых параметров прибора может осуществляться двумя способами:

- с помощью программы «Конфигуратор ТРМ 151»;
- кнопками на лицевой панели прибора.

После изменения сетевых параметров прибора задайте аналогичные настройки для сетевых параметров программы с помощью Конфигуратора. Доступ к ним возможен через папку «Сетевые параметры программы» или через меню Режимы программы – Сетевые параметры программы.

## 4.2. Лицевая панель прибора. Индикация и управление

На лицевой панели прибора имеются следующие элементы индикации и управления:

- четыре цифровых светодиодных индикатора (ЦИ1...ЦИ4);
- 11 светодиодов;
- 6 кнопок.

Внешний вид лицевой панели ТРМ 151-03 представлен на рис. 4.6.

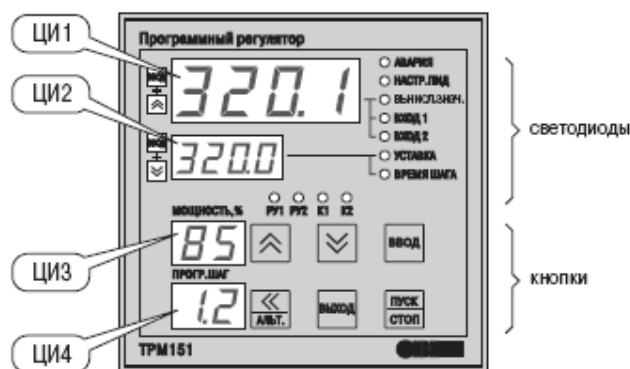




Рис. 4.6. Лицевая панель прибора

Цифровые индикаторы ЦИ1...ЦИ3 в рабочем режиме отображают символьную информацию о Канале регулирования. На ЦИ1 возможно отображение одной из 3-х величин:

- измеренной Входом 1 (светодиод «Вход 1»);
- измеренной Входом 2 (светодиод «Вход 2»);
- вычисленной Вычислителем (светодиод «Вычисленное значение»).

Переключение параметра индицируемого, на ЦИ1 производится кнопками  и , при этом светится один из светодиодов, показывая, какой из параметров выводится на ЦИ1.



Назначение цифровых индикаторов представлено в табл. 4.5.

Таблица 4.5

## Назначение цифровых индикаторов


Цифровой индикатор	Назначение
ЦИ1	Отображает текущее значение измеренной или вычисленной величины
ЦИ2	Отображает текущее значение Уставки для регулирования величины, отображаемой на ЦИ1. При этом светится светодиод «УСТАВКА»
ЦИ3	Отображает значение выходной мощности, подаваемой на Исполнительный механизм, в процентах
ЦИ4	Отображает номер текущей Программы и номер Шага

Отображение времени, прошедшего от начала текущего Шага.

На ЦИ2 можно отобразить время, прошедшее от начала текущего Шага. Для этого нажмите одновременно  + . ЦИ2 покажет время в единицах измерения, установленных параметром Масштаб времени. При этом засветится светодиод «ВРЕМЯ ШАГА». Для возврата к индикации Уставки на ЦИ2 нажмите еще раз «+».

Отображение Уставки типа «мощность».

Если Вы задали тип Уставки «мощность», то на ЦИ2 отображается «**PR.SP**», а значение Уставки отображается на ЦИ3. При этом светится светодиод «УСТАВКА».

Если на каком-либо ЦИ поместилась не вся информация (например, не все разряды числа), нажмите кнопку . Окно отображения сдвинется, и Вы сможете посмотреть непоместившуюся информацию.

Назначение светодиодов представлено в табл. 4.6.

Таблица 4.6

## Назначение светодиодов































Светодиод	Назначение
«АВАРИЯ»	Светится в состоянии критической АВАРИИ (обрыв датчика, перегрев и т. п.). Мигает в состоянии некритической АВАРИИ
«НАСТР.ПИД»	Светится при автонастройке ПИД-регулятора
«ВЫЧ.ЗНАЧ»	Светится при выводе на ЦИ1 вычисленного значения
«ВХОД 1»	Светится при выводе на ЦИ1 значения, измеренного Входом 1
«ВХОД 2»	Светится при выводе на ЦИ1 значения, измеренного Входом 2
«УСТАВКА»	Светится при отображении на ЦИ2 Уставки
«ВРЕМЯ ШАГА»	Светится при отображении на ЦИ2 времени, прошедшего от начала текущего Шага
«РУ1»	Показывает, что Канал находится в режиме Ручного управления: – мигает при ручном управлении выходной мощностью Регулятора, – постоянно светится при ручном управлении Уставкой
«К1»	Светится, если Выходной элемент 1 ключевого типа (с маркировкой «Р», «К», «С») находится в состоянии «замкнуто». Для ВЭ1 типа ЦАП 4...20 мА (с маркировкой «И») светодиод «К1» не задействован
«К2»	Аналогично для Выходного элемента 2





## Назначение кнопок в рабочем режиме

Назначение кнопок при Рабочем режиме представлено в табл. 4.7. Назначение кнопок при работе в других режимах описано в соответствующих разделах РЭ.

Таблица 4.7

## Назначение кнопок

Кнопка	Назначение
 (нажать и удерживать 2–3 с)	Запуск/остановка Программы. Переход из состояния СТОП (STOP) в состояние РАБОТА (RUN) и обратно
 + 	Выбор параметра на ЦИ1
 + 	Выбор параметра, индицируемого на ЦИ2
	Сдвиг окна отображения для просмотра информации, не поместившейся на цифровых индикаторах; при аварии – отображение на ЦИ2 кода аварии
 + 	Переход в режим Выбора Программы и Шага (режим SEL)
 + 	Переход в режим «Быстрого» программирования
 + 	Переход в режим Программирования
 + 	Переход в режим Автонастройки ПИД-регуляторов
 + 	Переход в режим Юстировки
 +  + 	Переход в режим Ручного управления Уставкой
 +  + 	Переход в режим Ручного управления выходным сигналом регулятора (мощностью) и обратно
 +  (+  )	Изменение значения параметра (выходного сигнала или Уставки) в режиме Ручного управления
 +  + 	Принудительная перезагрузка прибора
 + 	Переход в состояние ПАУЗА (из состояния РАБОТА) и обратно

**Примечание.** Порядок нажатия кнопок важен. Сочетание  +  означает, что нужно нажать кнопку , не отпуская ее, нажать кнопку .



## Состояния прибора и их индикация

Прибор может находиться в одном из описанных ниже состояний.

- В состоянии РАБОТА производится выполнение Программы технолога.

- В состоянии ПАУЗА регулирование продолжается, но «замораживаются» все динамические изменения: прекращается отсчет времени Программы технолога и изменение Уставки. После повторного старта ход Программы возобновляется с прерванного места. Состояние ПАУЗА можно использовать для искусственного продления Программы технолога.

- В состояние КОНЕЦ ПРОГРАММЫ прибор попадает после завершения выполнения Программы технолога.

- В состоянии СТОП ни одна Программа технолога не выполняется. При этом возможно или отключение Выходных устройств, или поддержание фиксированного значения мощности на Исполнительных механизмах или регулирование по заданной Уставке.

- В состояние АВАРИЯ прибор переходит при возникновении аварийной ситуации. В этом состоянии также возможно поддержание фиксированного значения мощности на ИМ.

Схема переключения состояний прибора приведена на рис. 4.7.

В каждом состоянии, кроме РАБОТА, на ЦИ2 выводится соответствующее сообщение. Список возможных сообщений приводится в табл. 4.8.

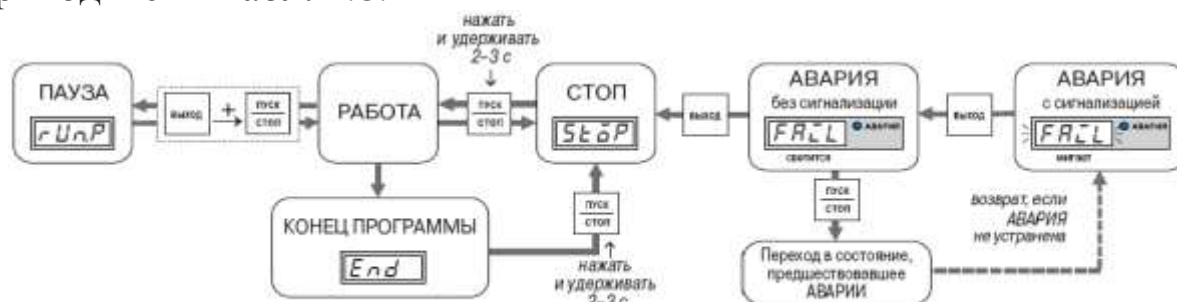


Рис. 4.7. Схема переключения состояний прибора



Таблица 4.8

## Индикация состояния прибора

Сообщение на ЦИ2	Состояние прибора	Описание состояния прибора
<i>End</i> («End»)	КОНЕЦ ПРОГРАММЫ	Остановка после выполнения Программы
<i>Stop</i> («StoP»)	СТОП	Остановка выполнения Программы
<i>rUn.P</i> («rUn.P»)	ПАУЗА	Пауза при выполнении Программы
<i>FRiL</i> («FAiL»)	АВАРИЯ	Авария

**Режимы прибора и общая схема их переключения**

На рис. 4.9 показана общая схема переключения режимов прибора. На схеме приведены также назначения кнопок и их комбинаций в Рабочем режиме.



## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

### 5.1. Назначение и состав элементов стенда

Лабораторный стенд «САР соотношения и параметров» предназначен для проверки работоспособности прибора ТРМ 151-03 в качестве автоматического регулятора.

Состав элементов стендов отражает его лицевая панель, приведенная на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования соотношения параметров»

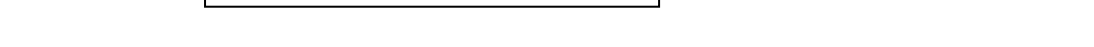
На лицевой панели стенда размещены следующие элементы:

- 1 – Индикатор включения питания стенда;
- 2 – Автоматический выключатель питания стенда;
- 3 – Кнопка включения компрессора «ВКЛ»;
- 4 – Кнопка выключения компрессора «ВЫКЛ»;

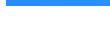
- 5 – Переключатель режима управления исполнительным механизмом;
- 6 – ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ 151-03;
- 7 – Ручной регулятор расхода топлива (РРТ), выполняющий функции задатчика;
- 8 – Кнопки РУ (М – меньше, Б – больше) ручного управления положением регулирующего клапана КЗР;
- 9 – Горелка (смеситель воздушных потоков, имитирующих топливо и воздух);
- 10 – Блок реле БР управления электроприводом регулирующего клапана;
- 11 – Регулирующий клапан (КЗР);
- 12 – Манометры Р1, Р2 для визуального контроля давлений в трубопроводах топлива и воздуха;
- 13 – Преобразователи давления ПД 100 (датчики давления ДТ, ДВ топлива и воздуха);
- 14 – Блоки питания датчиков давления и реле управления;
- 15 – Компрессор, вырабатывающий сжатый воздух;
- 16 – Индикаторные лампы конечных положений регулирующего клапана «Откр.», «Закр.».

Система обеспечивает управление клапаном КЗР в автоматическом (АВТ.) и ручном (РУЧН.) режимах. В первом режиме (переключатель 5 установлен в позицию АВТ.) электродвигателем М2 клапана управляет ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ 151-03 через блок промежуточных реле БР, поддерживая заданное соотношение давлений  $P_t/P_v$ , а во втором режиме управления (переключатель 5 установлен в позицию РУЧН.) – человек, с помощью кнопок М и Б воздействуя на блок реле БР. В крайних положениях клапана электродвигатель М2 отключается автоматически концевыми выключателями, встроенными в КЗР.

Стенд «САР соотношения параметров» связан с персональным компьютером ПК с помощью интерфейсного модуля RS-485 прибора и сетевого адаптера (преобразователя интерфейсов RS-485/RS 232) АСЗ. В ПК установлена SCADA-система ОРМВ.2 [1] – программа, обеспечивающая сбор, отображение и архивацию данных, поступающих от прибора ТРМ 151-03.



- 



3. На экране появится окно, в котором нужно ввести имя пользователя и пароль (см. в [1], рис. 2.1);

4. Если Вы правильно ввели имя и пароль, то на экране появится **Главное окно программы** (см. в [1], рис. 2.2);

5. В главном окне программы на панели инструментов следует, щелкнув кнопку **Открыть** (📁), открыть файл проекта **15106.own** (рис. 5.3);

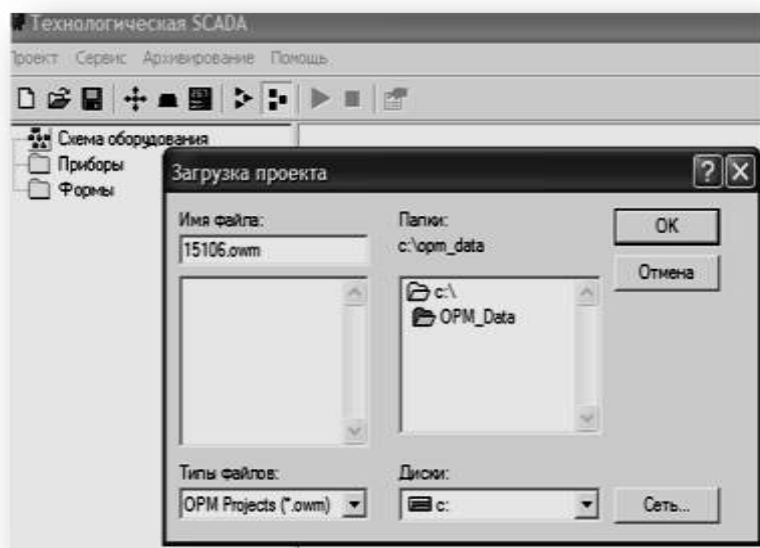


Рис. 5.3. Главное окно панели инструментов

6. Сразу после запуска проекта в **Рабочем окне** (рис. 5.4.) отображаются Схема оборудования в виде дерева (слева) и технологическая схема контроля в виде мнемосхемы (справа) рис. 4.6;

7. Внизу **Рабочего окна** находятся закладки для каждого прибора. Дерево **Схема оборудования** содержит папку **Приборы**, которая в свою очередь содержит перечень приборов схемы сети и позволяет переключаться между вкладками приборов;

8. Для начала работы с прибором перейдите во вкладку прибора ТРМ 151, щелкнув один раз левой кнопкой мыши по соответствующей закладке внизу **Рабочего окна**. В появившемся окне отображаются списки параметров и графики значений параметров прибора;

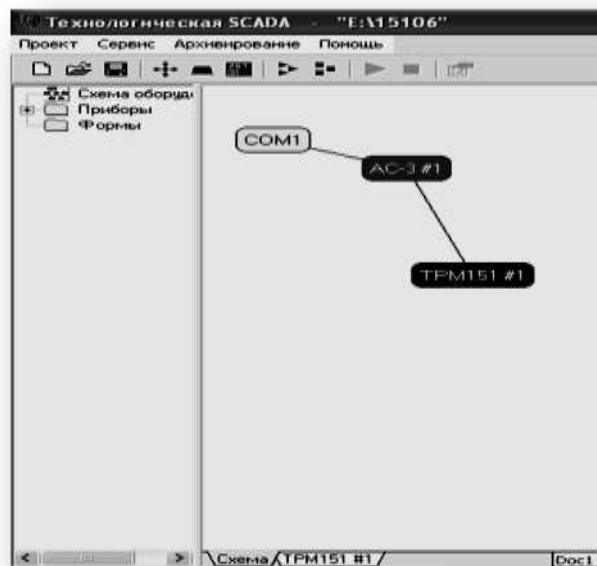


Рис. 5.4 Рабочее окно программы:  
COM1 – последовательный порт ПК;  
АС-3 – сетевой адаптер; ТРМ 151-1 – прибор №1

9. Выбрав во вкладке прибора **Сервис** → **Запуск** или нажав кнопку на **Панели инструментов** запустить опрос значений всех параметров всех приборов. Тогда при переходе во вкладку конкретного прибора справа от значений параметров появятся графики изменения значений параметров (рис. 5.5);

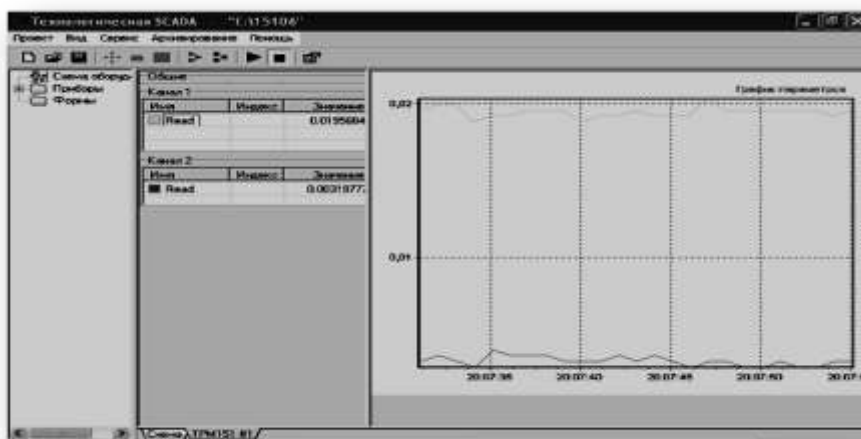


Рис. 5.5. Графики изменений значений параметров прибора

Можно отображать каждый параметр на отдельном графике, для этого выберите **Вид** → **График** → **График для каждого параметра**.

10. Убедиться, что горит сигнальная лампа «Закр» положения задвижки и переключатель 5 режима управления

находится в положении АВТ. Если задвижка находится не в закрытом состоянии, то переключив 5 в режим ручного управления РУЧН., кнопками М, Б закрыть задвижку (до срабатывания концевого выключателя закрытого положения);

11. Включить компрессор лабораторного стенда, нажав кнопку ВКЛ на стенде;

12. После отключения компрессора собственным регулятором давления в ресивере с помощью регулятора расхода топлива РРТ, используя манометр Р1, установить давление топлива 0,05–0,2 МПа (0,5–2 атм);

13. На лицевой панели прибора ТРМ 151 нажать и удерживать не менее 3 секунд кнопку **ПУСК** и тем самым запустить программу регулятора соотношения технологических параметров.

На рис. 5.6, 5.7, 5.8 представлены графики изменения давлений топлива (красный цвет – нижняя кривая) и воздуха (синий цвет – верхняя кривая), полученные в системе при ее возмущении изменением вручную давления топлива. Анализ этих графиков показывает, что отношение  $P_T/P_B$  поддерживается регулятором на установленном уровне в установившихся режимах работы системы регулирования.

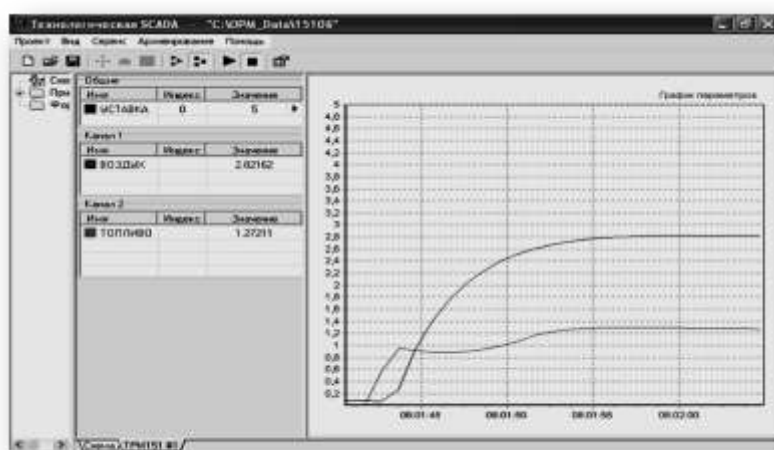


Рис. 5.6. Графики изменения давлений  $P_T$ ,  $P_B$  при резком увеличении давления топлива



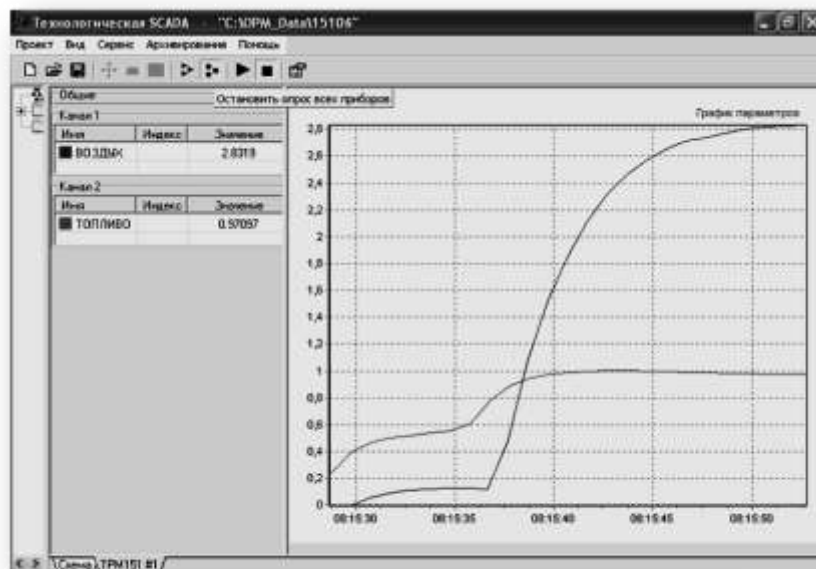


Рис. 5.7. Графики изменения давлений  $P_T$ ,  $P_B$  при плавном увеличении давления топлива

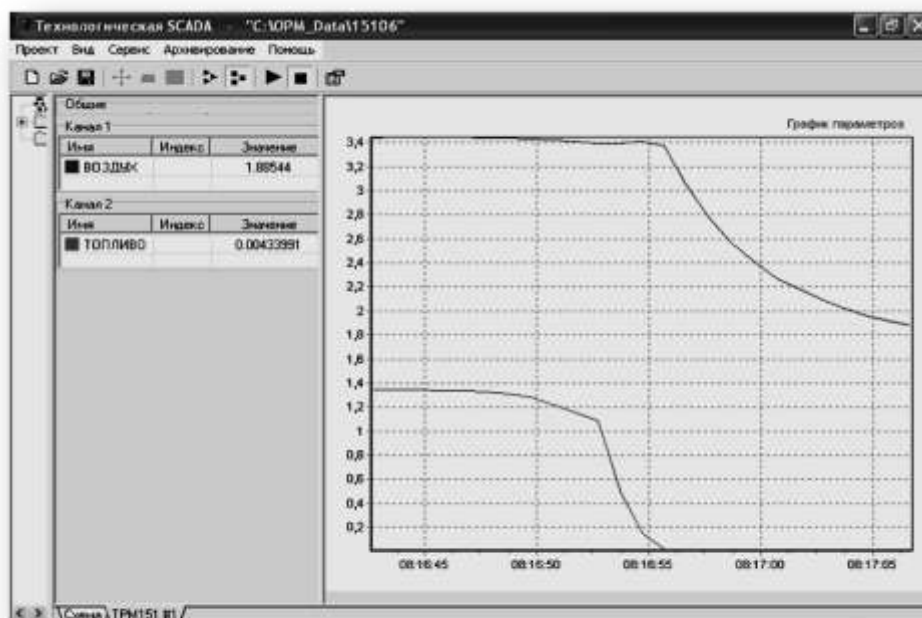


Рис. 5.8. Графики изменения давлений  $P_T$ ,  $P_B$  при резком уменьшении давления топлива

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение и основные функции прибора ТРМ 151-03.
2. Элементы структурной схемы прибора и их функции.
3. С какими датчиками может работать прибор?
4. Какие выходные элементы могут быть установлены в ТРМ 151-03 по заказу пользователей?
5. Что собой представляет Программа технолога?
6. Какое максимальное количество независимых Программ технолога можно задать в приборе?
7. Какие математические операции можно задать вычислителю прибора?
8. По какой формуле рассчитывается выходной сигнал ПИД-регулятора в ТРМ 151-03?
9. Сетевой интерфейс прибора и параметры его настройки.
10. Лицевая панель прибора: назначение кнопок, световых и цифровых индикаторов?
11. Состав информационных сообщений, выводимых на цифровые индикаторы в приборе.
12. Назначение стенда «САР соотношение параметров», состав его элементов.
13. Функции ПК при проверке на стенде работы прибора ТРМ 151-03.
14. Как реагирует стендовая система при изменении ручным регулятором давления топлива?

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Медведев А. Е. Программное обеспечение приборов и систем управления технологическими объектами: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» / А. Е. Медведев; КузГТУ. – Кемерово, 2009. – 87 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=499>

2. Руководство по эксплуатации универсального программного регулятора ТРМ 151-03. – Москва: НПО ОВЕН, 2005. – 99 с.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. АСУ ЗАДВИЖКОЙ В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и работы автоматизированной системы управления задвижкой (АСУЗ) горячего водоснабжения выполненной на базе прибора ПКП1Т, Сети RS-485, адаптера АСЗ и персонального компьютера ПК.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**2.1.** Ознакомиться с конструкцией и расположением элементов системы на лабораторном стенде;

**2.2.** Ознакомиться с назначением, функциональной структурой, лицевой панелью и схемой подключения прибора ПКП1Т. Осуществить просмотр значений программируемых параметров прибора и записать их значения;

**2.3.** Провести стендовые испытания работоспособности АСУ задвижкой в режиме местного управления с помощью кнопок лицевой панели прибора и в режиме дистанционного управления с персонального компьютера ПК.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

**3.1.** Структурная схема АСУ задвижкой и описание принципа её построения;

**3.2.** Прибор ПКП1Т: назначение, функциональная схема и схема подключения прибора. Значение параметров настройки прибора;

**3.3.** Главное окно SCADA-системы OPMv.2.04a, установленной на ПК для сбора, регистрации и архивирования данных с ПКП1Т;

**3.4.** Результаты стендовых испытаний АСУ задвижкой:  
– описать выполнение системой команд в режимах местного и дистанционного с ПК управления;

– представить отображаемые на экране монитора параметры работы задвижки (окно значений параметров, графики процента открытия задвижки и тока электродвигателя, соответствующие обработке заданной уставки положения задвижки).

#### 4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ

Функциональная структура распределенной АСУ задвижками представлена на рис. 1. Система имеет два уровня управления. Нижний уровень обеспечивает локальное автоматическое управление задвижками и выполнен на приборах ПКП1Т фирмы ОВЕН. Верхний уровень управления представляет собой SCADA-систему OPMv.2.04a – программу для ПК, обеспечивающую сбор, отображение и архивацию данных, поступающих от приборов ПКП1Т, а также формирование команд дистанционного управления положением задвижек «Открыть»/«Заккрыть»/«Стоп», подаваемых с ПК оператором на выбранный прибор ПКП1Т по двухпроводной линии связи.

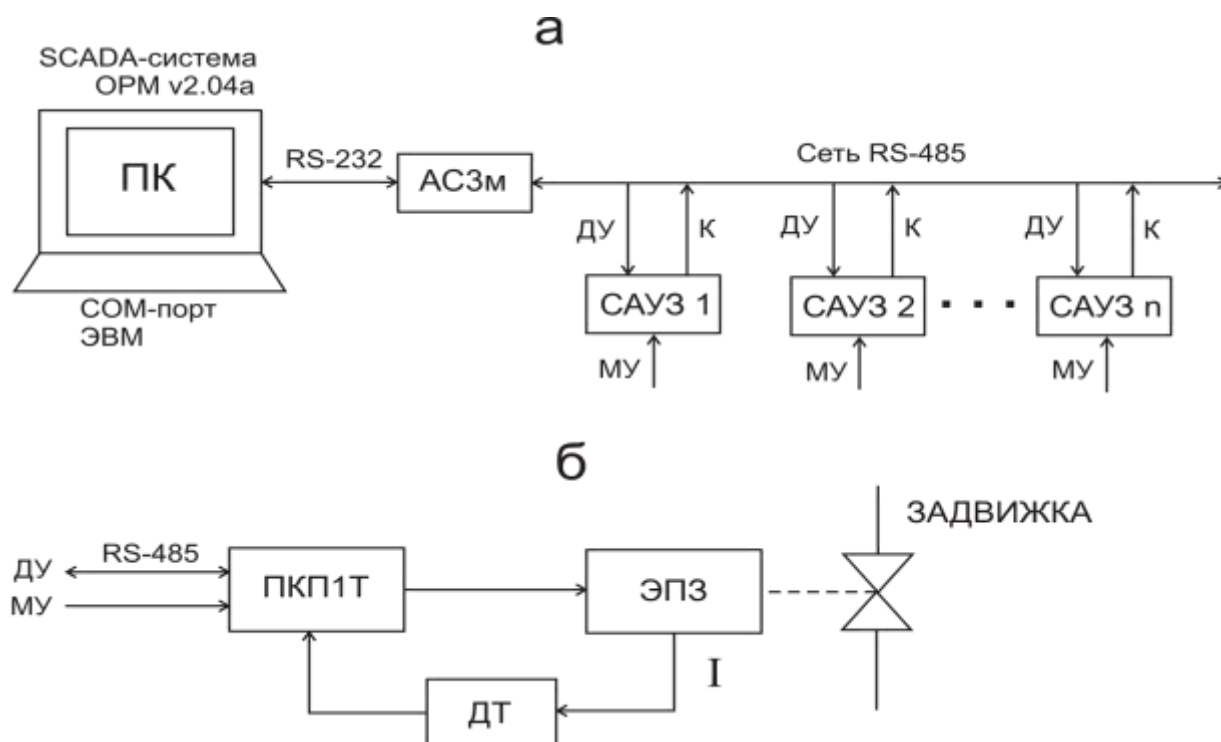


Рис. 1. Структурные схемы распределенной АСУ задвижками:  
в системе теплоснабжения города (а);  
и локальной САУ задвижкой (б)

Функциональные возможности SCADA-системы OPM:

Моделирование сети, состоящей из одного или нескольких адаптеров и приборов ОВЕН, подключенных к ПК;

Отображение любых доступных параметров приборов в виде таблиц, графиков, линейных или стрелочных индикаторов;

Выдача сообщений о выходе из строя параметров за заданные границы (система «алармов» – предупреждений);

Сбор информации и управление параметрами приборов с установкой периода опроса для каждого параметра в отдельности;

Сохранение, редактирование схемы (сети) автоматического контроля технологических параметров, построенных на базе приборов ОВЕН;

Архивирование в реальном времени любых доступных параметров приборов через заданные промежутки времени;

Контроль работоспособности приборов;

Просмотр архива измерений за любые промежутки времени в табличном и графическом виде с помощью подсистемы (подпрограммы) OWENREPORTVIEWERv.2 (ORVv.2).

Для подключения к COM-порту ПК прибора ПКП1Т с интерфейсом RS-485 используется адаптер ОВЕН АС3 (преобразователь интерфейсов RS-232/RS-485), а при подключении к порту USB-адаптер ОВЕН АС4 (преобразователь интерфейсов USB/RS-485). Приборы, подключенные к одному ПК образуют сеть.

Минимальные требования к ПК:

Операционная система Windows 2000/XP;

Тактовая частота процессора  $\geq 600$  МГц;

Оперативная память  $\geq 128$  Мб;

Объем жесткого диска  $\geq 4$  Гб;

Видеокарта PCI или AGP с памятью 16 Мб.

Прибор ПКП1Т предназначен для местного или дистанционного управления электроприводом задвижки или затвора без применения концевых выключателей (контроль положения задвижки осуществляется по времени её перемещения и току электродвигателя). Прибор обеспечивает:

- Автоматическую остановку электропривода задвижки в крайних её положениях и формирование сигнала о соответствующем конечном положении;

- Контроль и индикацию текущего положения задвижки в процентах (%);
- Автоматическое отключение электропривода с выдачей сигнала АВАРИЯ при заклинивании задвижки в процессе движения или проскальзывания механизмов электропривода;
- Сохранение информации о положении задвижки при обесточивании;
- Сетевой контроль и управление при установленном в приборе модуле интерфейса RS-485 связи с компьютером (регистрация положения задвижки и управление её электроприводом с ПК);
- Регистрацию положения задвижки внешним регистратором при установке в приборе модуля с токовым выходом 4–20 мА.

Настройка SCADA-системы OPMv.2 на работу с приборами ОВЕН детально представлена в [1].

Функциональная схема прибора ПКП1Т представлена на рис. 2.

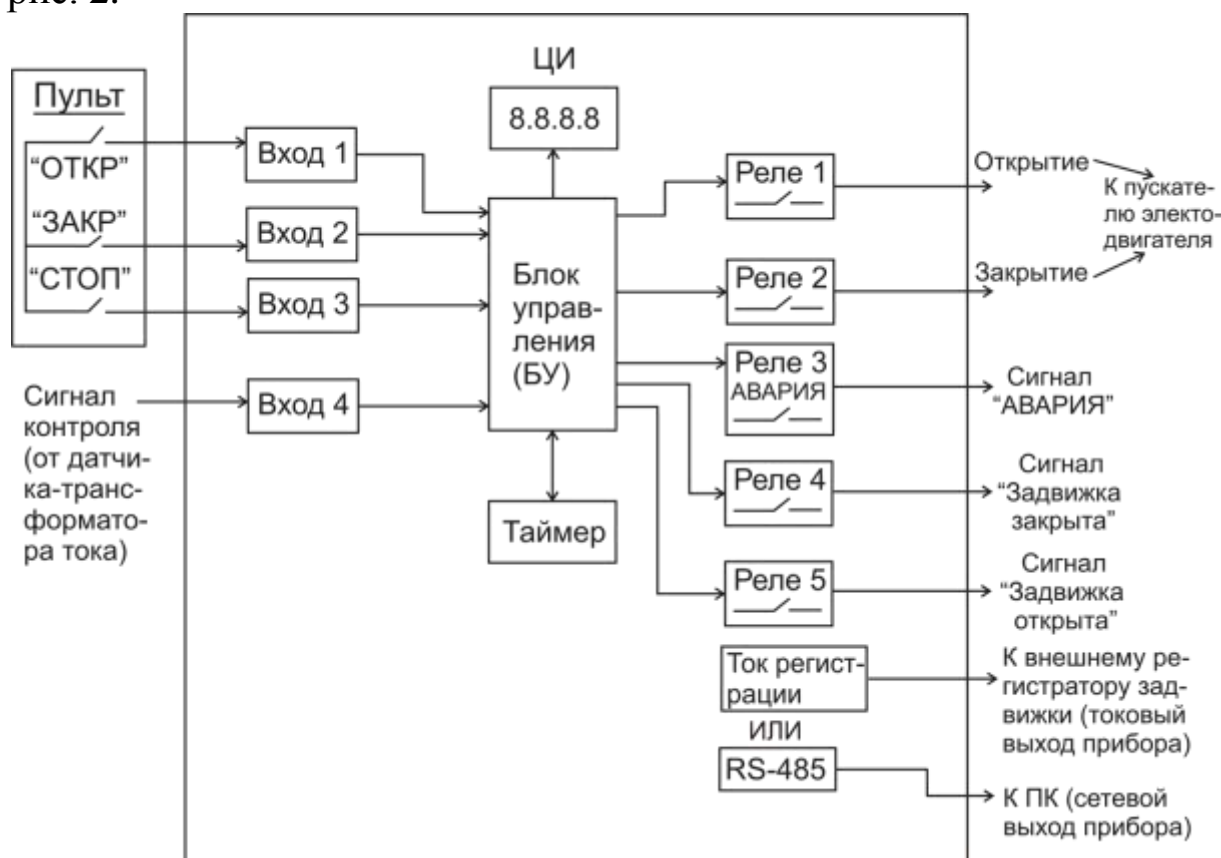


Рис. 2. Функциональная схема прибора ПКП1Т

Схема АСУ задвижками содержит следующие элементы:

ПК – персональный компьютер со SCADA системой Owen Process Manager OPMv.2.04a;

АС 3 м – адаптер сетевой – преобразователь интерфейсов RS-232/RS-485;

САУЗ – локальная система автоматического управления задвижкой;

МУ – сигналы местного управления задвижкой, формируемые с помощью кнопок лицевой панели прибора ПКП1Т;

ДУ – сигналы дистанционного управления движением задвижки, формируемые с помощью ПК;

К – сигнал контроля параметров работы задвижки;

ПКП1Т – прибор контроля положения задвижки и управления её движением без применения конечных выключателей;

ДТ – датчик тока электродвигателя задвижки (трансформатор тока);

ЭПЗ – электропривод задвижки (реверсивный пускатель – электродвигатель).

Оператор может осуществить местное управление положением задвижки либо с помощью кнопок пульта, подключенного к выходам 1–3 прибора, либо с помощью кнопок, расположенных на лицевой панели прибора.

На лицевой панели прибора ПКП1Т (рис. 3) расположены:

Цифровой индикатор ЦИ положения задвижки;

Клавиатура управления задвижкой и программирования прибора;

Светодиоды сигнализации положения задвижки, направления её движения, виды управления.

Четырехразрядный цифровой индикатор предназначен для отображения значений измеряемых величин и функциональных параметров прибора. Два светодиода «ДВИЖЕНИЕ» постоянным свечением красного цвета показывают направление перемещения задвижки.

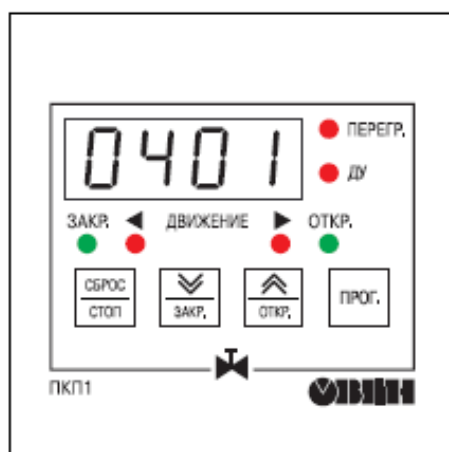



Рис. 3. Внешний вид лицевой панели

Светодиод «ПЕРЕГР.» сигнализирует постоянным свечением красного цвета о достижении заданного пользователем порога тока защитного отключения. Светодиоды «ЗАКР.» и «ОТКР.» постоянным свечением зеленого цвета указывают соответствующие концевые положения задвижки.

Светодиод «ДУ» сигнализирует постоянным свечением красного цвета о том, что управление прибором осуществляется внешними сигналами, поступающими на клеммник прибора.

Кнопка  предназначена для входа в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ, просмотра и установки значений рабочих параметров, а так же для возврата в режим РАБОТА.

Кнопка  предназначена:

- в режиме РАБОТА – для подачи команды на открытие задвижки, если включено местное управление;
- в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ – для выбора программируемого параметра из списка параметров в прямом направлении и изменения его значения в сторону увеличения.

Кнопка  предназначена:

- в режиме РАБОТА – для подачи команды на открытие задвижки, если включено местное управление;
- в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ – для выбора программируемого параметра из списка параметров в обратном направлении и изменения его значения в сторону уменьшения.


Кнопка  предназначена:







– в режиме РАБОТА для снятия сигнала «Авария» и подачи команды на остановку управления задвижкой или затвором, если включено местное управление;

– в режиме ПРОГРАММИРОВАНИЕ – для выхода из конкретной группы параметров в главное меню и, при необходимости, для выхода из режима ПРОГРАММИРОВАНИЕ с помощью программируемого параметра Out.

**ВНИМАНИЕ!** Во избежание случайного исполнения команд при воздействии внешних помех длительность активного сигнала должна превышать 0,5 с, иначе команда не воспринимается.

Прибор может функционировать в одном из двух режимов – РАБОТА/ПРОГРАММИРОВАНИЕ, задаваемых с помощью кнопок  (вход в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ и выход из него – возврат в режим РАБОТА).

Управление прибором может осуществляться либо кнопками расположенными на лицевой панели прибора (местное управление – МУ), либо внешним сигналом (дистанционное управление – ДУ). Выбор местного управления осуществляется нажатием на кнопку  при нажатой кнопке , а дистанционного – нажатием на кнопку  при нажатой кнопке .

Возможно четыре варианта управления прибором, определяемые при программировании ПКП1Т значением параметров ConS. Так при задании  $ConS = 1$  для управления прибором в режиме МУ или ДУ используются три команды – ОТКР., ЗАКР., СТОП (принцип управления реверсивным пускателем с запоминанием команд). При задании  $ConS = 2$  для управления используются только две команды – ОТКР., ЗАКР. (команда СТОП не используется). Управление происходит во время действия команды. Возможны варианты с использованием трех команд для МУ и двух команд для ДУ ( $ConS = 2$ ), двух команд для МУ и ДУ ( $ConS = 3$ ) и др.

Управление ПК разрешается при установлении параметра  $ConS = 0$ .

Устройство, режимы работы и настройка (программирование) прибора детально изложены в [2].

Схема подключения прибора ПКП1Т к электроприводу задвижки показана на рис. 4.

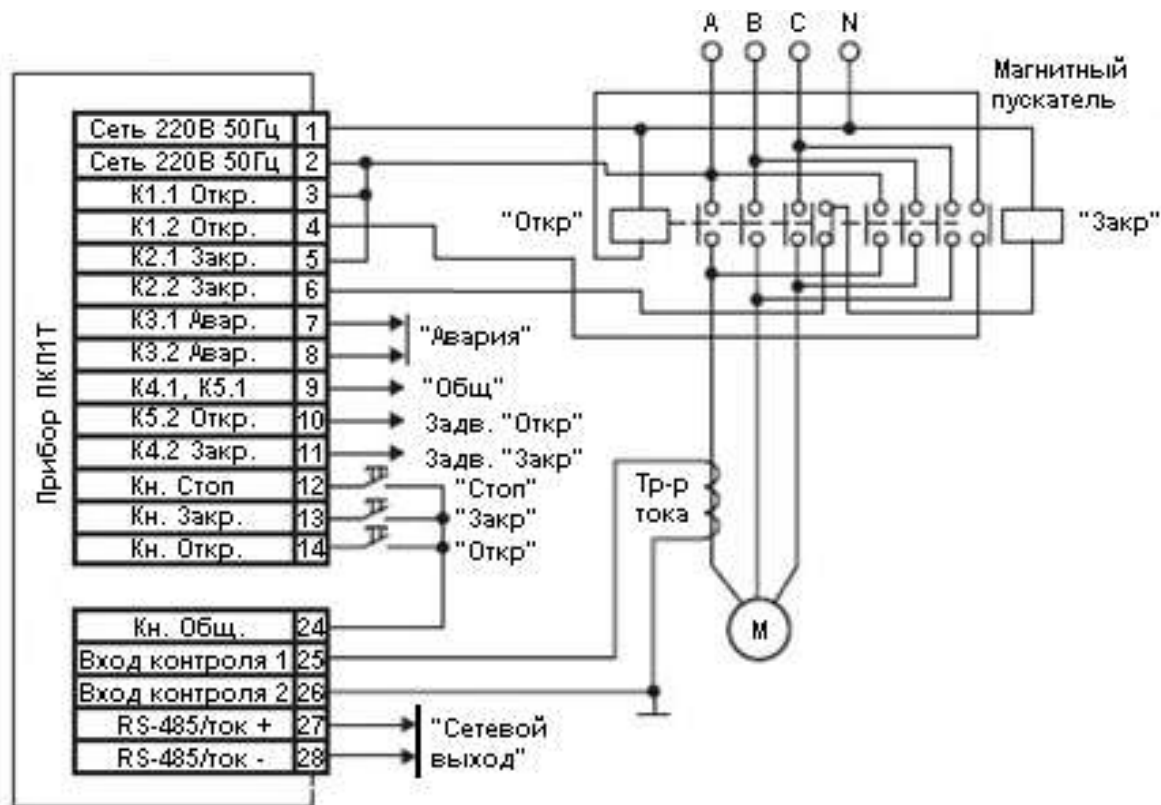


Рис. 4. Схема подключения прибора ПКП1Т

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

### 5.1. Размещение элементов на стенде

Компьютер SCADA-системы (рис. 5) и панель локальной САУ задвижкой (рис. 6) размещены в секциях специального шкафа. Рядом с ним в отдельном шкафу установлена задвижка (рис. 7), применяемая в системах горячего водоснабжения. Задвижка имеет ручной и электрический приводы.

На панели САУ задвижкой (см. рис. 6) установлены:

- Автоматический выключатель трехполосный;
- Прибор ПКП1Т управления задвижкой;
- Сигнальные лампы «Сеть», «Авария»;
- Кнопки-лампы выносного пульта управления и сигнализации.



Рис. 5. Компьютер SCADA-системы



Рис. 6. Лицевая панель САУ задвижкой



Рис. 7. Затвор горячего водоснабжения

## 5.2. Стендовые испытания АСУ затвором

Испытания работоспособности системы на стенде в режимах местного и дистанционного с ПК управления следует проводить в следующем порядке.


1. Подать питание  $\sim 380$  В на стенд, выполнив следующие действия:



- включить сетевой контактор в распределительном шкафу лаборатории кнопками «Общий» и № 3;
- включить пилотный распределитель и автоматический выключатель в шкафу стенда.

2. Войти в режим программирования прибора ПКП1Т, нажав и удерживая кнопку ПРОГ в течение не менее 6 с. На цифровом индикаторе должно появиться название Int первой группы параметров настройки прибора.

3. Используя меню настройки прибора (рис. 8), провести просмотр значений параметров, установленных ранее, и при необходимости (по заданию преподавателя) изменить их. Записать установленные значения параметров настройки в рабочую тетрадь.


Порядок работы с меню следующий.

3.1. Войти в режим программирования с помощью кнопки .

3.2. Выбрать нужную группу параметров с помощью кн. , после чего нажать на кн. .



3.3. Для доступа к параметрам данной группы (входа в её меню) вновь нажать на кн. .




3.4. Выбрать название параметров группы кн.  или .






3.5. Для доступа к значениям выбранного параметра настройки нажать на кн. .

3.6. Кнопками  или  установить числовое значение параметра. Для возврата в меню группы нажать кн. .

3.7. Для настройки других параметров данной группы повторить действия 3.4, 3.5, 3.6.

3.8. Перейти к следующей группе параметров кн.  или  и повторить действия 3.4, 3.5, 3.6.

3.9. После настройки или просмотра параметров всех групп нажать кн.  для возврата в режим РАБОТА. В этом режиме можно перейти с меню любой группы параметров, нажав последовательно кн.  и .

4. Задать режим местного управления нажатием кн.  при нажатой кнопке . Осуществить ручное управление ходом движки с помощью кнопок лицевой панели прибора , , .

5. Задать прибору режим дистанционного управления с ПК, установив с помощью меню (см. рис. 8) значение параметров  $ConS = 0$ .

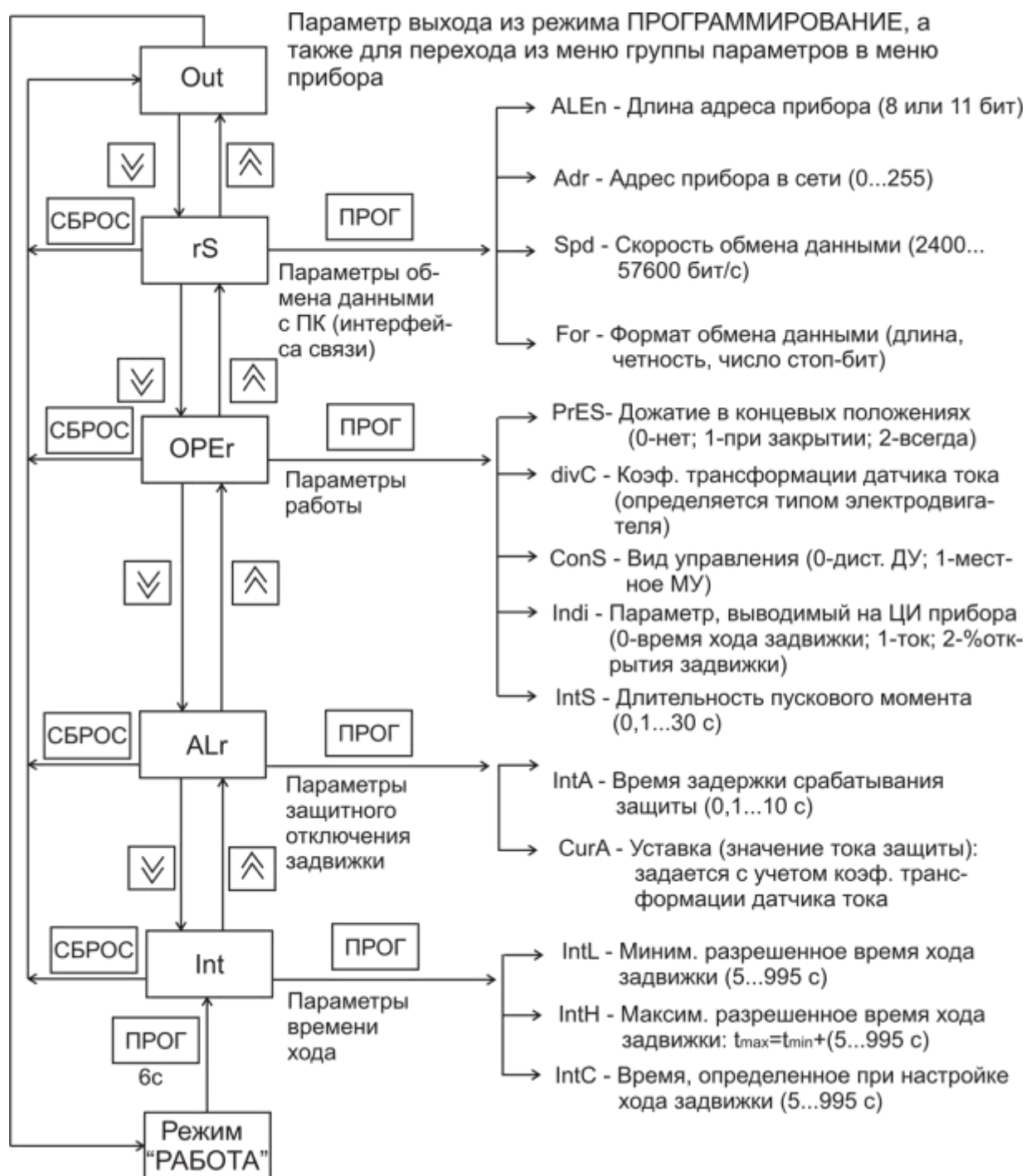


Рис. 8. Меню прибора ПКП1Т

6. Включить системный блок и монитор ПК, выполнить загрузку проекта «АСУ задвижкой», созданного на базе SCADA-системой OPMv.2.04a, в следующем порядке:

6.1. На рабочем столе монитора кликнуть «АСУ задвижкой»: на экране появиться окно «Введите пароль». Нажмите «ОК»: на экране появиться пустое главное окно OPMv.2.04a



«Технологическая SCADA», в меню которой для открытия проекта из файла следует выбрать ПРОЕКТ → ОТКРЫТЬ – в окне появиться панель «Загрузка проекта». Выбрать файл ПКП owt и нажать «ОК»: на экране вновь появиться главное окно ОРМ, но уже со схемой автоматического контроля и управления задвижкой, включающее в себя COM1-порт ПК, преобразователь АС-3#1 и задвижку – прибор ПКП1Т (рис. 9).

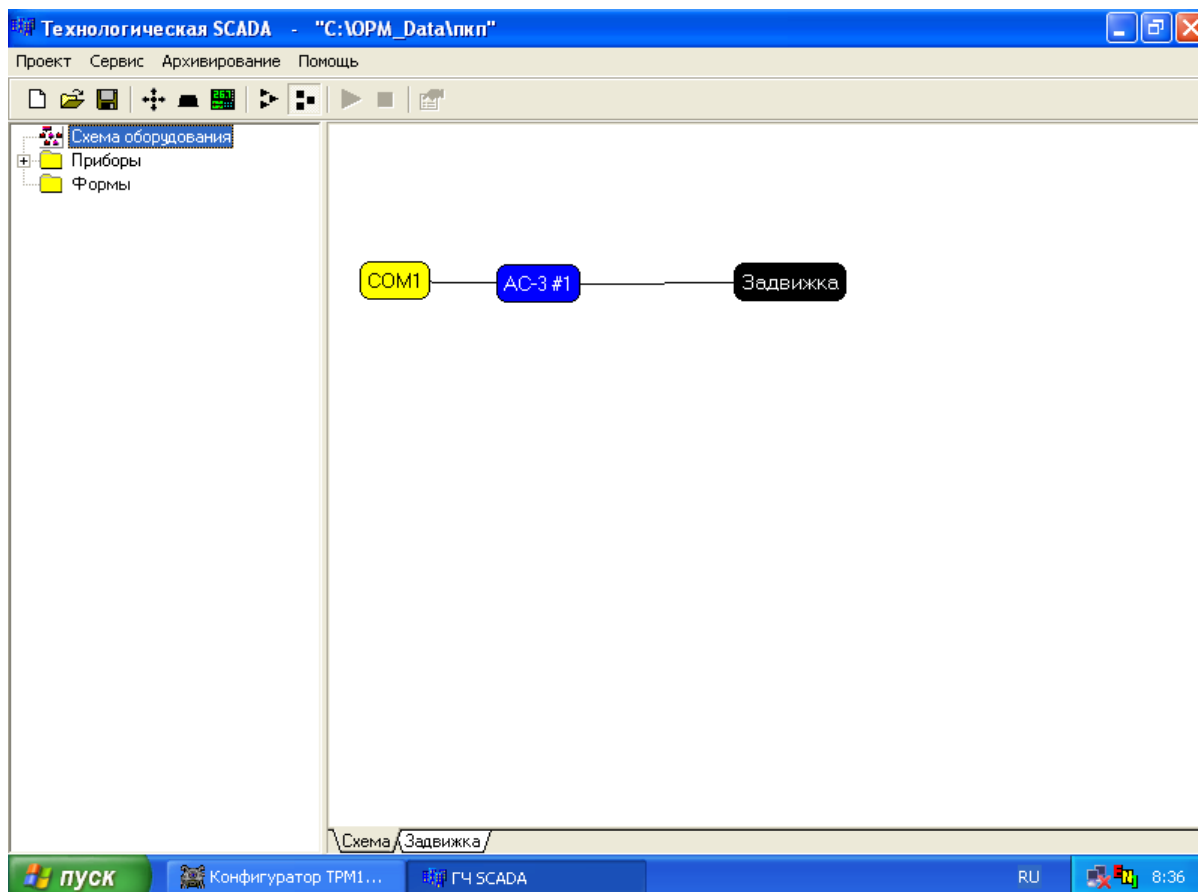


Рис. 9. Главное окно ОРМ v.2.04a

6.2. Для начала работы с прибором перейдите во вкладку прибора «Задвижка», щелкнув один раз левой кнопкой мыши по закладке «Задвижка» внизу рабочего окна ОРМ (см. рис. 9): появиться Окно значений параметров прибора (рис. 10), в котором отображаются Список параметров и графики значений времени хода, тока электродвигателя и процента открытия задвижки. График может быть либо общим с изображением на нем одновременно всех контролируемых параметров, либо индивидуальным

для каждого параметра. Для перехода на индивидуальные графики следует в меню ОРМ (см. рис. 10) осуществить действия «Вид» → «График» → «График для каждого параметра».

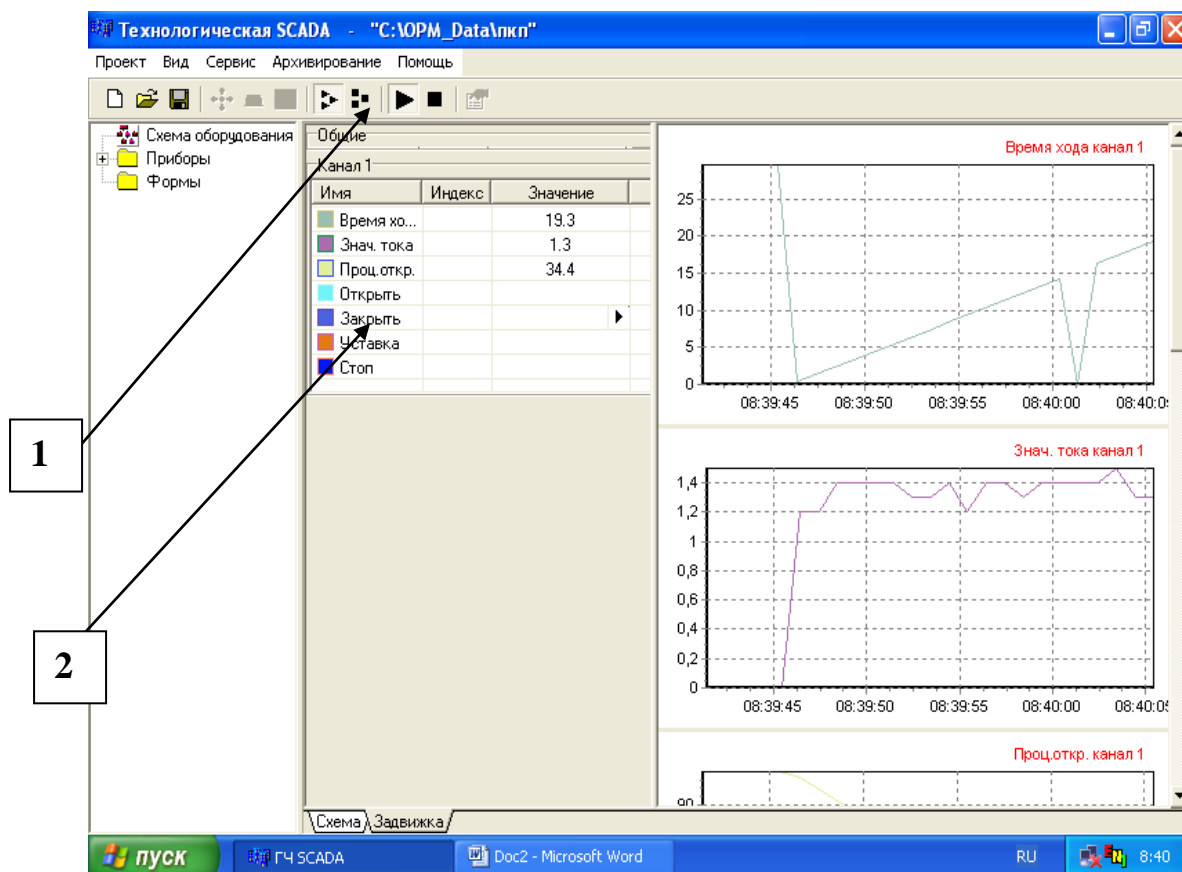




Рис. 10. Окно значений параметров прибора

6.3. Осуществить управление задвижкой с ПК, используя команды «Открыть», «Закреть», «Стоп» (см. на рис. 10 в списке параметров), действуя следующим образом:

- запустить опрос прибора, щелкнув мышью кнопку  на панели инструментов (см. поз. 1 на рис. 10) – графики начнут движение на экране справа налево;
- выбрать команду «Открыть» или «Закреть», щелкнув мышью соответствующую кнопку в списке параметров (например, поз. 2 на рис. 10) и далее в активной строке указать на символ ► щелчком левой кнопки мыши;
- нажать на клавиатуре «Enter» – задвижка начнет движение в соответствии с заданной командой;



- для остановки движения задвижки во время её хода следует выбрать СТОП → щелкнуть ► → нажать «Enter»;
- кнопкой  на панели инструментов остановить опрос прибора и зарисовать в рабочую тетрадь графики изменения тока и процента открытия задвижки.

6.4. Осуществить управление задвижкой с ПК по заданной уставке, действуя следующим образом:

- запустить опрос прибора (см. пункт 1 в п. 6.3);
- задать значение уставки в процентах (%) открытия, действуя в следующем порядке:
  - а) выбрать команду «Уставка» в Списке параметров (аналогично пункту 2 в п. 6.3);
  - б) с помощью цифровой клавиатуры набрать требуемое значение уставки в процентах (%), например 60;
  - в) нажать на клавиатуре «Enter» – задвижка начнет движение и автоматически остановится при открытии на заданную уставку;
  - г) остановить опрос прибора (см. пункт 5 в п. 6.3) и зарисовать графики тока и процента открытия задвижки.

Примечание: Рекомендуется: а) в строках команды точно устанавливать курсор на символ ►; б) энергично нажимать кнопку «Enter» на клавиатуре ПК.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие уровни управления и состав их элементов реализованы в АСУ задвижкой?
2. Функции, выполняемые SCADAOPM в АСУ задвижкой.
3. Назначение сетевого адаптера интерфейсов АСЗ.
4. Назначение прибора ПКП1Т в системе.
5. Какие функции выполняет прибор ПКП1Т в локальной САУ задвижкой?
6. Какие данные о задвижке отображаются на экране монитора ПК в режиме дистанционного управления?
7. Элементы лицевой панели прибора ПКП1Т и их назначение.

8. Принцип автоматического контроля положения задвижки без конечных выключателей, используемый в приборе ПКП1Т.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. SCADA-система OWENPROCESSMANAGEROPMv.2.04a / Приложения к ЛР «АСУ задвижкой» – Web-сайт Internet ф. ОВЕН, <http://www.owen.ru>

2. Прибор контроля положения задвижки ПКП1Т / Паспорт и руководство по эксплуатации. – Москва: НПО ОВЕН, 2005. – 26 с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 СИСТЕМА СБОРА И РЕГИСТРАЦИИ ДАННЫХ НА БАЗЕ SCADASIMPLight**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принцип построения и функционирования распределенной системы сбора и регистрации данных о работе технологических объектов, выполненной на базе SCADASIMPLight, адаптера интерфейса USB/ RS-485 типа AC4 и приборов ОВЕН типа ТРМ-138 и ТРМ-133.

### **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**2.1.** Ознакомиться со структурой и стендом системы сбора и регистрации данных о работе систем автоматизации технологических установок – компрессорной и приточной вентиляции, представленных соответствующими лабораторными стендами САКУ и САПВ;

**2.2.** Изучить назначение и принципы настройки программируемых модулей SCADASIMPLight – OPC драйвера, модуля конфигурирования, модуля редактора технологических схем, модуля мониторинга и модуля работы с архивами;

**2.3.** Выполнить настройки модулей SIMPLight на автоматический сбор, регистрацию и отображение параметров работы

компрессорной установки и установки приточной вентиляции и провести исследование системы сбора и регистрации данных.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

**3.1.** Назначение, структура и схема соединений элементов лабораторного варианта системы сбора и регистрации данных;

**3.2.** Назначение, функциональная схема и технические характеристики сетевого адаптера АС4;

**3.3.** Параметры настройки конфигуратора для каналов 1–3 контроля работы компрессорной установки;

**3.4.** Технологическая схема компрессорной установки либо установки приточной вентиляции (по заданию преподавателя), созданная в редакторе технологических схем;

**3.5.** Результаты исследования системы: а) графики изменения технологических параметров одной из установок, например температуры и/или давления воздуха в ресивере компрессорной установки; б) таблица просмотра данных для одного из графиков, например таблица изменения температуры воздуха во времени и др.; в) окно отчета тревог (таблица событий) по одному из параметров, например давлению воздуха в ресивере компрессора, при выходе его за пределы зоны уставок (это событие может быть вызвано отключением режима автоматической стабилизации давления в ресивере компрессорной установки).

Объем информации по пунктам а, б, в, представляемый в отчете студентом, определяется преподавателем.

### **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ**

#### **4.1. Назначение и структура системы**

Система предназначена для мониторинга и сбора данных с систем автоматизации технологических объектов, выполненных с использованием приборов ОВЕН.

Важнейшим элементом системы является SCADASIMPLight, представляющая собой программный продукт, разработанный PartnersGroup для создания систем сбора и

регистрации данных на базе компьютеров под управлением операционной системой Windows.

Структурная схема распределенной системы сбора и регистрации данных о работе систем автоматизации компрессорной установки (САКУ) и приточной вентиляции помещения (САПВ), представленной на рис. 1.

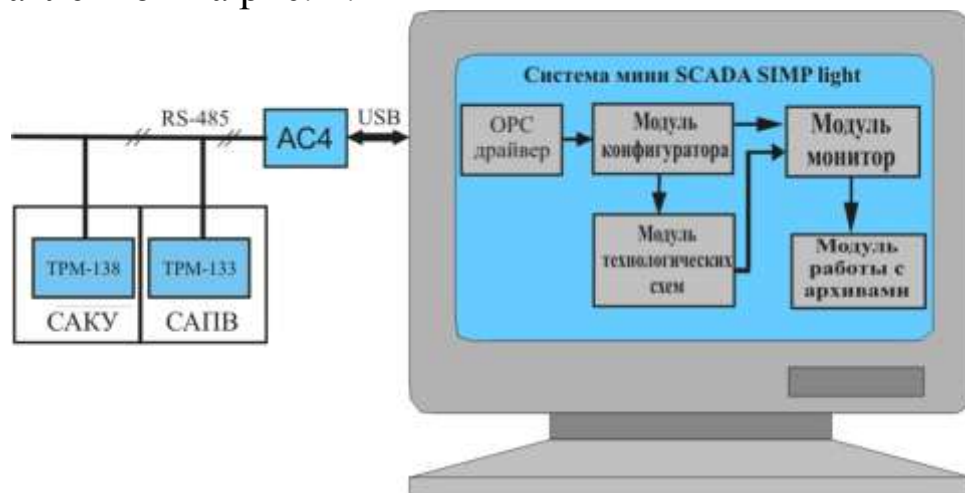


Рис. 1. Структура системы

Система состоит из персонального компьютера, в котором установлена программа SIMPLight, сетевого адаптера (преобразователя интерфейсов USB/RS-485) типа AC4, двухпроводной линии связи и приборов ОВЕН - измерителя-регулятора ТРМ-138 и контроллера приточной вентиляции ТРМ-133, выполняющих функции управляющих устройств в системах автоматизации, соответственно, САКУ и САПВ.

## 4.2. Модули и настройка SCADASIMPLight

### 4.2.1. OPC драйвер

На рис. 2. показано окно OPC драйвера. Он обеспечивает связь установленных в системе приборов и SCADASIMP на шине RS485 через адаптер AC4. Экспорт и импорт данных из программы ведется через OPC-интерфейсы.

OPC является стандартом для обмена данными между драйверами промышленных контроллеров и системами SCADA.

Программа работает в двух режимах – настройка и опрос. В ходе настройки пользователь настраивает конфигурацию и сохраняет ее в реестре.

При работе в режиме опроса приложение OPC-клиент запускает программу как OPC-сервер после чего начинается опрос параметров, кроме того программа минимизируется и меняет заголовков на: «OWEN.AC3 Работа в режиме OPC-сервера».

При включенном направлении в пространство тегов OPC экспортируется ветвь «ComXX» для каждого включенного направления. Внутри этих ветвей находятся ветки для сконфигурированных приборов вида «Название прибора (xxbit adr=yy)», где xx – вид адреса (8 или 11 бит) и yy – адрес устройства. Непосредственно теги для чтения/записи данных прибора находятся уже внутри этих ветвей. При записи тегов в режиме OPC сервера в начале операции устанавливается качество тега PC\_QUALITY\_LOCAL\_OVERRIDE пока запись не пройдет (т. е. прибор ответит на команду записи), качество не изменяется и тег не читается. После удачной записи тег начинает читаться в обычном режиме и ему устанавливается качество соответствующее прочитанному.

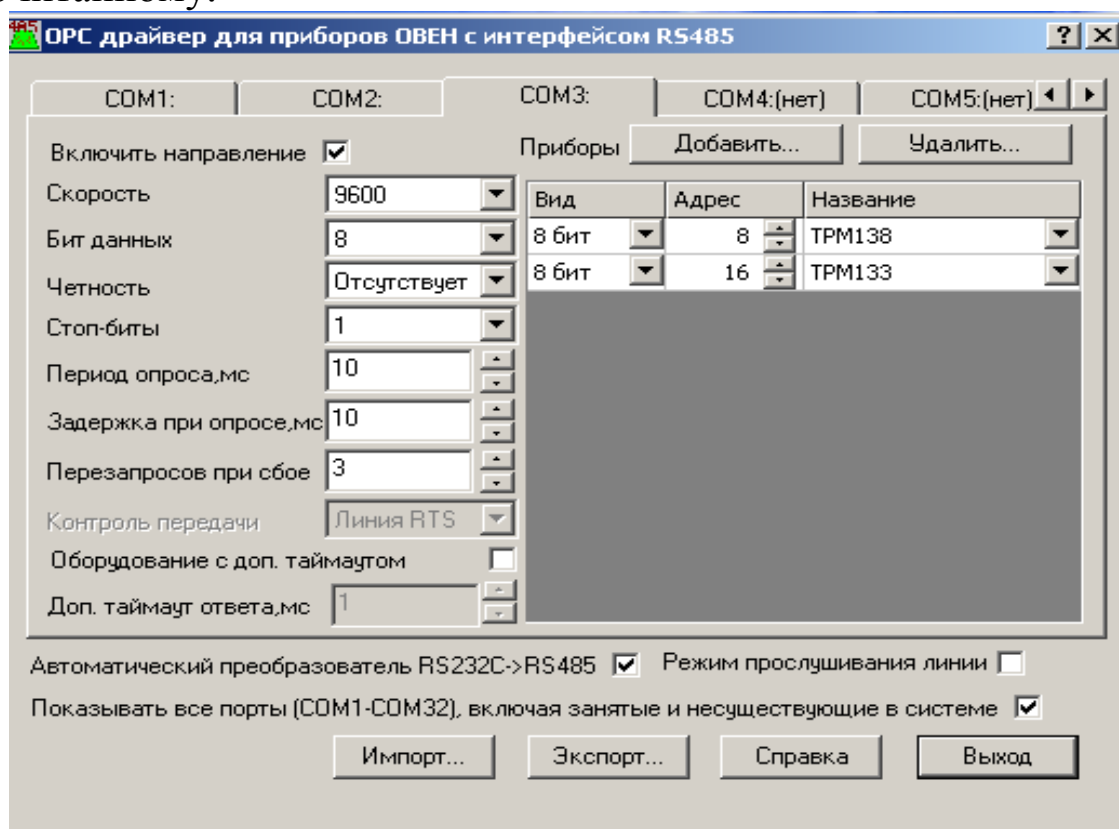


Рис. 2. Окно OPC драйвера

Для отмены команды записи (например, если команда не проходит) следует либо установить тег в неактивное состояние либо удалить из группы. При следующем включении в группу (активации) тег будет читаться из прибора в обычном режиме.

## **Работа со списком приборов**

При работе со списком приборов допускаются следующие операции: «Добавить» «Удалить».

При добавлении в конец списка вставляется прибор ТРМ138 с первым, не конфликтующим с другим прибором адресом.

Для изменения типа адреса и вида прибора используйте выпадающий список. При работе с клавиатуры для появления списка нажмите клавишу «F2». Адрес прибора можно изменять как с клавиатуры, так и используя мышь для кнопок в правой части ячейки ввода адреса. При изменении адреса и типа прибора учитываются конфликты с другими приборами в списке.

Для многоканальных приборов ТРМ138 и ТРМ133 базовые адреса выбираются из ряда 08, 16 и т. д. кратно 8. Кроме того эти приборы занимают набор из 8 адресов (например: 0–7, 8–15, 16–23).

Для удаления прибора следует выбрать строку в списке (она подсветится синим цветом) и нажать кнопку «Удалить...».

## **Настройка драйвера**

Драйвер поддерживает до 32-х адаптеров и позволяет подключить на каждый адаптер до 32-х устройств шлейфом.

Для включения адаптера следует включить переключатель «Включить направление» где XX – номер направления. При включении направления не теряются настройки последовательного порта и настройки приборов. При задании настроек последовательного порта следует убедиться, что все приборы в шлейфе имеют одинаковую скорость, четность, количество бит данных и стоп-бит.

Период опроса определяет время, в течение которого должны быть опрошены все параметры. Если реальное время опроса меньше периода опроса то следующий опрос параметров начнет-

ся через промежуток времени, рассчитанный как разность между периодом и временем опроса иначе следующий опрос начинается непосредственно за предыдущим.

Для адаптера AC4 опция «Автоматический преобразователь RS232C-RS485» должна быть отключена.

Для конфигурирования занятых или отключенных на момент запуска портов следует включить опцию «Показывать все порты (COM1-COM32), включая занятые и несуществующие в системе».

Драйвер позволяет загрузить и выгрузить настройки в файл, который можно перенести вместе с приборами на другой компьютер.

#### **4.2.2. Модуль конфигуратора**

Конфигуратор предназначен для настройки списка каналов (рис. 3). Он является промежуточным звеном между OPC сервером OWEN и Монитором.

Конфигуратор позволяет настроить основные характеристики каждого канала, такие как имя канала, единицы измерения, максимум и минимум шкалы, аварийные уставки, активность канала.

### **Рабочие области**

**Область № 1.** В этой области показаны все приборы, которые настроены в OPC сервере OWEN. Здесь можно выбрать прибор и канал для настройки.

**Область № 2.** В этой области производится настройка выбранного канала.

**Область № 3.** В этой области показаны активные каналы.

При нажатии в этой области левой кнопкой мыши по каналу вы сможете настроить его характеристики.

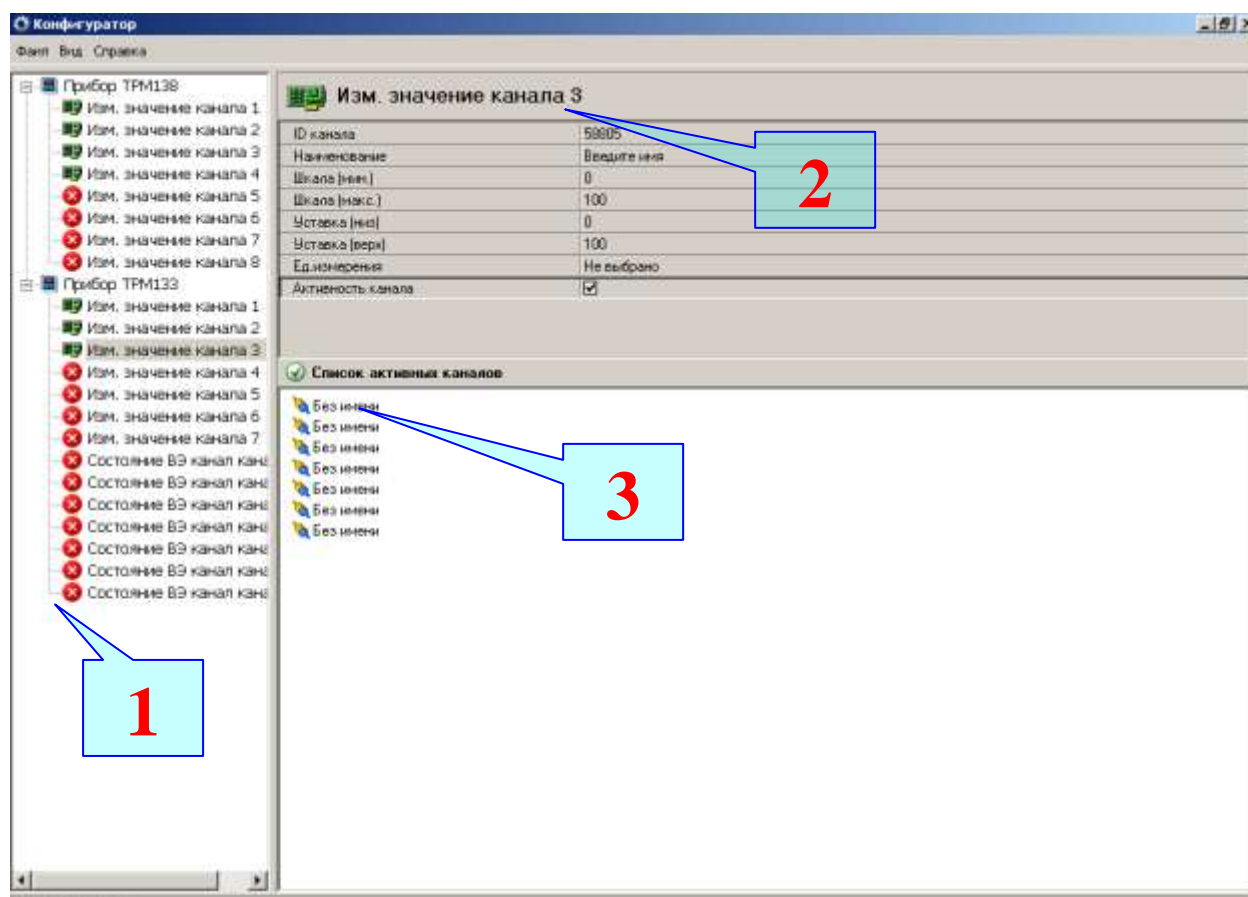


Рис. 3. Окно конфигуратора

## Настройки канала

### Заполняемые поля:

**Наименование канала** — в это поле вводится имя канала — это имя будет показываться в мониторе и в просмотрщике.

**Шкала (мин)** — в это поле вводится значение минимума шкалы подключенного к каналу прибора.

**Шкала (макс)** — в это поле вводится значение максимума шкалы подключенного к каналу прибора.

**Уставка (низ)** — в это поле вводится значение нижней уставки, если значение с прибора поступит ниже этой уставки, то на экран будет выведено предупреждение о выходе за норму.

**Уставка (верх)** — в это поле вводится значение верхней уставки, если значение с прибора поступит выше этой уставки, то на экран будет выведено предупреждение о выходе за норму.



**Ед. измерения** – в этом поле можно выбрать единицу измерения опрашиваемой величины.

**Активность канала** – в случае необходимости позволяет исключить канал из опроса.

#### 4.2.3. Модуль редактора технологических схем

Компонент **Редактор** (рис. 4) системы SIMPLight, позволяет создавать мнемосхемы для отображения технологического процесса.

Особенности: быстрая и лёгкая настройка всех основных свойств текстовых и графических объектов, поддержка всеми объектами аларминга (контроль выхода за уставки – при выходе за уставки – мерцание). Поддержка WMF и EMF графических форматов – позволяет использовать тысячи уже готовых векторных изображений. Простая привязка графических и текстовых объектов к каналам опроса контроллера.

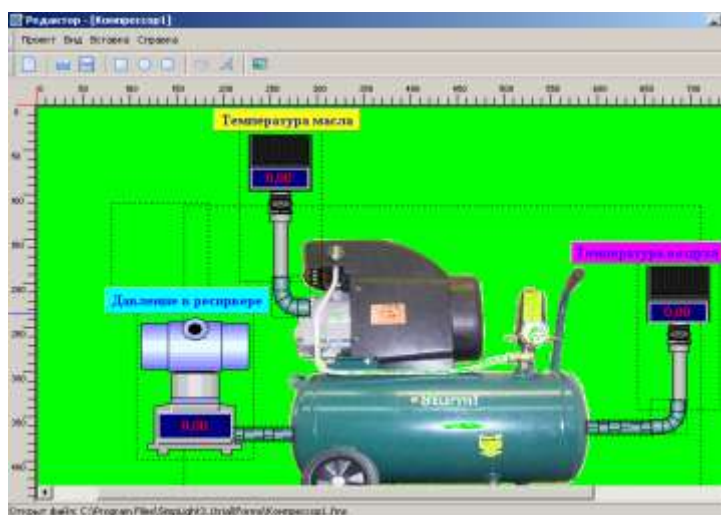


Рис. 4. Окно графического редактора технологических схем

## Главное меню

В верхней части редактора находится главное меню программы (рис. 5).

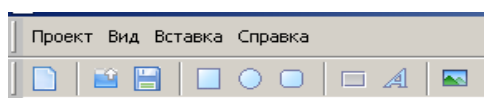


Рис. 5. Главное меню программы

## Пункт Проект

Пункт проект (рис. 6) позволяет:

- создать новый Экран;
- закрыть проект;
- открыть проект;
- сохранить проект;
- выйти из программы.

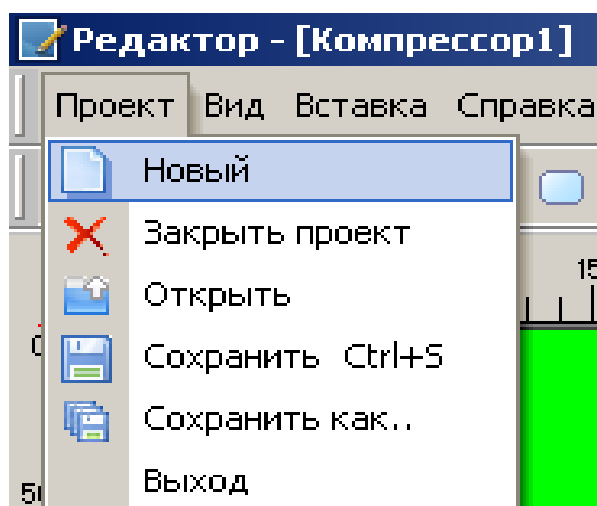


Рис. 6. Пункт проект

## Пункт Вид

Пункт Вид (рис. 7) позволяет:

- отобразить редактор свойств;
- настроить свойства сетки;
- привязаться к сетке.

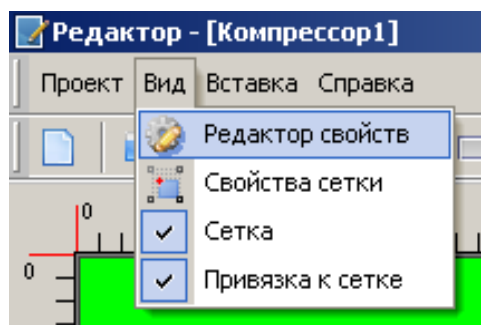


Рис. 7. Пункт Вид

## Пункт Вставка

Пункт **Вставка** (рис. 8) позволяет выбрать фигуру для добавления на мнемосхему (эти пункты также продублированы в панели).

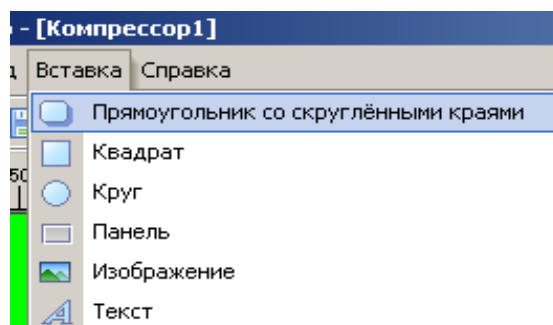


Рис. 8. Пункт Вставка

## Объекты и их настройка

Редактор свойств окна проекта (рис. 9) вызывается двойным кликом по экрану. Он позволяет настроить цвет окна и его заголовок.

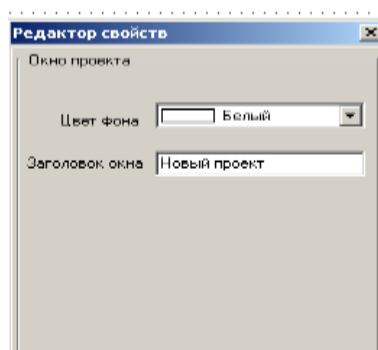


Рис. 9. Редактор свойств окна проекта

**Фигуры** – позволяют установить на экран различные графические примитивы (рис. 10).

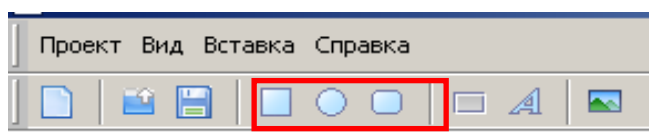


Рис. 10. Графические примитивы

**Редактор свойств графических примитивов** (рис. 11) – позволяет настроить:

- цвет линий;
- цвет заливки;
- тип заливки;
- толщину линий;
- привязку к каналу – при выходе значения канала за уставки – фигура будет мигать.

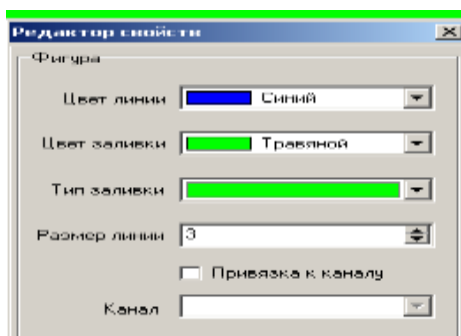


Рис. 11. Редактор свойств графических примитивов

## Панель

Пункт **Панель** (рис. 12) позволяет отобразить цифровое значение канала.

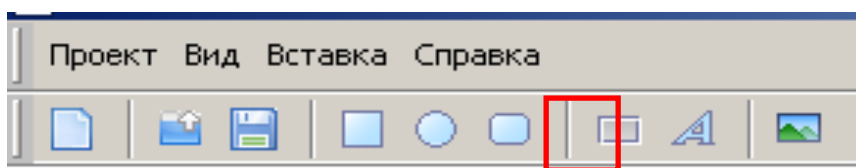


Рис. 12. Пункт панель

**Редактор свойств панели** (рис. 13) – позволяет настроить:

- цвет панели;
- тип рамки;
- шрифт;
- привязку к каналу (при выходе значения канала за уставки фигура будет мигать, если установлена галочка «Показать сигнал тревоги»).

Если галочка **Привязка к каналу** снята – на экране будет отображаться текст.

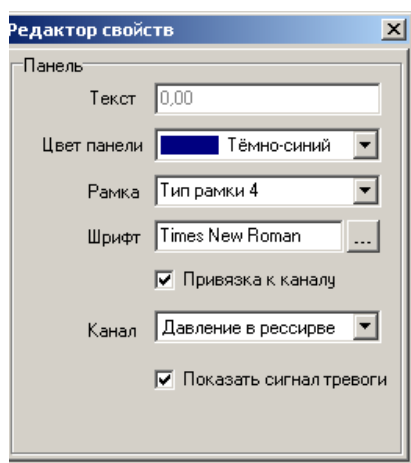


Рис. 13. Редактор свойств панели

## Текст

Пункт **Текст** (рис. 14) позволяет отобразить текст

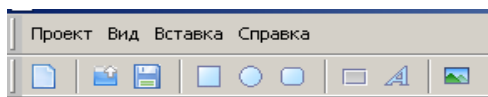


Рис. 14. Пункт текст

**Редактор свойств текста** (рис. 15) – позволяет настроить:

- отображаемый текст;
- цвет фона под текстом;
- шрифт;
- прозрачность фона;
- привязку к каналу.

При выходе значения канала за уставки – фигура будет мигать (если установлена галочка «Показать сигнал тревоги»);

Если галочка «Привязка к каналу» снята – на экране будет отображаться текст.

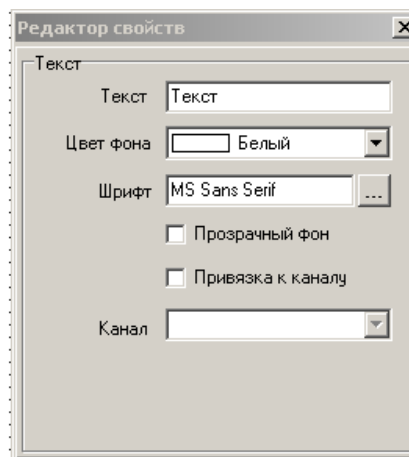


Рис. 15. Редактор свойств текста

## Изображение

Пункт **Изображение** (рис. 16) позволяет вставить изображение

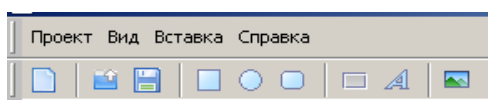


Рис. 16. Пункт изображение

**Редактор свойств Изображения** (рис. 17) позволяет настроить:

- отображаемое изображение (поддерживаются форматы jpg, bmp, wmf, emf);
- прозрачность фона;
- растягиваемость изображения.

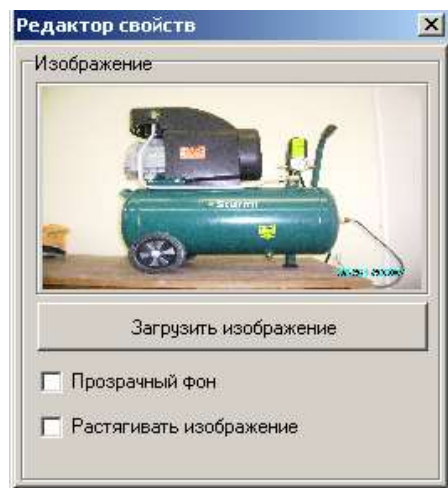


Рис. 17. Редактор свойств изображения

#### 4.2.4. Модуль монитор

Модуль Монитор (рис. 18) предназначен для визуализации данных, поступающих с OPC сервера OWEN.

Отображение данных производится в числовой форме на мнемосхеме, а также на диаграммах как график. Поддерживается журнал отклонений с функцией квитирования.

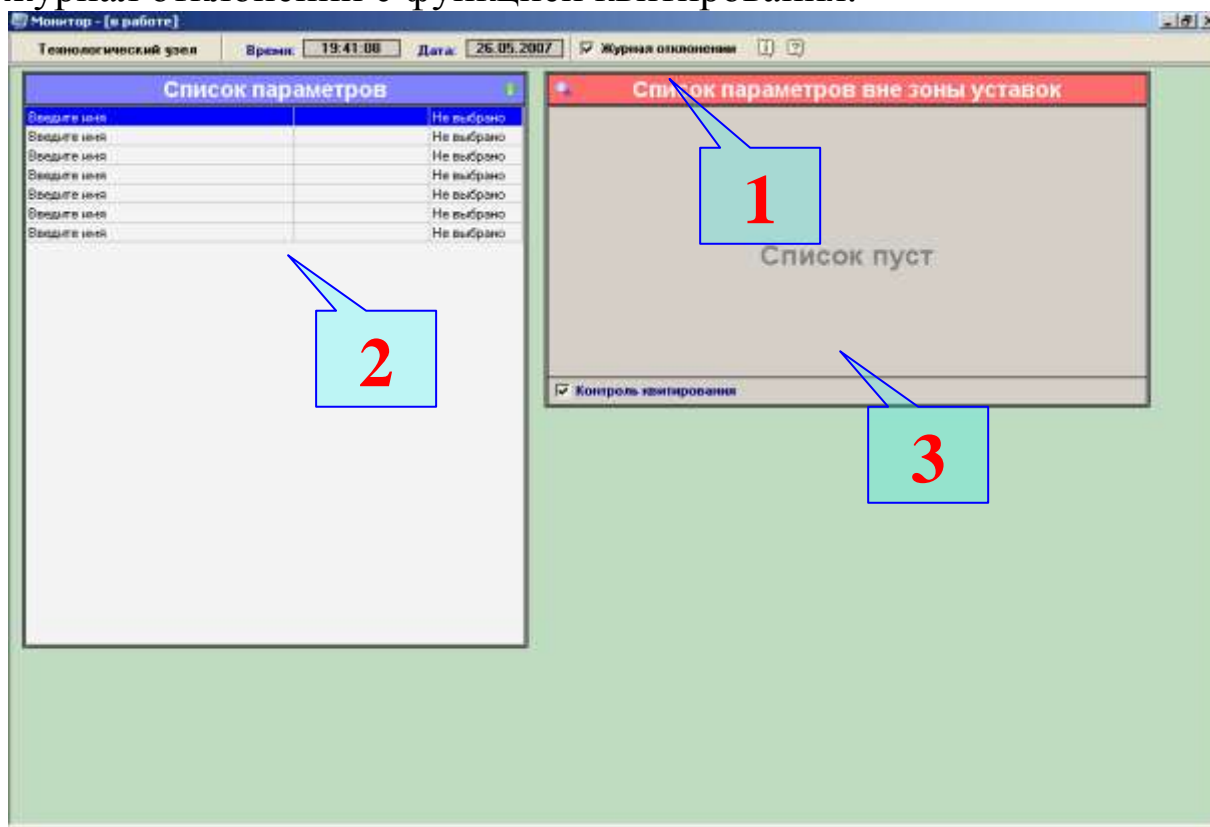


Рис. 18. Окно модуля монитор

## Работа с основным окном

Для работы с программой проект должен быть создан и настроен в Редакторе форм.

В основном окне программы 3 основные области:

1. Панель управления.
2. Область списка параметров – туда выводятся текущие значения активных параметров.
3. Область параметров находящихся вне зоны уставок (Журнал отклонений) – там показаны параметры, вышедшие за уставку (верхнюю или нижнюю).

### Панель управления

В панели управления (рис. 19) указана текущая дата и время. Также из панели управления производится выбор мнемосхем технологических узлов и управление Журналом отклонений.

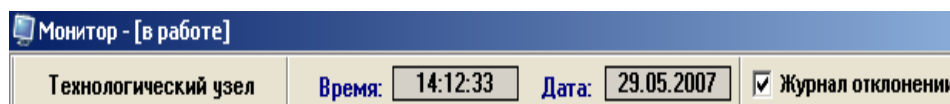


Рис. 19. Панель управления

### Работа с областью списка параметров

В списке показаны все параметры, которые установлены как активные в конфигураторе.

При двойном клике по параметру будет открыто окно с диаграммой.

При клике по параметру правой кнопкой будет показано меню канала (рис. 20).

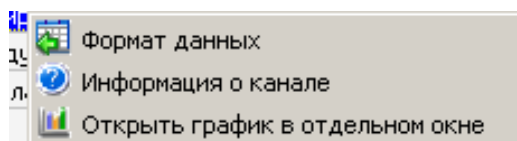


Рис. 20. Панель меню канала



Пункт **Формат данных** (рис. 21) позволяет настроить количество знаков после запятой при выводе параметра в цифровой форме.

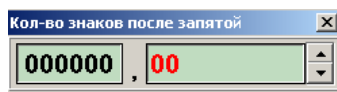


Рис. 21.Пункт формат данных

Пункт **Информация о канале** (рис. 22) покажет общую информацию о выбранном канале.

Информация о канале	
COM порт	Com3
ID канала	1
Сетевой адрес	8
Тип прибора	TRM138
Верх шкалы	6 (кгс/см <sup>2</sup> )
Низ шкалы	0 (кгс/см <sup>2</sup> )
Уставка верх	4 (кгс/см <sup>2</sup> )
Уставка низ	0 (кгс/см <sup>2</sup> )

Рис. 22.Пункт информация о канале

Пункт **Открыть график в новом окне** (рис. 23) откроет окно диаграммы для выбранного канала. Такое окно можно открыть для каждого канала.

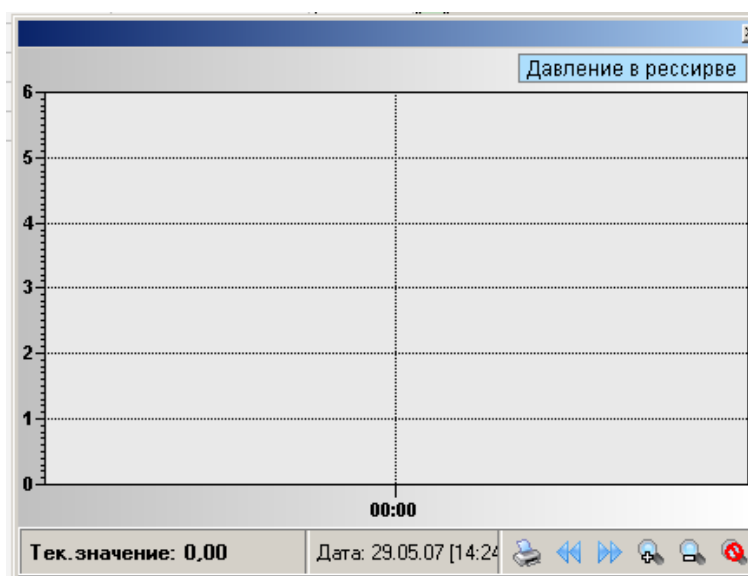


Рис. 23. Пункт открыть график в новом окне

## Журнал отклонений

В журнале отклонений (рис. 24) фиксируются все параметры, значения которых вышли за минимальную или максимальную уставку.

Список параметров вне зоны уставок			
Тест канал 3	40,14	%	Выше уставки
Тест канал 4	40,03	%	Выше уставки
Тест канал 5	80,47	%	Выше уставки
Тест канал 6	38,81	%	Выше уставки
Тест канал 7	35,95	%	Выше уставки
Тест канал 8	54,14	%	Выше уставки

☒ Контроль квинтирования

Рис. 24. Журнал отклонений

Квитирование производится двойным кликом по строке журнала отклонений. Квитирование это подтверждение от оператора о том, что он действительно увидел отклонение и принял меры к его устранению.

### Просмотр истории отклонений.

Если нажать на значок лупы в левом верхнем углу Журнала отклонений (рис. 25), то откроется окно Отчета тревог.

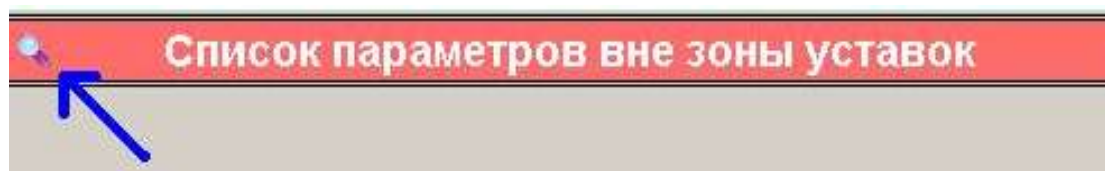


Рис. 25. Просмотр истории отклонений

## Отчет тревог

Окно **Отчета тревог** (рис. 26) показывает историю нарушений тех. процесса. В журнал попадают все параметры, значения которых были вне зоны уставок, а также события квитирования этих параметров оператором.

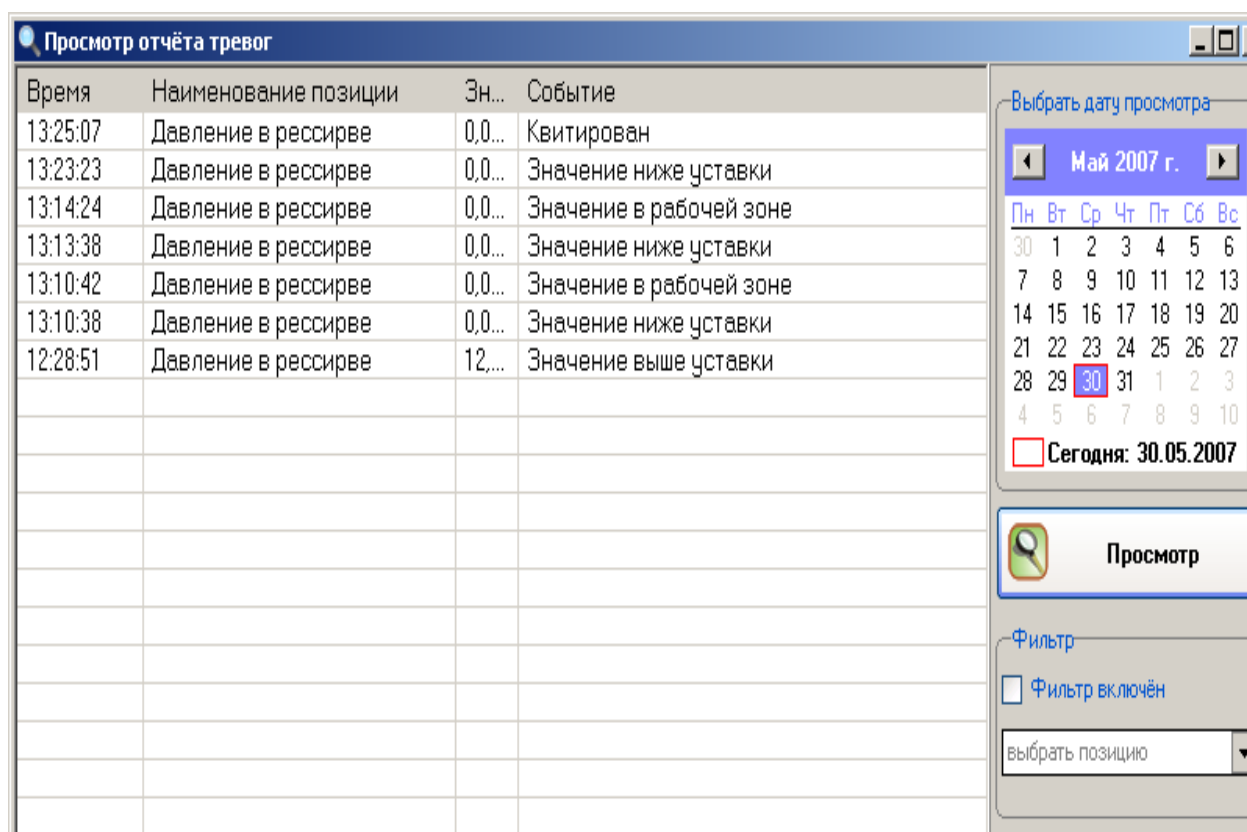


Рис. 26. Окно отчета тревог

Мнемосхемы технологических узлов  
Шаблон мнемосхемы (рис. 27) создается в Редакторе мнемосхем.



Рис. 27. Окно мнемосхемы технологического узла

При двойном клике по цифровому значению параметра открывается окно диаграммы (рис. 28).

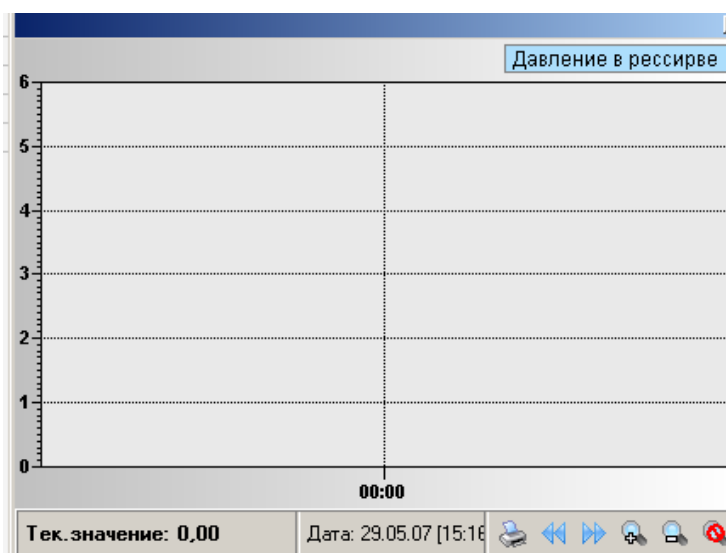


Рис. 28. Окно диаграммы

При Кликке правой кнопкой мыши выводится меню цифрового значения (рис. 29).

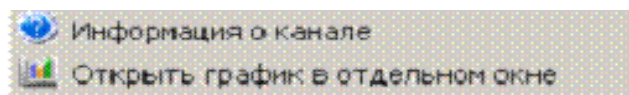


Рис. 29. Меню цифрового значения

Пункт **Информация о канале** (рис. 30) покажет общую информацию о выбранном канале.

Информация о канале	
COM порт	Com1
ID канала	1
Сетевой адрес	0
Тип прибора	TRM138
Верх шкалы	180 (°C)
Низ шкалы	0 (°C)
Уставка верх	175 (°C)
Уставка низ	0 (°C)

Рис. 30. Пункт Информация о канале

Пункт **Открыть график в новом окне** (рис. 31) откроет окно диаграммы для выбранного канала. Такое окно можно открыть для каждого канала.

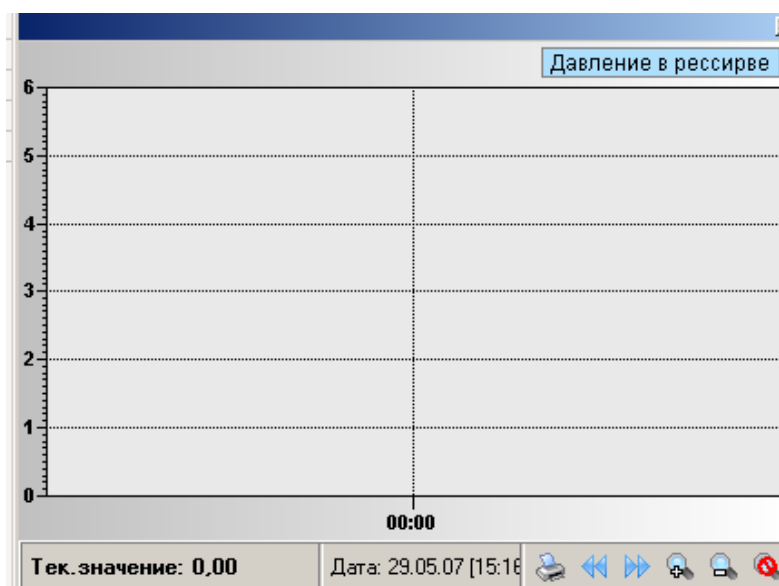


Рис. 31. Пункт Открыть график в новом окне

Выборку данных можно провести за любой день либо по всем параметрам, либо по одному. С помощью опции **Фильтр** можно сделать выборку только по одному параметру.

#### 4.2.5. Модуль работы с архивами

С помощью модуля работы с архивами (SIM-PLightarchiverviewer) (рис. 32) можно просмотреть «историю» технологического процесса в графическом и цифровом виде.

Поддерживаются режимы увеличения/уменьшения и перемотки по часам/суткам на любую «глубину» архива.

Проанализировать «поведение» технологических параметров можно в режиме совмещения – разместить и просмотреть несколько графиков на одном экране.

Есть возможность провести экспорт технологических данных в EXCEL или в формат CSV (текстовый файл с разделителями – этот формат «понимают» многие базы данных)

Любой график можно напечатать.

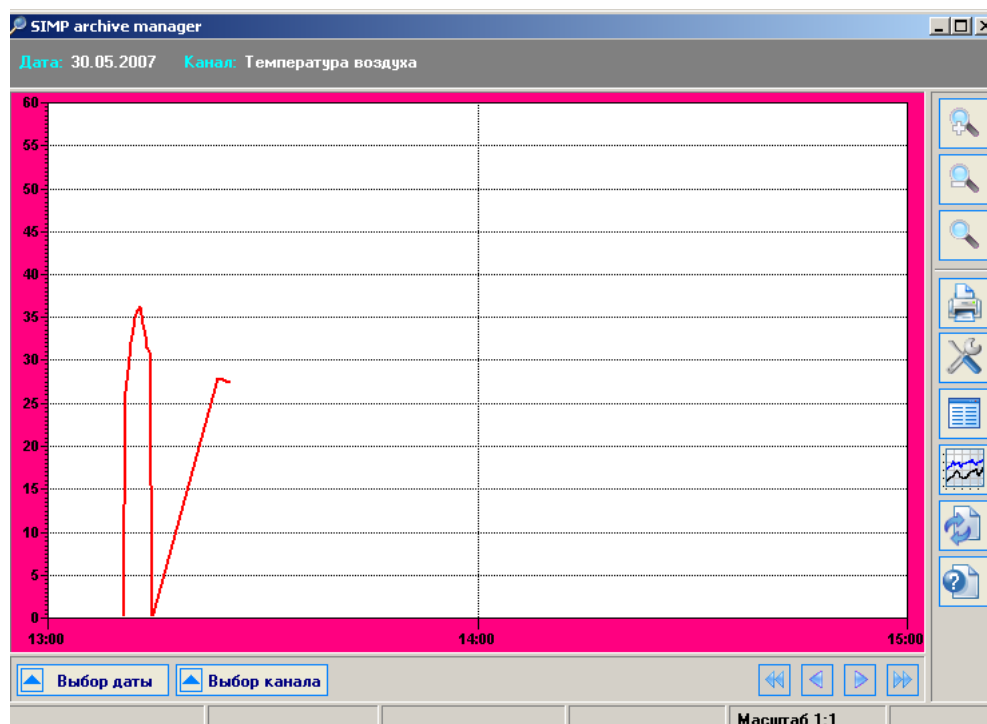


Рис. 32. Окно модуля работы с архивами

## Настройки модуля

### Настройка цвета графика

Щелчком по цветному прямоугольнику в пункте настройки цвета графика (рис. 33) можно выбрать цвет для каждого элемента окна.

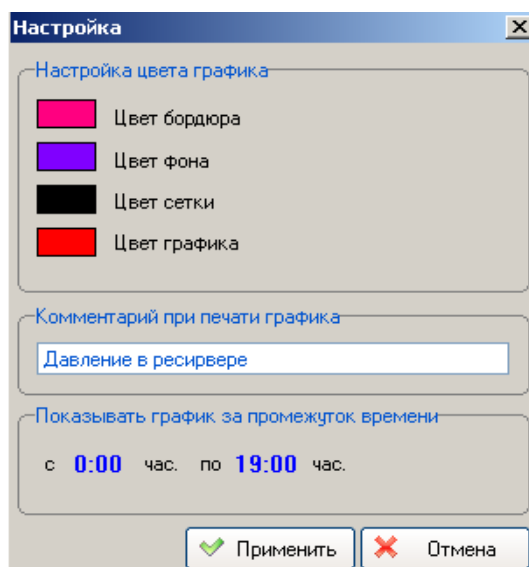


Рис. 33. Пункт Настройка цвета графика

### Комментарий при печати графика

Если ввести надпись в поле комментария (рис. 34), она будет выводиться при печати графика в правом верхнем углу. Можно заполнить названием вашей компании/фирмы и названием узла/технологической установки.

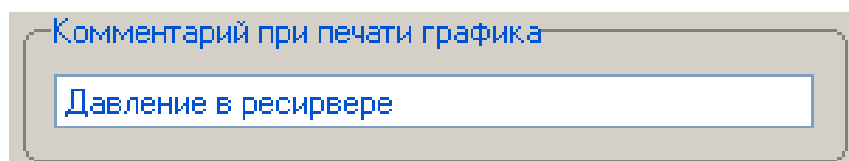


Рис. 34. Комментарий при печати графика

## Показывать график за промежуток времени

Если подвести курсор мыши к числовому значению, можно установить начало и конец временного интервала, за который будет построен график.

Пример: **0:00-23:00** будет выведен график за сутки. Или если поставить **8:00-8:00** будет выведен график по данным, записанным с 8:00 утра выбранной даты по 8:00 утра следующего дня за выбранной датой. Для сохранения настроек можно нажать кнопку **Применить**.

## Изменение цвета и толщины линий графика

Если вы хотите изменить цвет и толщину линий, можно в режиме простого просмотра (без увеличения или уменьшения) навести курсор мыши на линию графика (курсор изменит свой вид) и нажать **Правую** кнопку мыши.

В появившемся окне свойства линии (рис. 35) можно выбрать **Цвет** линии, её **Толщину** и нажать на кнопку **Применить**.

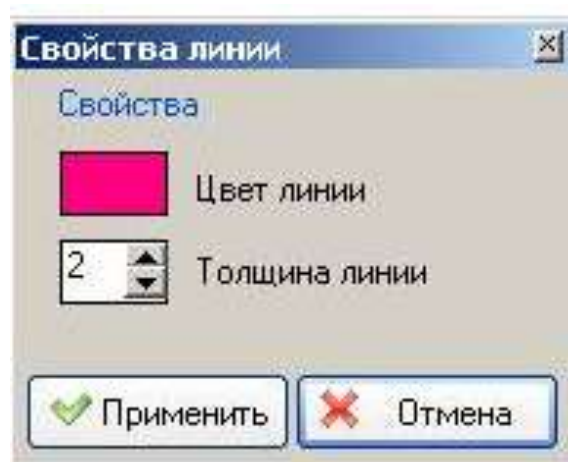


Рис. 35. Пункт свойства линии

## Работа с одним графиком

Чтобы выбрать начальную дату просмотра вы можете нажать на кнопку **Выбор даты** (рис. 36).





Рис. 36. Пункт выбор даты

Чтобы выбрать параметр, график которого хотите посмотреть, вы можете нажать на кнопку Выбор канала (рис. 37).



Рис. 37. Пункт выбор канала

Чтобы список выбора каналов исчез, достаточно убрать курсор мыши с него.

### **Работа с несколькими графиками**

Нажав кнопку просмотра нескольких графиков (рис. 38) программа перейдет в режим просмотра нескольких графиков.

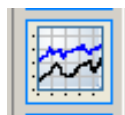


Рис. 38. Кнопка просмотра нескольких графиков

Что бы добавить графики снова нажмите кнопку «Выбор канала» и двойным кликом добавляйте каналы.

### **Уменьшение / увеличение, автошкала**

Чтобы изучить график процесса, в программе есть режимы увеличения и уменьшения графиков.

Чтобы перейти в режим увеличения нужно нажать кнопку с лупой.

Для увеличения / уменьшения переместите курсор на интересующую вас область и нажмите **Левую** кнопку мышки. График будет уменьшен или увеличен.

Двигать увеличенное изображение, можно одновременно удерживая **Правую** кнопку мыши, перемещая при этом мышь.

### **Навигация по архиву**

Кнопки навигации расположены в правом нижнем углу программы. Они позволяют быстро «перематывать» графики вперёд или назад по времени. Дискретность – час и сутки. Первая кнопка смещает график назад и вперёд на **СУТКИ**. Вторая кнопка смещает график назад и вперёд на **ЧАС**.

### **Просмотр данных в табличном виде**

Просмотр возможен только для режима одного графика.

При переходе в режим табличного просмотра на экране появится таблица.

Каждая строка таблицы содержит время и значение выбранного параметра.

При щелчке по строкам таблицы на графике будет показан маркер.

Чтобы узнать значение параметра в определённое время, вы можете навести курсор мыши на линию графика (курсор изменит свой вид) и нажать **ЛЕВУЮ** кнопку мыши, тогда в строке состояния (внизу окна) будет показано значение параметра в указанной точке.

### **Экспорт данных**

Экспорт данных возможен в EXCEL или в файл в формате CSV.

Чтобы провести экспорт вы можете нажать на кнопку экспорт данных (рис. 39).



Рис. 39. Кнопка экспорт данных

### **Работа с диспетчером экспорта**

Алгоритм экспортирования:

1. Выберите начальную дату.
  2. Выберите конечную дату.
  3. Выберите папку в которую будет сохранён файл.
  4. Выберите формат, поставив галочку либо на CSV либо на EXCEL.
  5. Если хотите сразу после формирования открыть файл в EXCEL – установите флажок – Открыть файл в EXCEL.
  6. Выберите параметры, значения которых хотите экспортировать.
  7. Нажмите кнопку ЭКСПОРТ.
- На экран будет выведен график.

## **4.3. Элементы коммуникационной системы**

### **4.3.1. Общие сведения**

В промышленных системах автоматизации наибольшее распространение получили информационные сети, основанные на интерфейсе стандарта RS-485. Он предусматривает передачу данных с помощью «симметричного» дифференциального сигнала по двум линиям (А и В) (рис. 40) и использование дополнительной для выравнивания потенциалов заземления устройств, объединенных в сеть стандарта RS-485. Логический уровень сигнала определяется разностью напряжений на линиях (А – В): логической единице соответствует диапазон значений напряжения от +0,2 до +5 В, а логическому нулю – диапазон значений от –0,2 до –5 В. Диапазон от –0,2 до +0,2 В соответствует нечувствительности приемника. При использовании указанного интерфейса максимальная длина линии связи между крайними устройствами

может составлять до 1200 м. При этом в максимально удаленных друг от друга точках сети рекомендуется устанавливать оконечные согласующие резисторы (терминаторы), позволяющие компенсировать волновое сопротивление кабеля и минимизировать амплитуду отраженного сигнала.

На рис. 40 показана типовая схема промышленной сети, построенной на базе интерфейса RS-485.

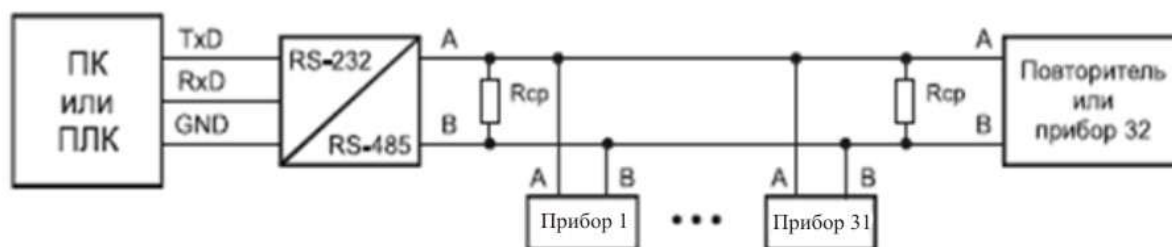


Рис. 40. Типовая схема промышленной сети RS-485

Стандарт USB разработан как альтернатива более «медленным» компьютерным стандартам RS-232 и LPT. Доступные в настоящее время устройства с интерфейсом стандарта USB 2.0 позволяют передавать данные со скоростью до 480 Мбит/с. Интерфейс USB, как и RS-485, является симметричным и позволяет передавать данные по двум проводам (D+ и D-), при этом логические уровни аналогичны соответствующим уровням стандарта RS-485. Помимо информационных линий D+ и D- интерфейс предполагает наличие линий питания Vcc и GND для запитывания подключенного устройства (при условии, что потребляемый им ток не превышает 500 мА). На рис. 41 приведена блок-схема сети интерфейса USB, построенной по топологии «звезда».



Рис. 41. Топология физической шины USB

В качестве ведущего (host) узла, содержащего корневой концентратор (root hub), чаще всего выступает персональный компьютер (ПК), а дополнительными узлами являются USB-концентраторы (USB-hub). Такая топология подразумевает только централизованную передачу данных по принципу ведущий – ведомый (master – slave), когда информационные потоки инициирует только ведущее устройство.

Взаимодействие операционной системы (ОС) ПК с подключенным к нему по интерфейсу USB устройством обеспечивает драйвер, устанавливаемый на ПК. Чаще всего драйвер позволяет ОС распознавать преобразователь

USB ↔ RS-485 как COM-порт и использовать стандартный асинхронный режим передачи данных, применяемый для работы с аппаратным COM-портом.

Оба указанных интерфейса поддерживают асинхронный режим передачи. Данные посылаются блоками (кадрами), формат которых представлен на (рис. 42).

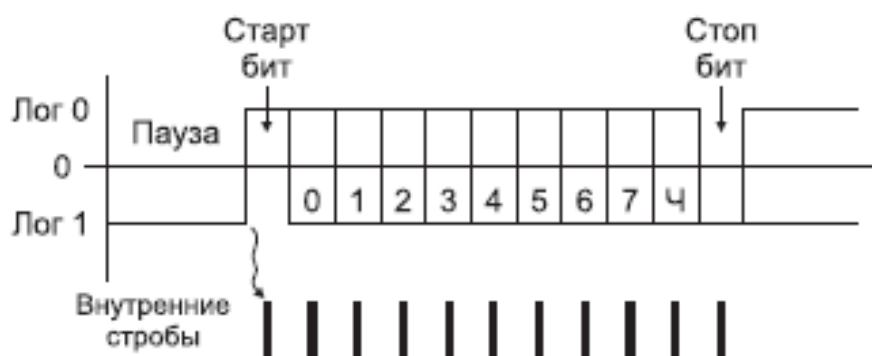


Рис. 42. Формат кадра данных

Передача каждого кадра начинается со старт-бита, сигнализирующего приемнику о начале передачи, за которым следуют биты данных и бит четности. Завершает посылку стоп-бит, гарантирующий паузу между посылками.

Для асинхронного режима принят ряд стандартных скоростей обмена: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. Количество бит данных может

составлять 5, 6, 7 или 8 (5- и 6-битные форматы распространены незначительно).

Количество стоп/бит может составлять 1, 1,5 или 2 («полтора бита» означает только длительность стопового интервала).

#### **4.3.2. Прибор AS4**

Прибор предназначен для взаимного электрического преобразования сигналов интерфейсов USB и RS-485 с обеспечением гальванической изоляции входов между собой.

Прибор автоматически определяет направление передачи данных, что позволяет исключить необходимость в дополнительном управлении обменом данными и значительно снизить временные интервалы (тайм-ауты) между кадрами данных.

Прибор позволяет подключать к промышленной сети RS-485 персональный компьютер, имеющий USB-порт, при этом питание прибора осуществляется от шины USB.

При подключении прибора к ПК в последнем появляется виртуальный COM-порт, что позволяет без дополнительной адаптации использовать информационные системы (SCADA конфигураторы), работающие с аппаратным COM-портом.

Технические характеристики и условия эксплуатации прибора представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

Наименование	Значение
<i>Питание</i>	
Постоянное напряжение (на шине USB)	4,75...5,25 В
Потребляемая мощность	не более 0,5 ВА
Допустимое напряжение гальванической изоляции входов	не менее 1500 В
<i>Интерфейс USB</i>	
Стандарт интерфейса	USB 2.0
Длина линии связи с внешним устройством	не более 3 м
Скорость обмена данными	до 115200 бит/с
Используемые линии передачи данных	D+, D-
<i>Интерфейс RS-485</i>	
Стандарт интерфейса	TIA/EIA-485
Длина линии связи с внешним устройством	не более 1200 м
Количество приборов в сети	не более 32
Используемые линии передачи данных	A (D+), B (D-)
<i>Корпус</i>	
Габаритные размеры	36 x 93 x 57 мм
Степень защиты	IP20
Крепление	на DIN-рейку
Масса	65 г

Прибор предназначен для эксплуатации в следующих условиях:

- закрытые взрывобезопасные помещения без агрессивных паров и газов;
- температура окружающего воздуха от –20 до +75 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 % (при температуре 25 °С и ниже);
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа;
- место расположения до 1000 м над уровнем моря.

Прибор представляет собой устройство, предназначенное для двунаправленного обмена данными между интерфейсами USB и RS-485 с автоматическим определением направления передачи.

Внешний вид прибора приведен на рис. 43.

Прибор имеет следующий состав:

- пластиковый корпус 1, предназначенный для крепления на DIN-рейку, в который помещен прибор;
- разъем 2, предназначенный для подключения к прибору устройства с интерфейсом USB (компьютера с USB-портом);
- винтовой разъем 3, служащий для подключения к прибору устройства с интерфейсом RS-485;
- светодиод 4, предназначенный для индикации состояния прибора;
- DIP-переключатель 5, необходимый для подключения встроенных оконечных согласующих резисторов.

Номиналы резисторов, выбираемые с помощью двухсекционного DIP-переключателя, приведены в табл. 2.

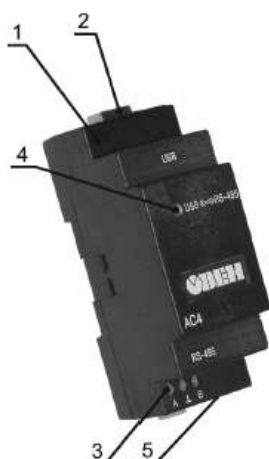






Рис. 43. Внешний вид прибора AC4

Таблица 2

Положение переключателей	Сопротивление резистора
	Резистор не подключен
	$R_{cp} = 620 \text{ Ом} \pm 5 \%$
	$R_{cp} = 120 \text{ Ом} \pm 5 \%$
	$R_{cp} = 100 \text{ Ом} \pm 5 \%$

Функциональная схема прибора приведена на рис. 44.



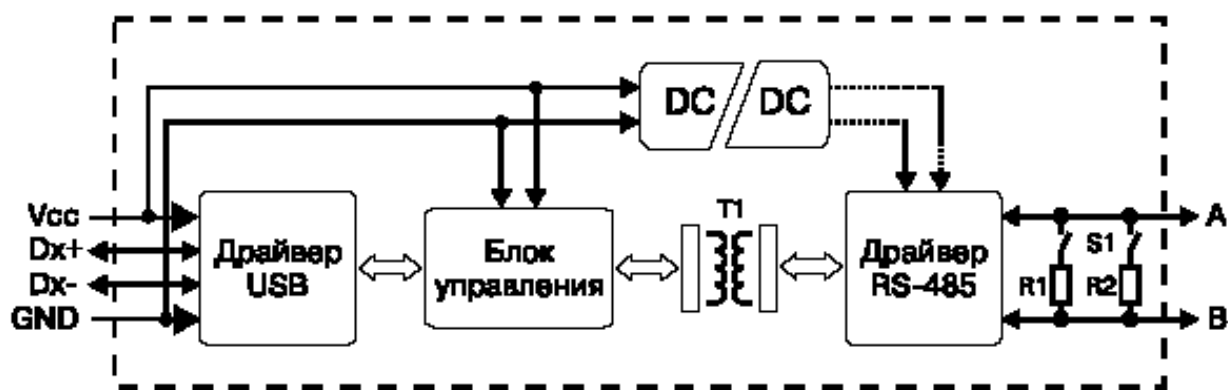


Рис. 44. Функциональная схема прибора AC4

Прибор состоит из следующих функциональных блоков:

- драйвера USB, предназначенного для преобразования электрических сигналов интерфейса USB в сигналы ТТЛ-логики и обратно;
- драйвера RS-485, необходимого для преобразования электрических сигналов интерфейса RS-485 в сигналы ТТЛ-логики и обратно, а также для выбора направления передачи данных, поскольку двухпроводный интерфейс RS-485 в один момент времени может либо передавать, либо принимать данные;
- блока управления, предназначенного для определения направления передачи пакета данных и соответствующего переключения драйвера RS-485 на прием или передачу, а также фильтрации электрических сигналов;
- для гальванической изоляции блоков предназначен трансформаторный преобразователь Т1;
- для питания гальванических изолированных частей прибора предназначен DC/DC преобразователь;
- для выбора номинала оконечного согласующего резистора  $R_{ср}$  предназначены DIP-переключатель S1 и резисторы R1 и R2.

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

### 5.1. Размещение элементов системы в шкафу

В лабораторном шкафу (рис. 45) размещены следующие элементы системы:

- Монитор 1;
- Системный блок 2;
- Клавиатура 3;
- Манипулятор (Мышь) 4;
- Адаптер интерфейса АС4 5.



Рис. 45. Лабораторный шкаф системы

Подключение прибора AC4 выполняется согласно схеме, приведенной на рис. 46.

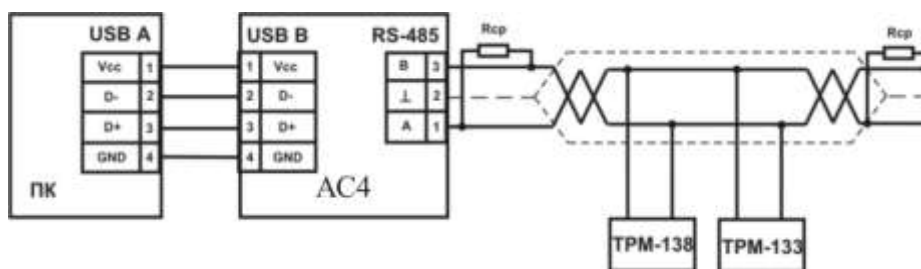


Рис. 46. Схема подключения прибора AC4

## 5.2. Исследование системы

Для выполнения работы с «Мини SCADASIMPlight», нужно предварительно включить системный блок и выполнить настройку модулей SCADA, в следующем порядке:

1. Открыть на рабочем столе OPC драйвер двойным нажатием левой кнопки мышки по ярлыку «OPC драйвер». Убедиться в том, что параметры настроек соответствуют рис. 47.

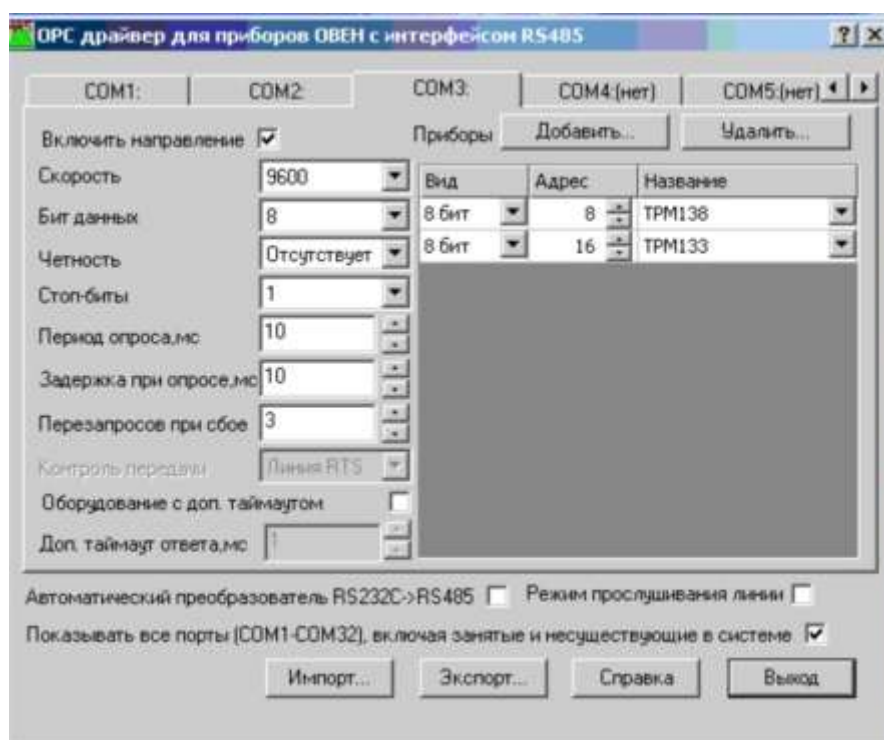


Рис. 47. Окно OPC драйвера для приборов «ОВЕН»

При закрытии окна, на запрос о сохранении проекта ответить **Да**.

2. Открыть на рабочем столе конфигуратор.

В области № 1 (см. рис. 3) выбрать тип прибора (TRM138) и номер канала.

Убедиться, что в области № 2 каналы №1, 2, 3 соответствуют следующим значениям:

Настройки для канала № 1:

- ID канала – присваивается автоматически
- Наименование – давление в ресивере
- шкала (мин) – 0
- шкала (макс) – 8
- уставка (низ) – 1
- уставка (верх) – 4
- ед. измерения – кг/см<sup>2</sup>
- для активизации канала поставить галочку.

Настройки для канала № 2:

- ID канала – присваивается автоматически
- наименование – температура воздуха в ресивере
- шкала (мин) – 0
- шкала (макс) – 50
- уставка (низ) – 0
- уставка (верх) – 45
- ед. измерения – °C
- для активизации канала поставить галочку.

Настройки для канала № 3:

- ID канала – присваивается автоматически
- наименование – температура масла
- шкала (мин) – 0
- шкала (макс) – 60
- уставка (низ) – 0
- уставка (верх) – 50
- ед. измерения – °C
- для активизации канала поставить галочку

3. Открыть на рабочем столе редактор мнемосхемы.

В главном меню программы открыть пункт «Проект» (см. рис. 6), создать новый экран, выбрав закладку «Новый».

Выбрать пункт «Изображение» (см. рис. 16), нажать левой кнопкой мыши на экране, появится рамка. При двойном нажатии левой клавиши мыши во внутренней области рамки, откроется «Редактор свойств изображения». Нажать на кнопку «Загрузить изображение». Откроется окно с библиотекой графических изображений. Выбрать подходящий фрагмент и открыть его. Выбранное изображение отобразится в «Редакторе свойств изображения». Для растягивания изображения по экрану, в редакторе нужно поставить галочку. После закрытия редактора изображение откроется на экране.

Растянуть изображение до нужного размера. Аналогично загрузить необходимые изображения для создания технологической схемы. Создать графическую часть технологической схемы (см. рис. 4).

Для отображения измеряемых значений с привязкой по каналу, выбрать пункт «Панель» (см. рис. 12), нажать левой кнопкой мыши на экране, появится рамка. При двойном нажатии левой клавиши мыши во внутренней области рамки, откроется «Редактор свойств панели». Поставить галочки в пунктах «Привязка к каналу», «Показать сигнал тревоги». В пункте «Канал» выбрать «Давление в ресивере». Закрыть редактор. Аналогично создать панели для каналов «Температура воздуха в ресивере», «Температура масла».

Выбрать пункт «Текст», нажать левой кнопкой мыши на экране, появится рамка. При двойном нажатии левой клавиши мыши во внутренней области рамки, откроется «Редактор свойств текста». В пункте «Текст» набрать необходимый текст. В следующих пунктах выбрать цвет фона, тип и размер шрифта.

Разместить на технологической схеме панели текста и измеряемых параметров (см. рис. 4).

В главном меню зайти в пункт «Проект» выбрать закладку «Сохранить как». Откроется окно сохранения проекта. В окне «Имя файла» написать имя проекта, например «Компрессорная установка». Сохранить проект. Закрыть «Редактор технологических схем». На экране будет представлена мнемосхема заданной

технологической установки, например, компрессорной установки.



Рис. 48. Технологическая схема компрессорной установки

4. Включить автомат на передней панели стенда «САКУ».

5. Открыть на рабочем столе монитор.

На мониторе в **Списке** параметров выведутся текущие значения активных параметров.

Произвести работу с областью списка параметров (см. п. 4.2.4, рис. 20–23).

В панели управления кликните по кнопке «Технологический узел» появится окно с списком мнемосхем созданных в редакторе технологических схем.

Выберите из Списка мнемосхем имя мнемосхемы, которую вы создали в редакторе, откройте ее.

Произвести работу с областью списка параметров вне зоны уставок (см. п. 4.2.4, рис. 18, 24–26).

Свернуть окно монитора.

6. Открыть на рабочем столе просмотрщик.

Произвести настройку модуля работы с архивами для отображения «Истории» ТП в графическом и табличном виде (см. п. 4.2.5).

7. Закрывать все приложения. Отключить автомат на лицевой панели стенда «САКУ». Отключить компьютер через меню Пуск.

Выполнение работы с прибором (ТРМ133) на лабораторном стенде (САПВ) производится, так же как и с прибором (ТРМ138) лабораторного стенда (САКУ).

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение SCADA-системы SIMPLight.
2. OPC драйвер и параметры его настройки.
3. Модуль конфигуратора: назначение модуля, параметры настройки каналов контроля технологических величин.
4. Принципы создания мнемосхемы технологического узла на экране монитора компьютера с помощью редактора мнемосхем.
5. Модуль монитор: назначение и настраиваемые формы отображения данных.
6. Как выполнить пункт «Открыть график в новом окне» в меню Монитор?
7. Какие параметры фиксируются в журнале отклонений?
8. Как просмотреть историю отклонения (отчет тревог)?
9. Функции и параметры настройки модуля работы с архивами.
10. Какой режим передачи и формат кадра данных используются в интерфейсах USB и RS-485?
11. Назначение и функциональная схема адаптера AC4.
12. Какие приборы ОВЕН используются в лабораторном варианте системы для передачи данных?

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. САР ТЕМПЕРАТУРЫ В ПРОПАРОЧНОЙ КАМЕРЕ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ПЛК 150**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и функционирования САР температуры в пропарочной камере (САР ТПК), выполненной на базе программируемого контроллера ПЛК.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**2.1.** Ознакомиться с устройством, техническими характеристиками и функциональными возможностями контроллера ПЛК150.

**2.2.** Ознакомиться с конструкцией и расположением элементов на лабораторном стенде САР ТПК. Провести на этом стенде испытания системы в режимах стабилизации и программного управления температурой в ПК.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

**3.1.** Контроллер ПЛК150: назначение, технические данные и схема расположения клемм входов/выходов, питания интерфейса и элементов индикации на контроллере;

**3.2.** Структурная схема САР температуры в камере, выполненной на базе ПЛК150;

**3.3.** Программа автоматического регулирования температуры в камере на языке FBD;

**3.4.** Результаты исследования работы САР на стенде: графики изменения сигналов задания, управления (выходного сигнала контроллера), измеренной температуры (сигнал датчика), полученные для режимов программного управления и стабилизации температуры.



## 4. КОНТРОЛЛЕР ПЛК150

Применение ПЛК150 для решения задачи автоматизации рассматривается далее на примере создания на его базе САР температуры в пропарочной камере (рис. 1, а), обеспечивающей режимы стабилизации и программного управления регулируемым параметром (рис. 1, б).

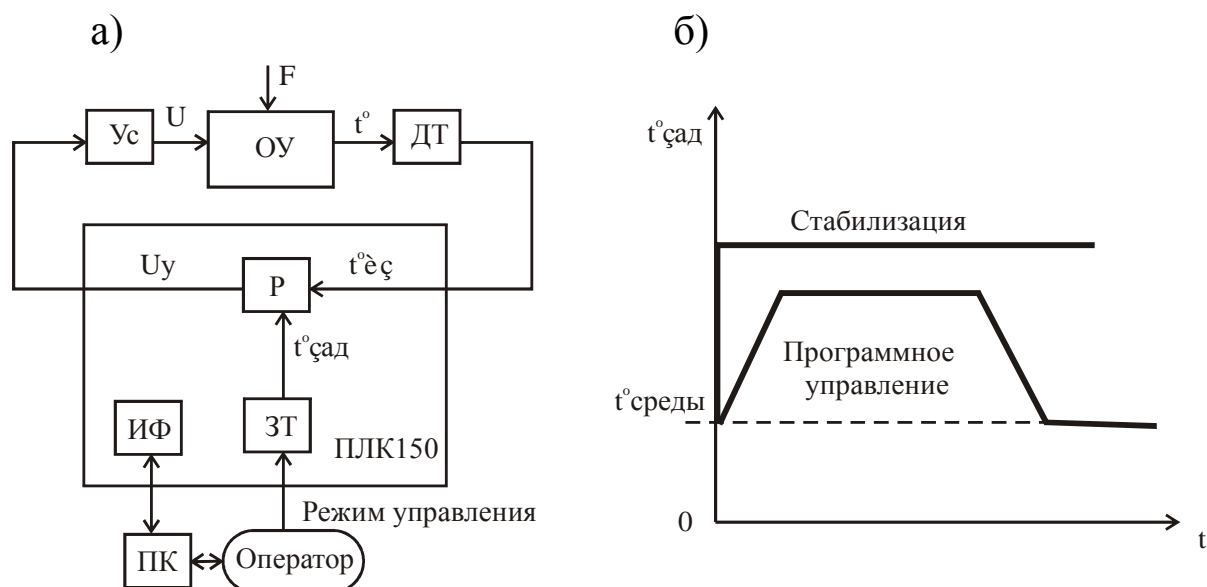


Рис. 1. Структурная схема САР температуры (а) и характер изменения задания в режимах стабилизации и программного управления (б): ОУ – объект управления (пропарочная камера – на стенде представлена эмулятором печи ОВЕН ЭП-10 с электронагревателем мощностью 10 Вт); ДТ – датчик температуры (терморезистор ТСМ-50м); Р – ПИД-регулятор; ЗТ – задатчик температуры; ИФ – интерфейс Ethernet; Ус – усилитель мощности (сигнистатор с блоком управления ОВЕН БУСТ); ПК – персональный компьютер;  $t^o$ ,  $t^o_{из}$ ,  $t^o_{зад}$  – соответственно температура в камере, ее измеренное и заданное значения;  $U_y$  – сигнал управления;  $U$  – управляющее воздействие (напряжение на нагревательном элементе (резисторе) печи);  $F$  – возмущающее воздействие (например, изменение напряжения в сети)

Контроллер ПЛК150 в данной САР является управляющим устройством и реализует программным способом функции зада-

ния, регулирования и отображения на экране монитора температуры в камере, а также функции отображения других переменных системы.

Персональный компьютер используется в качестве программатора и устройства оперативного контроля (отображения переменных системы).

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК150 [1] предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Логика работы ПЛК150 определяется потребителем в процессе программирования с помощью системы программирования CoDeSys 2.3.8.1 и старше.

Технические данные:

- Дискретные и аналоговые входы и выходы;
  - 6 дискретных входов;
  - 4 аналоговых входа (универсальных);
  - 4 дискретных выхода (э/м реле);
  - 2 аналоговых выхода (0...10 В).
- Все дискретные входы (10 кГц) могут функционировать в режиме импульсного счётчика, триггера или энкодера;
- Все дискретные выходы могут быть настроены на генерацию ШИМ – сигнала с высокой точностью;
- Встроенные интерфейсы Ethernet 10/100 Mbps, RS-485, RS-232;
- Поддержка протоколов ОВЕН, Modbus – RTU, Modbus – ASCII, DCON, Modbus – TCP, GateWay;
- Возможность расширения путем подключения модулей ввода/вывода;
- Встроенные часы реального времени;
- Встроенный аккумуляторный источник резервного питания.

На рис. 2 представлена схема расположения клемм, элементы индикации и управления на контроллере ПЛК150.

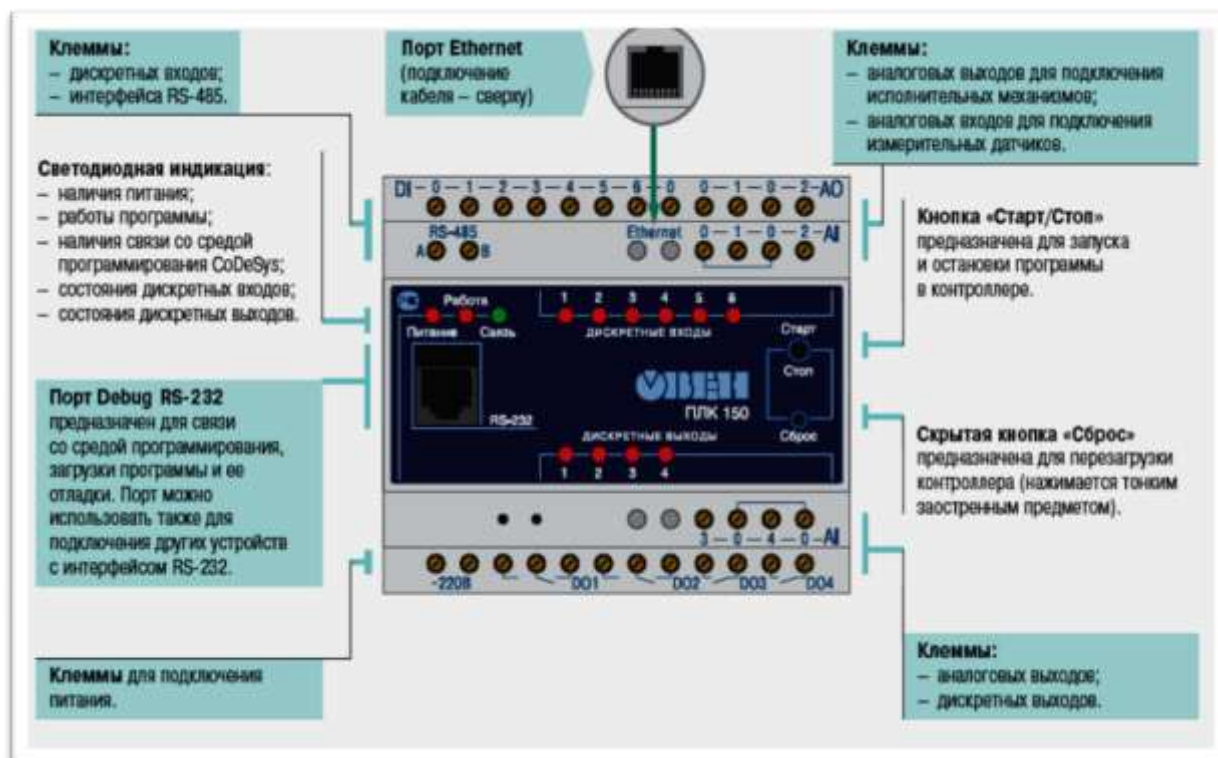


Рис. 2. Элементы индикации и управления, расположение клемм на контроллере ПЛК150

Контроллер ОВЕН ПЛК150 выпускается в корпусе, предназначенном для крепления на DIN рейке 35 мм. Подключение всех внешних связей осуществляется через разъемные соединения, расположенные по двум боковым и передней (лицевой) сторонам контроллера. Открытие корпуса для подключения внешних связей не требуется. На боковой стороне расположены разъемы интерфейсов Ethernet и RS-485. На лицевой панели расположен порт Debug RS-232, предназначенный для связи со средой программирования, загрузки программы и отладки. Подключение к этому порту осуществляется кабелем, входящим в комплект поставки. Также порт Debug RS-232 может быть использован для подключения устройств, работающих по протоколам Modbus, ОВЕН и DCON. По обеим боковым сторонам контроллера расположены клеммы для подключения дискретных датчиков и исполнительных механизмов. Любой дискретный вход ПЛК150 может работать в режиме аппаратного счетчика или триггера (частота до 10 кГц при скважности 50 %), к двум дискретным входам можно подключить энкодер (частота импульсов до 10 кГц).

Частота обработки аппаратных счетчиков и обработчиков энкодера не зависит от времени выполнения цикла ПЛК. На переднюю панель контроллера выведена светодиодная индикация о состоянии дискретных входов и выходов, о наличии питания и о наличии связи со средой программирования CoDeSys. Также на передней панели имеются две кнопки: кнопка, предназначенная для запуска и остановки программы в контроллере и скрытая кнопка, предназначенная для перезагрузки контроллера. Нажать кнопку возможно только тонким заостренным предметом. В корпусе контроллера расположен маломощный звуковой излучатель, управляемый из пользовательской программы как дополнительный дискретный выход. Звуковой излучатель может быть использован для функций аварийной или иной сигнализации или для отладочных нужд. Частота звукового сигнала излучателя, фиксированная, и не поддается настройке. Контроллер ПЛК150 оснащен встроенными часами реального времени, имеющими собственный аккумуляторный источник питания. Энергии полностью заряженного аккумулятора хватает на непрерывную работу часов реального времени в течение 6 месяцев (при температуре 15–35 °C). В случае износа аккумулятора, не полной его зарядки, а также при работе при более низких температурах время работы часов реального времени может сократиться. Аккумулятор, используемый для питания часов реального времени, дополнительно используется как источник аварийного питания микропроцессора контроллера.

При случайном отключении основного питания контроллер переходит на аварийное питание и сохраняет промежуточные результаты вычислений, и работоспособность интерфейсов Ethernet в течение 10 минут. Светодиодная индикация и выходные элементы контроллера при этом не запитываются и не функционируют.

На рис. 3 представлена схема подключения питания и входов/выходов к ПЛК150-220.

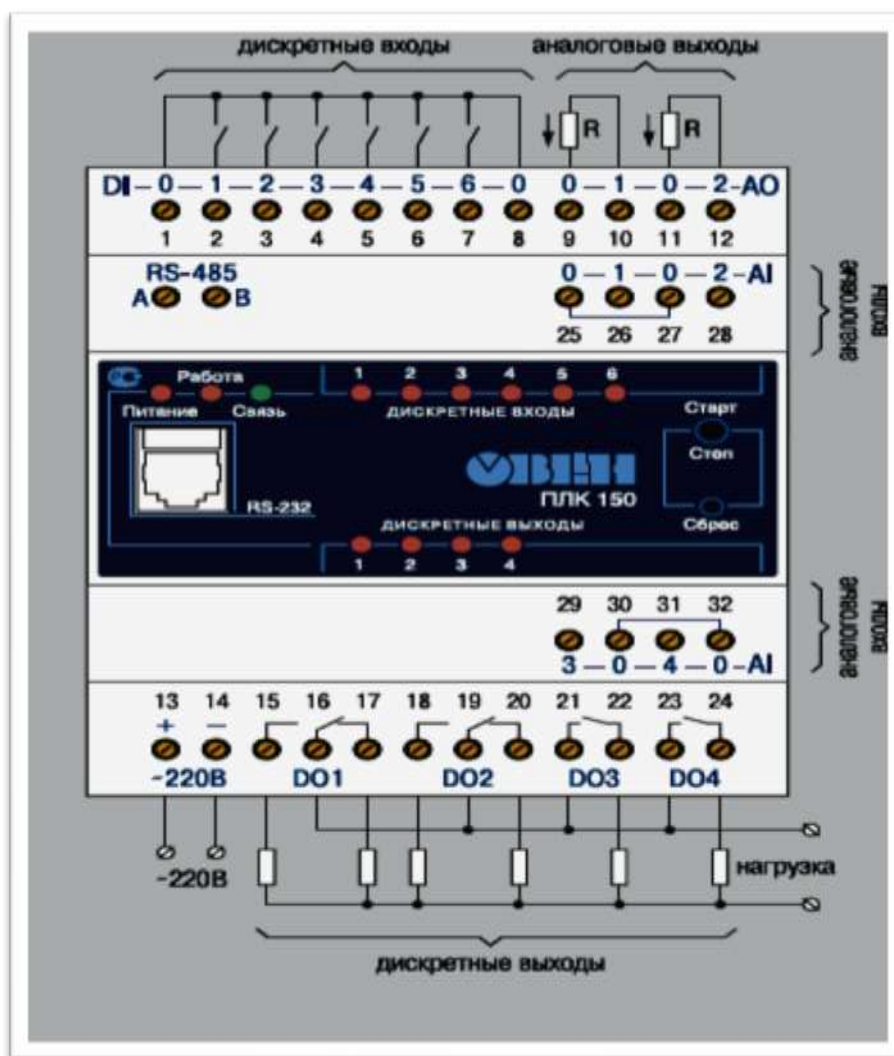


Рис. 3. Схема подключения питания входов и выходов к ПЛК150

Для программирования логических контроллеров фирмы ОВЕН используется система CoDeSys [2], которая сегодня является самым распространенным в Европе инструментом создания управляющих программ. В [3] представлены языки программирования на основе стандарта МЭК 61131-3 и примеры подготовки программ для промышленных программируемых контроллеров, применяемых для автоматизации производства.

За словом CoDeSys всегда стоит сокращение 3S (SmartSoftwareSolutions). Это название независимой компании, которое можно перевести как Интеллектуальные или точнее Изящные Программные Решения.

CoDeSys включает 5 специализированных редакторов для каждого из стандартных языков программирования: Список Ин-

струкций (IL), Функциональные блочные диаграммы (FBD), Релейноконтактные схемы (LD), Структурированный текст (ST), Последовательные функциональные схемы (SFC).

Редакторы поддержаны большим числом вспомогательных инструментов, ускоряющих ввод программ. Это ассистент ввода, автоматическое объявление переменных, интеллектуальная коррекция ввода, цветовое выделение и синтаксический контроль при вводе, масштабирование, автоматическое размещение и соединение графических элементов.

В одном проекте можно совмещать программы, написанные на нескольких языках МЭК, либо использовать один из них. Никаких особых требований по выбору языка нет. Он обусловлен исключительно личными предпочтениями. Наиболее популярен язык ST. Это текстовый язык, представляющий собой несколько адаптированный Паскаль. Второе место по популярности занимает графический язык FBD, далее следует язык LD. Помимо средств подготовки программ, CoDeSys включает встроенный отладчик, эмулятор, инструменты визуализации и управления проектом, конфигураторы ПЛК и сети. В основу CoDeSys положено несколько важных идей, которые выделяют его в группе лидирующих комплексов МЭК. CoDeSys изначально задумывался как инструмент для профессионального применения и поэтому он не содержит, каких либо ограничений в реализации языков МЭК. Напротив, он включает ряд дополнений, не предусмотренных стандартом (языки SFC и упрощенный SFC, поддержка указателей и действий в функциональных блоках). CoDeSys компилирует прикладные программы в машинный код, поэтому создаваемые пользователями программы имеют наивысшее быстродействие. Комплекс CoDeSys активно развивается, в настоящее время он уже включает целый ряд расширений, таких, как система контроля версий проекта (ENI), средства для создания приложений управления движением (SoftMotion), библиотеки наиболее популярных функций, например таких, как регуляторы. Трассировка – это очень удобный инструмент, представляющий собой встроенный «цифровой многоканальный запоминающий осциллограф». С его помощью очень легко графически отслеживать изменение значений переменных во времени с привязкой запуска к определенному событию. Трассировка исключительно удобна

не только при отладке программы, но и при исследовании работы внешнего оборудования.

Данные контроллеров запрограммированных CoDeSys могут быть легко визуализированы, без необходимости применения вспомогательных инструментов. Система CoDeSys уже содержит встроенный редактор визуализации и в процессе программирования своей задачи пользователь может создать анимированное графическое представление машины или производственного процесса. Для тестирования и выполнения экранов визуализации с «живым» контроллером, не нужно никаких внешних соединений. В режиме онлайн реальные данные автоматически отображаются в системе программирования CoDeSys.

Программа работы контроллера ПЛК150, обеспечивающая по выбору оператора режим стабилизации или программного управления температурой в пропарочной камере (ПК), написана на языке FBD и представлена на рис. 4. Первая строка Программы формирует задание режима стабилизации по сигналу кнопки S2 на заданное время (здесь 7 мин) Третья и четвертая строки Программы формируют заданное значение температуры в ПК для программного регулирования в течении заданного времени (здесь 10 мин) по сигналам кнопки S1стенда и датчика температуры окружающей среды. Вторая строка Программы обеспечивает автоматический выбор режима регулирования температуры в ПК в зависимости от положения кнопок S1, S2 на стенде. Пятая строка Программы обеспечивает ПИД-регулирование температуры в ПК, используя задание (уставку) и сигналы датчиков температуры в ПК и окружающей среде.

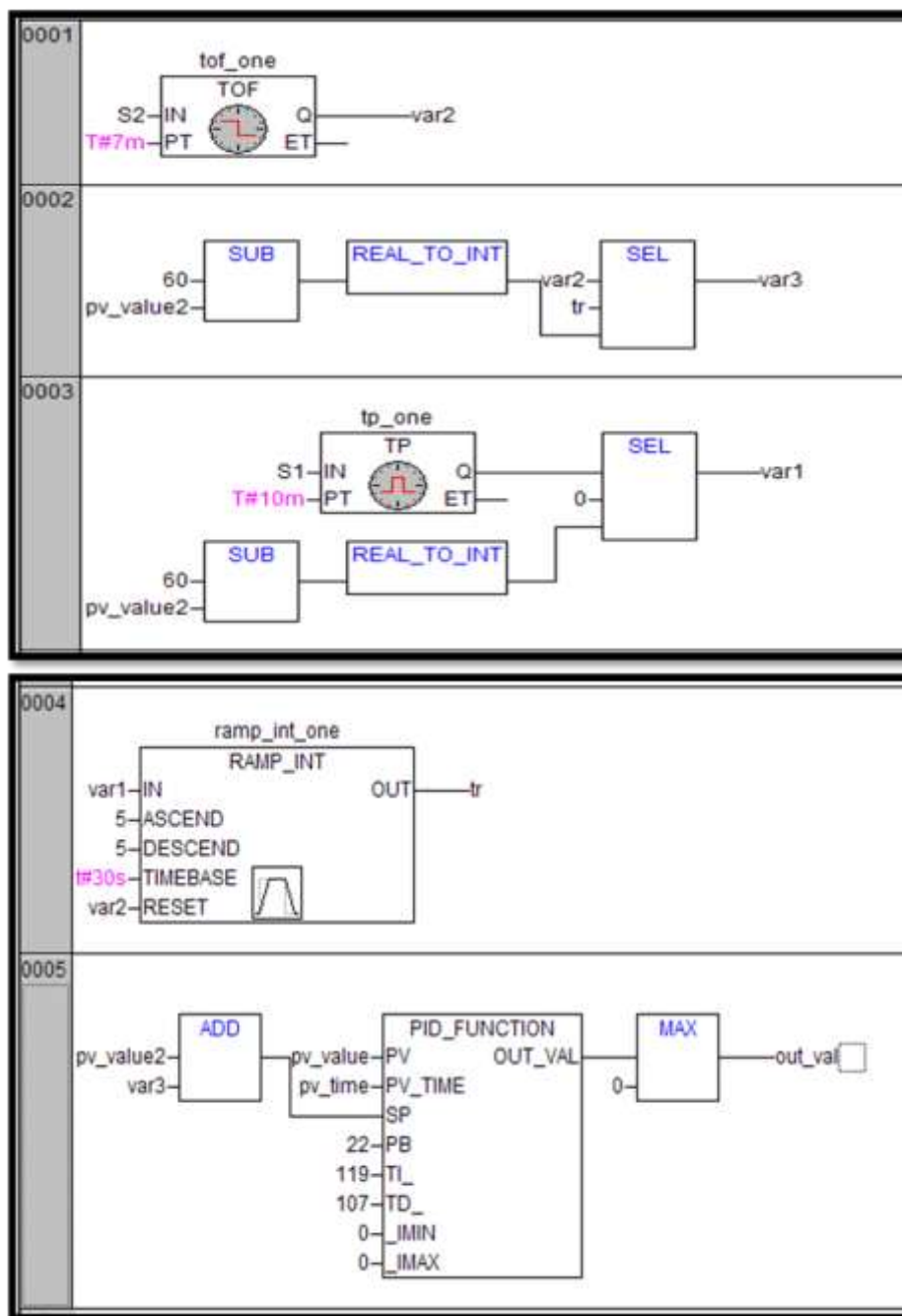


Рис. 4. Программа управления температурой в ПК

## 5.ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

### 5.1. Размещение элементов системы на стенде

Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования температуры в пропарочной камере» показана на рис. 5.

На лицевой панели стенда САР ТПК размещены следующие элементы:



- 1 – индикатор включения стенда;
- 2 – автоматический выключатель;
- 3 – S1 кнопка включения режима программного управления;
- 4 – S2 кнопка включения режима стабилизации температуры;
- 5 – блок управления симисторами или тиристорами (БУСТ);
- 6 – эмулятор печи (ЭП-10);
- 7 – S3 кнопка подключения дополнительного сопротивления в цепь питания печи;
- 8 – программируемый логический контроллер (ПЛК150);
- 9 – симистор.



Рис. 5. Лицевая панель стенда «Система автоматического регулирования температуры в пропарочной камере»

## 5.2. Схема соединений системы

Для выполнения монтажа и технического обслуживания системы автоматизации необходима схема соединений ее элементов. Схема (рис. 6) показывает элементы стенда, проводные связи между ними, маркировку соединительных проводов и мест их подключения.

В электрическую схему входит:

- QF – автоматический выключатель;
- HL – сигнальная лампа;
- XT1, XT2, XT3 – клеммные коробки;
- A1 – Контроллер ПЛК150;
- A2 – БУСТ;
- A3 – Эмулятор печи ЭП-10;
- S1 – Кнопка включения режима программного управления;
- S2 – Кнопка включения режима стабилизации температуры;
- S3 – Кнопка введения дополнительного сопротивления в цепь эмулятора печи;
- VS – Симистор;
- Rв – Дополнительное сопротивление.



При включении автоматического выключателя **QF** в схему подается напряжение, загорается контрольная лампа **HL** (СЕТЬ).

При нажатии кнопки **S1** в контроллере запускается режим программного управления.

При подаче на вход **IN** генератора импульса **TP** логической единицы (см. подраздел 4.4.2. рис. 15), начинается отсчет времени, заданный на вход **PT** = 10 мин. С выхода блока **Q** на вход блока **SEL** (блок выборки) поступает сигнал, отличный от нуля поэтому на выход блока **SEL** подается значение, поступающее с третьего входа данного блока. На этот вход поступает разность между заданной температурой нагрева и температурой окружающей среды. С выхода блока **SEL** значение **var1** подается на вход **IN** блока **RAMP**. Блок **RAMP** начинает из прямоугольного импульса выдавать зависимость трапецевидной формы, начиная от нуля до необходимой температуры, удержание ее, а затем спуск до нуля.

С блока **RAMP** значение **tr** поступает на вход блока **SEL**. Данный блок предназначен для развязки двух режимов работы. Так как с таймера **TOF** поступает 0 (режим стабилизации температуры не включен), на выход блока **SEL** будет подаваться значение, со второго входа.

Далее с блока **SEL** значение **var3** поступает на второй вход блока **ADD**. Этот блок производит суммирование значения температуры окружающей среды **pv\_value2** с числом, поступающим с выхода блока **SEL**. Суммирование этих значений необходимо для того, чтобы нарастание температуры начиналось сразу после запуска программы от температуры окружающей среды.

Далее, полученное значение поступает на ПИД-регулятор. В этом блоке обрабатываются данные, поступающие на вход регулятора, и приходящие с термодатчика сопротивления, расположенного на эмуляторе печи.

С выхода ПИД-регулятора напряжение управления, через блок **MAX**, убирающего отрицательные значения в выходном сигнале поступает на выход контроллера, а затем в БУСТ. В зависимости, какой величины поступает напряжение, БУСТ подаёт сигнал на открытие симистора, при этом загораются сигнальные лампы, расположенные на лицевой панели прибора. При откры-

тии симистора, по нагревательному элементу эмулятора печи начинает протекать ток.

Остановка режима программного управления происходит автоматически при обнулении выхода на функциональном блоке **RAMP** (см. рис. 4).

При нажатии кнопки **S2** запускается режим стабилизации температуры.

При подаче на вход **IN** таймера **TOF** логической единицы (см. подраздел 4.4.2, рис. 15), начинается отсчет времени, заданный на вход **PT** = 7 мин. С выхода **Q** таймера значение **var2** поступает на блок развязки **SEL**, и так как сигнал больше нуля, с блока **SEL** будет выходить значение, поданное на третий вход. На этот вход подключен блок **SUB**, выдающий разность между заданной температурой и температурой окружающей среды. Также значение **var2** поступает на вход **RESET** блока **RAMP**, это нужно для того, чтобы при переходе с режима программного управления в режим стабилизации, когда работа программы не была закончена, обнулять выход блока **RAMP**. Далее значение **var3** поступает, как и в режиме программного управления, на вход блока **ADD**. Так как в этом случае на вход регулятора подаётся фиксированное значение, а не по нарастающей с нуля, выход на заданную температуру будет происходить намного быстрее.

Остановка происходит автоматически при обнулении таймера **TP**.

Кнопка **S3** предназначена для введения дополнительного сопротивления в цепь питания печи.

### 5.3. Исследование системы

#### Запуск системы

Цель исследования системы – познакомить студентов с функциональными возможностями и приёмами программирования контроллера ПЛК150 и блоком управления симисторами и тиристорами БУСТ, применительно к задаче программного автоматического регулирования температуры в пропарочной камере.

Порядок проведения исследования:

1. Включить автоматический выключатель на лицевой панели стенда, при этом загораются сигнальная лампа «Сеть», а также индикатор «питание» и «работа» на контроллере;

2. На компьютере с рабочего стола запустить программу **CoDeSys**(щелкнуть ярлык **CoDeSys** два раза);

3. Подать команду меню **Online**→**Login**, устанавливающую связь с контроллером. На экране появится запрос в виде окна, на загрузку программы в контроллер. Нажать **Yes**, при этом индикатор «работа» на контроллере потухает, а загорается индикатор «связь».

После установления связи с контроллером можно приступить к исследованию работы системы в режимах программного управления и стабилизации температуры.

### Режим программного управления

1. Подать команду меню **Online**→**Run** или нажать кнопку «старт – стоп» на контроллере;

2. Нажать кнопку **S1** на лицевой панели стенда, при этом произойдет запуск программы;

3. Запустить трассировку, для этого необходимо на компьютере, в открытой программе выбрать объект **Sampling Trace** на вкладке ресурсов организатора проекта (если окно трассировки не открыто), затем необходимо в контекстном меню запустить процесс трассировки «**StartTrace**» и считать буфер трассировки «**Auto Read Trace**».

На рис. 7 показано окно трассировки в режиме программного управления. Черным цветом показан прямоугольный импульс генератора импульса **TP**(см.4), синим импульс трапециевидной формы блока **RAMP**, красным сигнал выходящий с контроллера и зеленым сигнал обратной связи с термодатчика сопротивления.

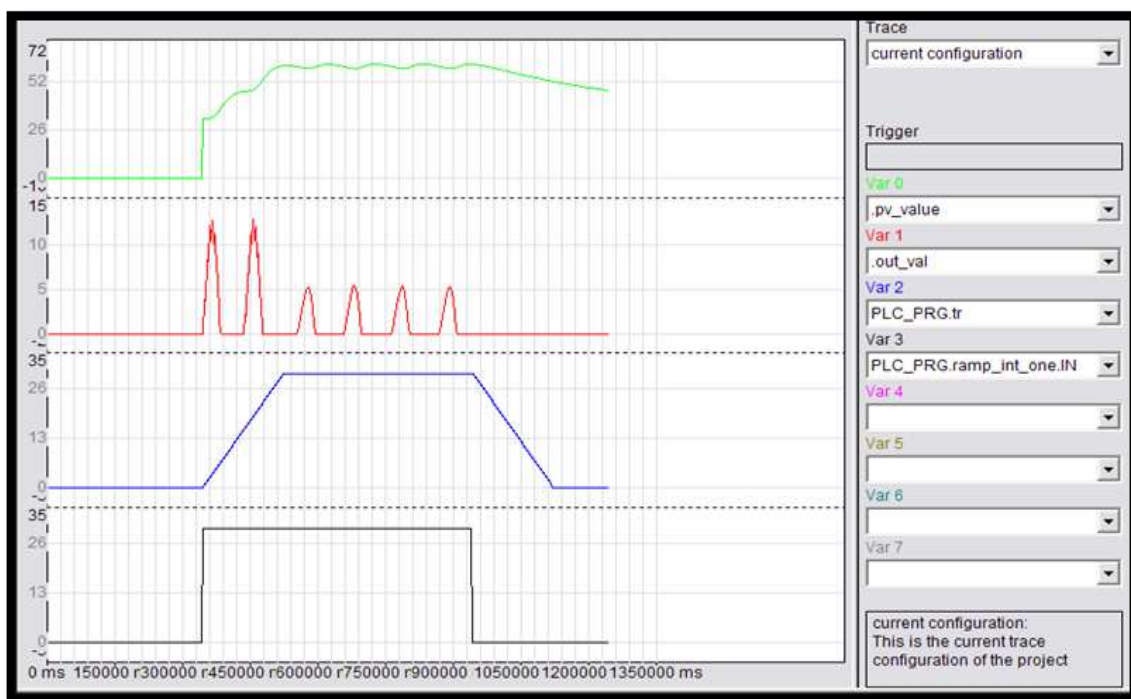


Рис. 7. Окно Sampling Trace в режиме программного управления

В период времени, когда происходит нарастание температуры, (ограничено пунктирными линиями 1 и 2), с выхода контроллера поступает периодичный максимальный сигнал. Далее сигнал уменьшается (промежуток времени от линии 2 до линии 3), при этом происходит удержании температуры на заданном уровне. В конце цикла (промежуток времени от линии 3 до линии 4), происходит плавное остывание печи естественным способом, при этом на выходе контроллера сигнал отсутствует.

Для правильной работы, при переключении с одного режима на другой необходимо, чтобы работа программы была остановлена автоматически, выход блока **SEL** – **var3** должен обнулиться, также необходимо полное остывание эмулятора печи, т. е. температура с датчика печи должна быть приблизительно равна температуре, приходящей с датчика измеряющего температуру окружающей среды. Это контролируется в режиме установленной связи с контроллером в окне **PLC\_PRG**. В месте подключения датчиков **pv\_value** и **pv\_value2** отображается реальная температура.

### Режим стабилизации температуры

1. Подать команду меню **Online**→**Run** или нажать кнопку «старт – стоп» на контроллере;
2. Нажать кнопку **S2** на лицевой панели стенда, при этом произойдет запуск программы;
3. Запустить трассировку, для этого необходимо на компьютере, в открытом окне **Sampling Trace**, в контекстном меню запустить процесс трассировки «**StartTrace**» и считать буфер трассировки «**Auto Read Trace**».

На рис. 8 показано окно трассировки в режиме стабилизации температуры, красным показан сигнал, выходящий с контроллера, зеленым сигнал обратной связи с термодатчика сопротивления.

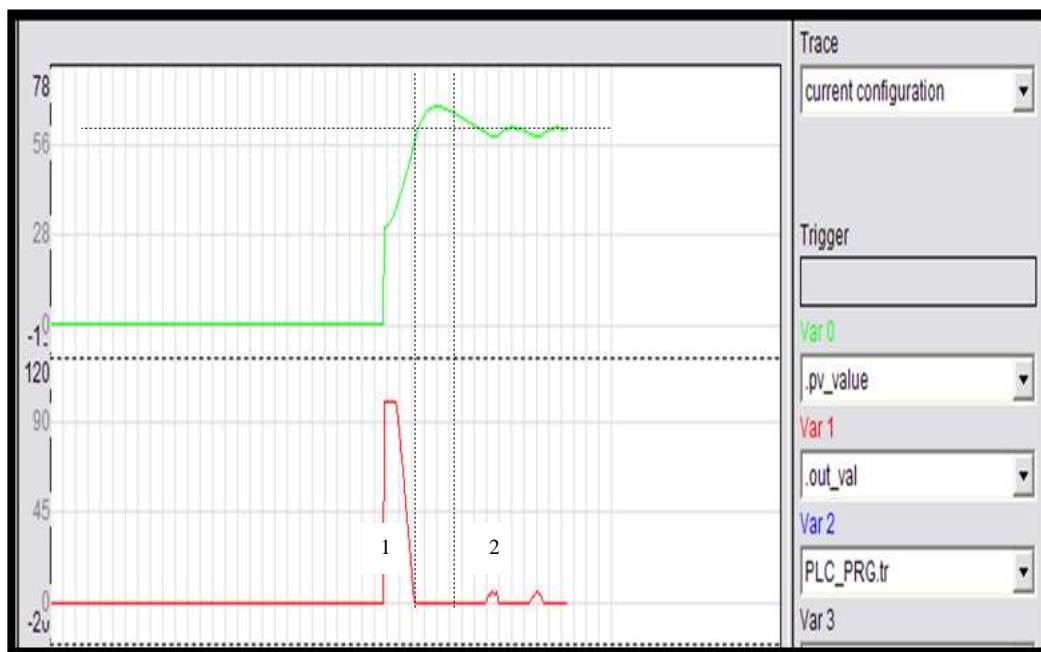


Рис. 8. Окно Sampling Trace  
в режиме стабилизации температуры

В момент включения режима стабилизации, с выхода контроллера сразу поступает максимальный сигнал (промежуток времени от линии 1 до линии 2), который удерживается до достижения необходимой температуры. Далее поддержание температуры происходит небольшими импульсами.



## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назначение и технические данные ПЛК150;
2. Встроенные интерфейсы контроллера;
3. Входы/выходы контроллера: их виды и количество;
4. CoDeSys: назначение, состав редакторов;
5. Какой язык программирования использован при создании проекта программы автоматического регулирования температуры в камере?
6. Назовите функциональные блоки программы авторегулирования температуры в камере;
7. Состав элементов стенда для исследования САР температуры, выполненной на базе ПЛК150;
8. Работа САР в режиме программного управления температурой в камере. Поясните графики переменных;
9. Поясните графики переменных при работе САР в режиме стабилизации температуры.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Контроллер программируемый логический ПЛК150: паспорт и руководство по эксплуатации. – Москва: НПО ОВЕН, 2007. – 41 с.
2. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CodeSys 2.3: документация на компакт-диске фирмы 3S. – Смоленск, 2006. – 453 с.
3. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Практическое применение языков стандарта МЭК 61131-3 / под ред. проф. В. П. Дьяконова. – Москва: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. АСУ ЛАБОРАТОРНЫМ КОМПЛЕКСОМ АПП НА БАЗЕ SCADA-СИСТЕМЫ DATARATE**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и функционирования распределенной АСУ ТП, выполненной на базе технологических стендов лаборатории АПП с управляющими приборами фирмы ОВЕН[3], SCADA-системы DataRate [2], модулей дискретного ввода/вывода МДВВ [3], сетевого адаптера интерфейсов RS 485/USB [3], персонального компьютера и кабеля типа «витая пара».

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с функциональной структурой комплекса технических средств АСУ ЛК и характеристиками ее элементов.

2.2. Изучить программный SCADA – комплекс DataRate (функции DataRate, интегрированная среда разработки, HMI – приложения для ПК).

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Структурная схема АСУ лабораторным комплексом (АСУ ЛК), состав и назначение элементов системы.

3.2. Функции SCADA-системы DataRate.

3.3. Интегрированная среда разработки (ИСР) Data Rate (назначение, основные понятия и определения: объектная модель, скрипты, тренды, протокол, сигнализация контроля уровня, мнемосхема, теги).

## **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ**

### **4.1. Структурная схема и характеристики элементов АСУ ЛК**

Структурная схема автоматизированной системы управления представлена на рис.1. В нее входят шесть

лабораторных стендов и автоматизированное место преподавателя АРМ. Сеть передачи данных выполнена на базе интерфейса RS-485 с протоколом Owen. На АРМ установлен преобразователь интерфейса RS-485/USB модели AC-4 фирмы Овен. Протокол Овен является общим для средств локальной автоматики, имеющим цифровой выход, что значительно облегчает разработку общей сети АСУ. За основу взята типовая схема включения приборов в общую локальную сеть.

Такой подход позволяет использовать типовые элементы для создания АСУ ЛК, не внося кардинальных изменений в локальную автоматику стендов лаборатории.

Структурная схема АСУ ЛК (рис. 1) представлена следующими стендами:

1. САУЗ – система автоматического управления задвижкой (локальная автоматика), включающая в себя прибор управления ПКП1Т и электромагнитное реле К1 для передачи сигнала «Авария».

2. САПН – система автоматизации погружного насоса:

h – уровень воды в баке;

ДУ – аналоговый датчик уровня воды в бочке, выполненный на базе преобразователя разности давлений Сапфир-22М совместно с блоком питания;

SA1 – тумблер переключения режимов управления:

М – местное, ДУ – дистанционное управление;

М – электродвигатель насоса;

МДВВ1 – модуль дискретного ввода-вывода, установленный в стенде САПН, принимает дискретные сигналы также от стендов САУЗ и САКУ;

3. САКУ – система автоматизации компрессорной установки:

- ТРМ-138 – регулятор;
- ПУСК – кнопка, запускающая компрессор;
- СТОП – кнопка, останавливающая компрессор;
- К1 – электромагнитное реле, управляемое напряжением Укл1, включающим «клапан продувки конденсата
- К2 – электромагнитное реле, управляемое напряжением Укл2, включающим «клапан сброса давления»;

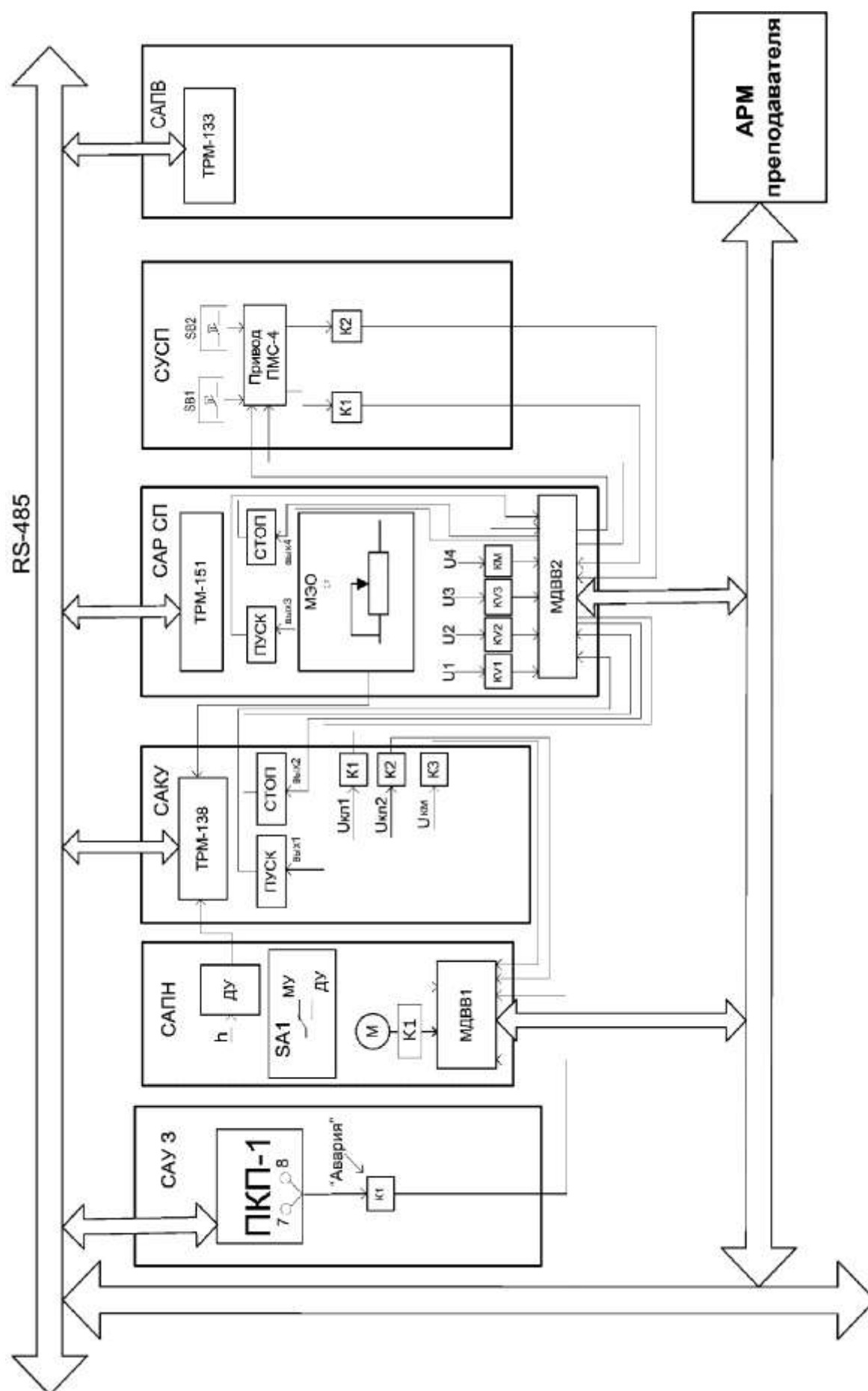


Рис. 1. Структурная схема АСУ ЛК

- КЗ – электромагнитное реле, управляемое напряжением контактора Укм, включающим двигатель компрессора.

- SA3 – тумблер выбора режима Работа/Наладка.

4. САР СП – система автоматического регулирования соотношения параметров:

- ТРМ-151 – программный ПИД-регулятор;

- ПУСК – кнопка, запускающая компрессор установки;

- СТОП – кнопка, останавливающая компрессор установки;

- МЭО – механизм электрический однооборотный, содержащий резистивный датчик положения регулирующего клапана;

- КМ – электромагнитное реле, управляемое напряжением, включающим эл/двигатель компрессора;

- KV1-KV3 – электромагнитные реле, управляющие МЭО (KV1, KV2) и переключающее «автоматическое управление/ручное управление» (KV3);

- МДВВ2 – модуль дискретного ввода-вывода, установленный в стенде САРСП.

- М – электродвигатель компрессора

5. СУСП – система управления стрелочным переводом:

- Привод моторный стрелочный ПМС-4;

- SA1, SA2 – кнопки перевода стрелки;

- К1, К2 – электромагнитные реле;

6. САПВ – система автоматизации приточной вентиляции, выполненная на базе контроллера ТРМ133.

7. АРМ – автоматизированное рабочее место, включающее в себя ПК и преобразователь интерфейса АС 4.

Таким образом, для сбора и передачи данных со стендов в ПК, использованы модули дискретного ввода-вывода, промежуточные электромагнитные реле, преобразователь перепада давления совместно с блоком питания и приборы, решающие задачи локальной автоматики.

## **Технические характеристики элементов системы**

### **Модуль дискретного ввода-вывода**

Напряжение питания – 90...264 В переменного тока частотой 47–63 Гц

Потребляемая мощность – не более 12 ВА

Количество дискретных входов – 12

Тип датчика, подключаемого к дискретному входу:

- «сухой» контакт;
- транзисторный ключ n-p-n типа

Максимальная частота входного сигнала – 1 кГц

Количество выходов – 8 (переключающие контакты выходных электромагнитных реле 8 А, 220 В)

Тип интерфейса – RS-485

Скорость передачи данных, кбит/с – 2.4, 4.8, 9.6, 14.4, 19.2, 28.8, 38.4, 57.6, 115.2

Максимальная длина линии связи – 1200 м

Протоколы передачи данных – OVEN

ModbusASCII

ModbusRTU

DCON

Максимальное количество модулей в сети:

- для протокола OVEN при длине сетевого адреса 8 бит – 32
- для протокола OVEN при длине сетевого адреса 11 бит – 256
- для протокола Modbus – 256

Тип корпуса – на DIN-рейку Д9

Габаритные размеры корпуса – 157×86×58 мм

Степень защиты корпуса – IP20

В МДВВ установлен модуль интерфейса RS-485, позволяющий:

- конфигурировать прибор на ПК (программа-конфигуратор предоставляется бесплатно);
- передавать в сеть сигналы с дискретных входов;

- получать из сети сигналы состояния дискретных выходов и скважность ШИМ;
- регистрировать состояние дискретных входов и выходов прибора.

МДВВ может работать в сети только при наличии в ней «мастера». «Мастером» сети RS-485 может быть персональный компьютер, программируемый контроллер, например ОВЕН ПЛК, и т. д. Подключение МДВВ к ПК производится через адаптер ОВЕН АС3-М или АС4. Поддержка протоколов ОВЕН, Modbus, DCON. Конфигурирование МДВВ осуществляется по протоколу ОВЕН. Поддержка распространенных протоколов Modbus и DCON позволяет МДВВ работать в одной сети с контроллерами и модулями как фирмы ОВЕН, так и других производителей.

МДВВ имеет 12 дискретных входов, к которым можно подключать устройства с «сухими» контактами (кнопки, выключатели, герконы, реле и др.) или транзисторные ключи n-p-n типа.

Каждый дискретный вход может работать в одном из двух режимов:

- 1) ON/OFF, при котором непосредственно считывается состояние входа;
- 2) Режим счетчика.

При работе в режиме счетчика в сеть передается количество импульсов, поступивших на дискретный вход. Максимальная частота импульсов счета составляет 1 кГц. Размер переменной счета равен 16 бит. При переполнении счетчика его значение автоматически обнуляется и счет продолжается. При пропадании питания результаты счета сохраняются в энергонезависимой памяти прибора.

Дискретные выходы МДВВ предназначены для управления исполнительными механизмами. В приборе по желанию заказчика могут быть установлены в различных комбинациях 8 дискретных выходных элементов (ВЭ): э/м реле, транзисторные или симисторные оптопары, выходы для управления твердотельным реле.

МДВВ позволяет непосредственно управлять дискретными выходами и подключенными к ним исполнительными

механизмами через сеть RS-485. Благодаря этому МДВВ может быть использован в качестве модуля выходов для любой SCADA-системы или программируемого контроллера, например ОВЕН ПЛК.

Управление дискретными выходами МДВВ возможно в двух режимах:

1) ON/OFF, при котором дискретный выходной элемент включается и выключается по сигналу из сети;

2) ШИМ, при котором прибор по сигналу скважности из сети самостоятельно генерирует ШИМ-сигнал.

МДВВ генерирует ШИМ с высокой точностью, которую нельзя обеспечить при передаче команд включения и отключения ВЭ через низкоскоростную сеть RS-485. Период ШИМ для дискретного ВЭ задается пользователем.

В случае аварии системы управления или при обрыве связи прибор переводит дискретные выходы в безопасное состояние, заданное заранее.

**Поддержка протоколов ОВЕН, Modbus, DCON**

Для сетевого обмена с МДВВ пользователь может выбрать один из четырех протоколов: ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII или DCON. Конфигурирование МДВВ осуществляется по протоколу ОВЕН.

Поддержка распространенных протоколов Modbus и DCON позволяет МДВВ работать в одной сети с контроллерами и модулями как фирмы ОВЕН, так и других производителей.

В случае аварии системы управления или при обрыве связи прибор переводит дискретные выходы в безопасное состояние, заданное заранее.

### **Промежуточные реле**

Для обеспечения интеграции входов МДВВ в цепи переменного тока применены промежуточные реле РЭК 77/3 и РЭК 78/4. Характеристики реле представлены в табл. 1.



Таблица 1

Параметры	РЭК 77/3	РЭК 78/4
Номинальный ток контактов А	10	3
Количество групп переключающих контактов	3	4
Номинальное напряжение обмотки переменного тока, В	12; 24; 230	12; 24; 230
Номинальное напряжение обмотки постоянного тока, В	12; 24	12; 24
Тип присоединяемого разъема	PPM77/3	PPM78/4

### **Преобразователь интерфейса АС4**

Предназначен для взаимного преобразования сигналов интерфейсов USB и RS-485. Позволяет подключать к промышленной информационной сети RS-485 персональный компьютер, имеющий USB-порт. Основные функции и характеристики АС4:

- Взаимное преобразование сигналов интерфейсов RS-485 и USB.
- Автоматическое определение направления передачи данных.
- Гальваническая развязка входов.
- Создание виртуального Com-порта при подключении прибора к ПК, что позволяет без дополнительной адаптации использовать информационные системы (SCADA, конфигураторы), работающие с аппаратным Com-портом.
- Питание – постоянное напряжение (на шине USB), потребляемая мощность не более 0,5 ВА;
- Допустимое напряжение гальванической изоляции входов не менее 1500 В;
- Стандарт интерфейса – USB 2.0;
- Длина линии связи с ПК – не более 3 м;
- Скорость обмена данными – до 115200 бит/с;

- Длина линии связи с внешним устройством – не более 1200 м;
- Используемые линии передачи данных – А (D+), В (D–).

Схема подключения АС4 к сети RS-485 представлена на рис. 2.

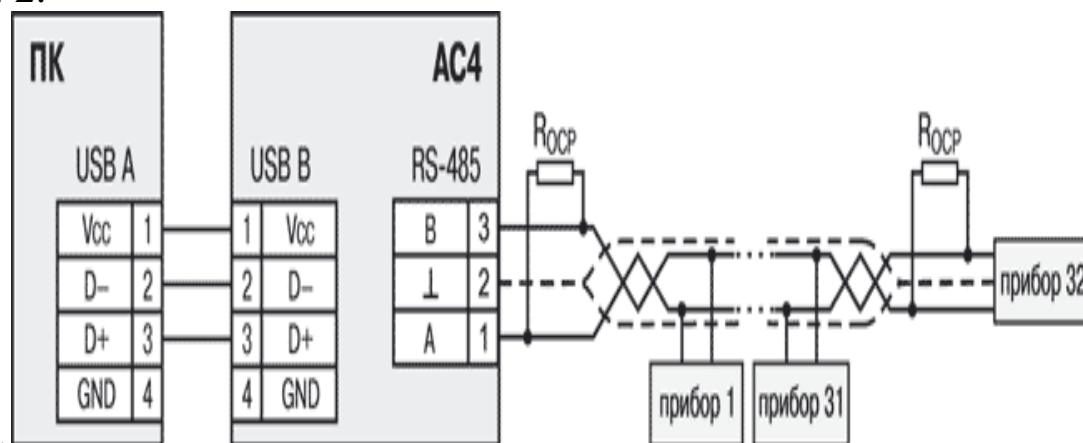


Рис. 2. Схема подключения АС4

При построении сети с использованием интерфейса связи RS-485 к линии, выполненной витой парой, может быть подключено до 32 приборов, а при использовании усилителя сигнала – до 256 приборов.

АС4 имеет встроенные согласующие резисторы сопротивлением 100 и 120 Ом.

Подключение АС4 к ПК производится с помощью стандартного USB-кабеля. Перед подключением АС4 к ПК необходимо установить драйвер с поставляемого в комплекте компакт-диска.

### **Преобразователь давления «Сапфир-22М»**

Преобразователь давления «Сапфир-22М» предназначен для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра – гидростатического давления воды в баке (уровня) в унифицированный токовый выходной сигнал, 4–20 мА. Напряжение питания – 36 В постоянного тока.

### **Блок питания**

Блоки питания ИПБ-1 осуществляет преобразование напряжения 220 В переменного тока в стабилизированное

напряжение постоянного тока 36 В (24 В) для питания преобразователя «Сапфир-22М». Ток нагрузки – 100 мА.

## 4.2. SCADA -система DataRate

Программное обеспечение верхнего уровня АСУ лабораторным комплексом создано на базе SCADA-системы DataRate версии 3.0.2118, разработанной НПФ «Круг 2000». Для обмена информацией между SCADA и микропроцессорными управляющими устройствами лабораторных стендов использовано приложение «OPC – сервер для приборов с интерфейсом RS-485 и протоколом OVEN», разработанное ф. «ОВЕН».

### 4.2.1. Функции DataRate

На рис. 3. представлен набор функций, реализуемых в среде разработки DataRate



Рис. 3. Функции DataRate

Интегрированная среда разработки DataRate и среда исполнения включает в себя функционально-полный набор средств для построения технологических проектов любой сложности и назначения, в частности:

- ведение тренда для любого входа/выхода объекта. Мониторинг динамики изменений параметров в реальном времени позволяет прогнозировать и оперативно принимать решения по управлению

- база данных трендов. Сохранение истории процесса необходимо для:

- анализа и оптимизации режимов работы системы
- групповой аналитический тренд. Предназначен для визуального;

- исследования временных рядов и состоит из областей с графиками.

- количество областей и их положение регулируется при настройке тренда. Настройку тренда (добавление новых перьев, новых графиков, масштабирование) может производиться как в среде разработке, так и в среде исполнения.

- Исторические тренды. Вы можете использовать исторические тренды не только для просмотра, но и для проведения статистических расчётов. Специальные сервисные функции и единый способ доступа позволяют получить данные любого временного участка тренда от любых «исторических» источников (OPC HDA, WideTrack). Это даёт возможность разрабатывать типовые алгоритмы обработки «исторических» тэгов

- Подсистема событий и тревог. Автоматический мониторинг параметров системы с возможностью ведения истории и вывода звуковой и световой сигнализации помогает быстро выявить и предупредить отклонения от нормального хода развития процесса. Поддерживается спецификация OPC AE (Alarms and Events) версии 1.10.

- Пользовательские функции на C#. Реализация технологических алгоритмов на языке C# обеспечивает высокую производительность и гибкую расширяемость функционала системы за счёт компиляции кода для платформы Microsoft Net и использования системного API.

- Поддержка работы с библиотекой функций языка КРУГОЛ. Библиотека функций языка КРУГОЛ на настоящий момент поддерживает более 250 различных функций, в том числе

функции коммерческого и технического учета тепла и газа. Таким образом, становится возможным реализовать сложные расчеты в кратчайшие сроки, просто добавив необходимую функцию из подключенной библиотеки.

- Расписания для запуска скриптов. Возможность запуска технологических алгоритмов по расписанию требуются для выполнения периодических расчётов в строго заданные моменты времени

- Интегрированная система отчетности. С помощью модуля отчетов можно организовать гибкую систему отчетности. Богатые функциональные возможности и дружелюбный интерфейс модуля отчетов дают возможность легко и быстро создавать шаблоны отчетов любой структуры и сложности, осуществлять по запросу или расписанию печать отчетов, рассылку по e-mail, передачу по Web-интерфейсу, публикацию на http/ftp-серверах, а также сохранение в различных форматах – pdf, excel и др.

- Создание систем с клиент-серверной архитектурой. Организация одновременного доступа к серверу позволяет осуществлять контроль и управление сложными процессами в распределенной системе управления с большим количеством подсистем, параметров и рабочих мест

- Защита от несанкционированного доступа. Разграничение доступа к отдельным компонентам и функциям системы используется для задания необходимых полномочий и ответственности пользователей

*Обмен данными:*

Источники данных:

- Устройства сопряжения с объектом (контроллеры, регуляторы, счётчики, цифровые датчики и другие)

- Информационные системы, СУБД (MS SQL Server, Oracle, MySQL, Interbase, IBM DB2 и другие)

- SCADA, MES, ERP и другие системы управления и планирования производства

- Сервер технологических данных WideTrack

Технологии и стандарты

- OPC DA, OPC HDA и OPC AE
- Обмен с СУБД по технологии OLE DB, ODBC
- Экспорт данных в формате XML и CSV

На рис. 4 представлена возможность Web-доступа удаленных устройств к данным системы SCADA-системы DataRate.

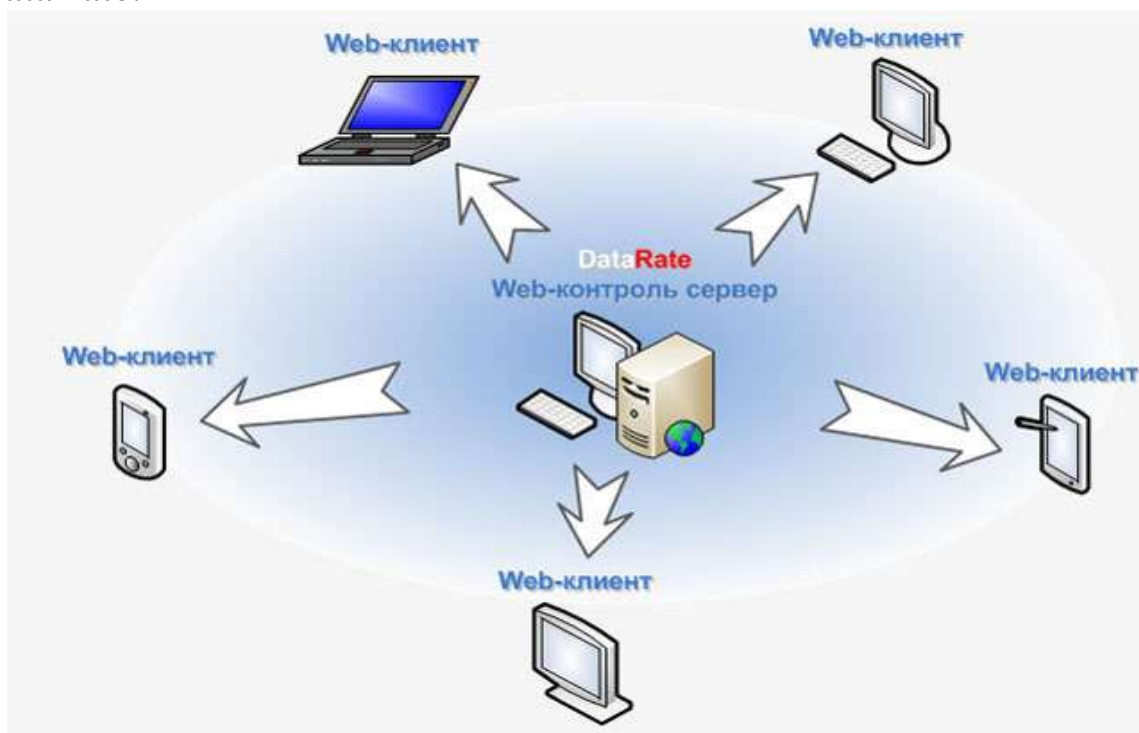


Рис. 4. Web-контроль системы

Компонент Data Rate Web-Контроль предназначен для построения систем

удаленного мониторинга и управления через обычный интернет-браузер. Сводит к минимуму затраты на техническое обслуживание рабочих мест. Позволяет осуществлять мониторинг и управление процессом независимо от местонахождения ответственных лиц.

#### **4.2.2. Интегрированная среда разработки DataRate**

Система DataRate 3.0 состоит из интегрированной среды разработки и среды исполнения. Подробная информация об использовании DataRate приведена в Приложении 1. Подробное

описание ИСР представлено в [1]. Ниже приведены основные понятия и определения ИСР.

### **Интегрированная среда разработки**

Интегрированная среда разработки (далее – ИСР) служит для создания НМІ-приложений (Human-MachineInterface, интерфейс «Человек-машина») промышленной автоматизации и их отладки.

Чтобы запустить ИСР, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на меню «Пуск», выбрать пункт меню «Программы», затем DataRate 3.0 и щелкнуть на ярлыке «Среда разработки», либо дважды щелкнуть курсором мыши на ярлыке «DataRate Среда Разработки 3.0», расположенном на рабочем столе.

После запуска ИСР пользователь увидит окно «Добро пожаловать в DataRate» (рис. 5). С его помощью можно создать новый проект НМІ-приложения, открыть из файла уже созданный проект, запустить справку по ИСР либо открыть веб-сайт фирмы-разработчика. Также можно открыть один из трех проектов, отредактированных последними.

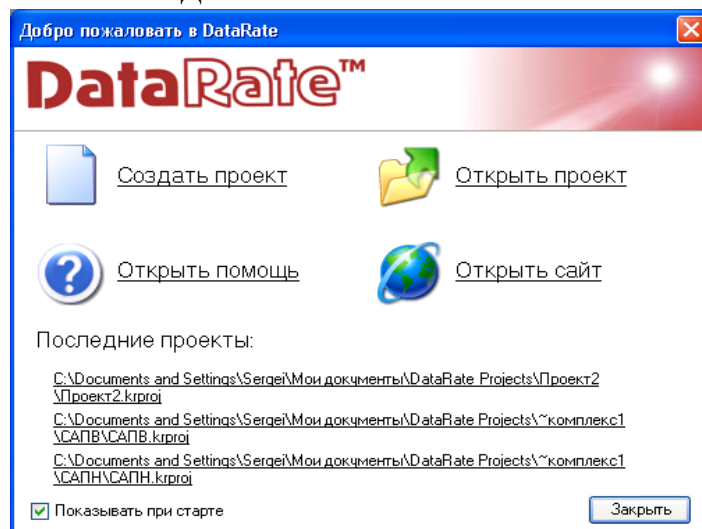


Рис. 5. Окно «Добро пожаловать в DataRate»

Сняв флажок «Показывать при старте», можно отключить отображение окна «Добро пожаловать в DataRate» при запуске ИСР.

Основными окнами интегрированной среды являются:

1. Окно редактора проекта
2. Окно библиотек
3. Окно аргументов

4. Окно свойств
5. Окно редактирования и отладки

### **Редактор проекта**

Отображает объекты проекта в виде иерархической древовидной структуры и служит для выбора объекта для редактирования. Окно «Редактора проекта» состоит из следующих областей:

Редактор проекта. Здесь: 1 – иерархический список объектов проекта, 2 – закладки для переключения между списками элементов, 3 – панель инструментов, 4 – список элементов объекта

#### **1. Список объектов проекта в иерархическом виде.**

Служит для выбора необходимого объекта, а также создания, копирования, вставки, добавления из файла элементов, запуска верификации проекта и поиска объектов. Некоторые действия доступны через контекстное меню, которое вызывается нажатием правой кнопки мыши на требуемом объекте.

#### **2. Закладки списков элементов.**

Служат для переключения между типами элементов, содержащихся в выбранном объекте.

#### **3. Панель инструментов.**

Служит для создания, удаления, сортировки и изменения порядкового номера элементов.

#### **4. Список элементов**

Служит для отображения списка элементов объекта и их атрибутов. Также возможно редактирование, копирование, вставка, удаление, поиск и верификация элемента, при помощи пунктов контекстного меню. Для доступа к контекстному меню нужно щелкнуть правой кнопкой мыши на выбранном элементе.

### **Библиотеки**

Отображает иерархический список объектов, находящихся в системной библиотеке и библиотеке проекта. Окно «Библиотеки» состоит из следующих областей:

1. Список библиотек и объектов библиотек в иерархическом виде.

#### **2. Закладки списков элементов.**

#### **3. Панель инструментов.**



#### 4. Список элементов.

Назначение областей окна «Библиотеки» аналогично областям окна редактора проекта.

#### **Аргументы**

Окно «Аргументы» отображает список аргументов выделенного объекта или элемента. Окно состоит из следующих областей:

##### 1. Список аргументов.

В списке отображены порядковый номер аргумента, имя аргумента в скрипте, имя, которое будет использоваться в анимации и реакциях (подробнее об см. Приложение), тип аргумента и привязка к аргументу какого-либо тега (подробнее о тегах см. Приложение). Чтобы выполнить изменения имен аргумента необходимо выделить поле с необходимым именем и нажать клавишу F2, либо выполнить щелчок левой кнопкой мыши.

Изменение привязки к тегу выполняется щелчком левой кнопкой мыши на ссылку в столбце «Привязка». Тип аргумента можно изменить, выбрав нужный тип из раскрывающегося списка в столбце «Тип».

##### 2. Панель кнопок.

Здесь нажатием соответствующих кнопок можно создать, удалить и изменить порядковый номер аргумента.

#### **Свойства**

Окно «Свойства» состоит из трех вкладок: «Свойства», «Анимация» и «Реакции», переключение между которыми осуществляется щелчком левой кнопкой мыши по заголовкам вкладок.

##### *Вкладка «Свойства»*

Вкладка состоит из следующих областей:

##### 1. Заголовки вкладок

Заголовки служат для перемещения между вкладками.

##### 2. Панель инструментов

Служит для переключения режимов сортировки свойств «По категориям» и «По алфавиту»


##### 3. Список свойств.

Список свойств состоит из двух колонок – имени свойства и значения свойства. Для изменения цифрового значения свойства

следует выбрать поле значения щелчком левой кнопкой мыши и затем ввести новое значение при помощи клавиатуры, после чего нажать клавишу Enter. Для изменения прочих значений свойств следует щелкнуть левой кнопкой мыши по полю значения, после чего выбрать нужное значение в появившемся окне.

4. Панель подсказки отображает название текущего свойства и подсказки по его редактированию.

#### *Вкладка «Анимация»*

На вкладке показан список графических свойств объекта, для которых возможно создание анимации. Просмотреть или отредактировать анимацию свойства можно нажав левой кнопкой мыши на кнопку  справа от названия свойства. Создать анимацию можно выбрав из раскрывающегося списка пункт «Скрипт» или «Простое преобразование».

При выборе способа анимации «Скрипт» появляется кнопка «Редактировать». При нажатии на эту кнопку открывается окно редактора скриптов, где на языке C# можно записать алгоритм работы анимации.

При выборе способа анимации «Простое преобразование» можно задать соответствие значения входного параметра выходному (графическому свойству). В качестве входного значения может служить аргумент объекта, либо простое выражение языка C# с использованием одного или нескольких аргументов объекта.

Кроме того, доступен выбор режима преобразования – дискретное или непрерывное.

*Вкладка «Реакции».* На вкладке «Реакции» перечислены текущие назначенные объекту реакции.

#### **Редактирование и отладка**

Окно редактирования и отладки находится в центре главного окна ИСР. Каждая вкладка содержит открытый для редактирования объект.

#### **Панель инструментов**

Панель инструментов содержит кнопки быстрого доступа к соответствующим пунктам главного меню.

## **Среда исполнения**

Среда исполнения служит для запуска НМІ-приложений в условиях промышленной эксплуатации. Среда исполнения поддерживает разграничение прав доступа по имени пользователя а также работу в качестве сервера с доступом диспетчера через клиентское приложение либо через веб-браузер.

## **Объектная модель**

Система «DataRate 3» предполагает использование для создания НМІ-приложений объектной модели разработки. Каждый элемент приложения представляет собой некий объект, с присущим ему набором характеристик. Между объектами может быть установлена иерархическая модель подчинения, например, объект может содержать в себе другие объекты, либо может сам находиться в объекте более высокого уровня.

Основными типами объектов, используемыми при разработке, являются:

1. Проект – корневой элемент объектной модели, включает элементы проекта и библиотеки. Структура проекта отображается в окнах «Редактор проекта» и «Библиотеки».

2. Элемент проекта – часть проекта, которая содержит рабочие столы и проекты.

3. Объект – основной элемент любого НМІ-приложения. Содержит в себе набор видов, тегов, скриптов и оповещений. Объекты могут помещаться друг в друга, формируя при этом дерево. Важнейшим элементом объекта является вид.

4. Вид – графическое изображение объекта, именно его сможет наблюдать пользователь в режиме исполнения проекта. Каждому объекту может соответствовать один, несколько или ни одного вида.

5. Мнемосхема - основной и наиболее употребимый шаблон вида. Мнемосхема представляет собой прямоугольную область произвольных размеров, на которой при помощи графических примитивов создается необходимая интерактивная анимированная или статическая сцена.

6. Графический примитив – простейший элемент вида. Совокупность графических примитивов используется для формирования требуемого интерактивного анимированного

изображения объекта. Каждый графический примитив обладает набором графических свойств, анимации и реакций.

7. Тег – входы и выходы объекта. Основой для создания тега является тип тега, определяемый в библиотеке проекта. Тег содержит в себе коллекцию атрибутов, обработок и сигнализаций. Использование тегов является основным способом обмена информацией между объектами в проекте. Тег может быть «связан» с другим тегом, либо с отдельным аргументом объекта – это означает обмен значениями выбранных атрибутов в одно- или двустороннем порядке. Создать «привязку» тега можно несколькими способами, например, выбрать нужный тег в списке тегов окна «Редактор проекта», и, щелкнув левой кнопкой мыши по ссылке в поле «Привязка», выбрать другой тег в окне выбора привязки. При этом следует указать пары атрибутов, которые будут участвовать в обмене. Также необходимо выбрать направление обмена данными.

8. Аргумент – типизированная переменная, являющаяся ссылкой на значение атрибута тега, которая используется в скриптах, реакциях и анимации. Аргумент может быть «привязан» к значению другого аргумента или атрибуту тега объекта, аналогично «привязке» тега.

### **Скрипты**

В терминологии DataRate 3, скрипт – это небольшая программа на языке C#. С помощью скрипта могут быть реализованы алгоритмы любой сложности. С помощью скрипта можно устанавливать и считывать значения атрибутов, менять значения параметров графических примитивов, реализовывать алгоритмы обработки данных, используя классы .NETFramework.

Код скрипта поделен на следующие части:

1. «Скрипт» – код, который будет выполняться при вызове скрипта. Так, если вызов скрипта назначен как реакция, то эта часть скрипта будет исполняться при наступлении указанного события, а если скрипт назначен как анимация, то эта часть кода будет исполняться каждый раз при изменении значения привязанного аргумента.

2. «Общий код» – служит для объявления переменных, объектов, описания процедур и функций.

3. «Запуск» – эта часть кода выполняется один раз, при старте НМІ-приложения.

4. «Останов», аналогично «Запуску» выполняется только один раз – при завершении НМІ-приложения.

5. «Пространства имен» - объявления пространств имен классов .NET. Каждый созданный скрипт уже содержит объявления наиболее часто используемых пространств имен, и в большинстве случаев редактирование этого списка не требуется.

### **Тренды**

Тренд – общая направленность изменений показателей какого-либо временного ряда. В DataRate 3 под трендом понимается временной ряд значений атрибута тега. Создание тренда – единственный способ архивирования истории изменения значения какого-либо аргумента.

Перо – специальный объект, содержащий данные о трендируемом атрибуте тега.

Модуль «Менеджер трендов» предназначен для управления перьями. Доступно создание, удаление и редактирование трендов и групп настроек истории. Менеджер трендов автоматически добавляется к каждому созданному проекту и доступен в окне «Редактор проекта» как элемент проекта.

### **Протокол**

Подсистема ведения протокола событий включает специальный объект **Протокол событий**. Он создается всегда при создании элемента проекта.

Для визуализации протокола существует специальное окно для показа протокола событий и графический примитив **Протокол событий**.

### **Сигнализация**

**Сигнализация (*тревога, alarm*)** – аварийное состояние, т. е. специальный случай какого либо состояния, требующего специального внимания.

В проекте *DataRate* работа с аварийными состояниями основана на использовании тегов, тип которых включает определенную сигнализацию.

Каждая Сигнализация имеет следующие свойства:

**Имя** – уникальное имя сигнализации в пределах типа тега

**Комментарий** – пояснение к сигнализации

**Подтверждать** – указание, надо ли квитиовать данную сигнализацию

**Доступно** – определение, является ли данная сигнализация доступной.

**Сигнализация контроля уровня** обеспечивает сравнение текущего значения атрибута тега (ТЗ) с одним или несколькими заданными пределами. Если значение атрибута тега превышает предел, то устанавливается сигнализация.

**Сигнализация контроля уровня** представляет сигнализацию со следующими подсостояниями:

Нижняя предаварийная граница (**НАГ**) – минимальный нижний предел (**LoLo**)

Нижняя предупредительная граница (**НПГ**) – нижний предел (**Lo**)

Верхняя предупредительная граница (**ВПГ**) – верхний предел (**Hi**)

Верхняя предаварийная граница (**ВАГ**) – максимальный верхний предел (**HiHi**)

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Состав элементов АСУ ЛК.
2. Назначение и характеристики модуля дискретного ввода/вывода МДВВ
3. Назначение АРМ преподавателя.
4. Средства обмена информацией стандов с АРМ преподавателя.
5. Назначение и характеристики преподавателя интерфейсов АСЧ.
6. Назначение SCADA-системы DataRate.
7. Назовите функции, реализуемые в интегрированной среде разработки (ИСП) DataRate.
8. Основные окна ИСП и их назначение.
9. Понятие «Объект» в DataRate, основные типы объектов.
10. Поясните понятие «Скрипты».
11. Определите понятие «Тренды», «Протокол событий».
12. Что означает в DataRate «Сигнализация контроля уровня».

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Медведев А. Е. Разработка АСУ технологическими стендами лаборатории АПП на базе SCADA-системы DataRate [Электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» / ГУ КузГТУ, 2010. – 155 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90462&type=utchposob:common>

2. SCADA-система DataRate: Электронная копия на диске CD-R. – Москва: Круг 2000, 2010. – 156 с.

3. Компоненты автоматизации ОВЕН: каталог продукции ф. ОВЕН. – Москва, ОВЕН, 2007. – 224 с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. РАБОТА В АСУ ЛАБОРАТОРНЫМ КОМПЛЕКСОМ АПП**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить работу HMI-приложений для дистанционного контроля и управления лабораторными стендами.

### **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**2.1.** Ознакомиться с последовательностью действий для доступа к компьютеру-АРМ преподавателя и работой аналитического тренда.

**2.2.** Провести стендовые испытания работы HMI-приложений для ПК, заданных преподавателем, и записать результаты этих испытаний.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА**

**3.1.** Мнемосхемы, информационные и управляющие функции, графики контролируемых параметров.

**3.2.** Результаты стендовых испытаний.

## **4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО МЕТОДИКЕ РАБОТЫ В АСУ ЛК**

Приступая к работе, необходимо:

1. Проверить, включены ли автоматические выключатели «Общий» и «3». Для этого необходимо осмотреть распределительный шкаф, расположенный у входа в лабораторию и убедиться, что горят светодиоды «Общий» и «3». Если выключатели отключены, произвести включение кратковременным нажатием на кнопки черного цвета у соответствующих надписей в следующем порядке: сначала «Общий», затем «3».

2. Проверить, что включен сетевой фильтр, к которому подключено АРМ преподавателя. Для этого убедиться, что переключатель на сетевом фильтре подсвечен оранжевым светодиодом, и если светодиод не горит, нажать на переключатель.

3. Убедиться, что монитор включен – должен гореть оранжевым или зеленым светом светодиод на его лицевой панели. Если монитор выключен, необходимо включить его нажатием на кнопку включения.

4. Включить компьютер-АРМ преподавателя. Для этого нажать кнопку на лицевой панели системного блока до щелчка. При этом должен загореться зеленым светом светодиод на системном блоке. На экране монитора должны появиться строки системного теста и через 10–20 секунд, экран загрузки операционной системы Microsoft Windows XP. Примерно через 2 минуты должна произойти полная загрузка операционной системы, а на экране – появиться окно выбора пользователя. Если по истечении указанного времени загрузка не произошла, необходимо обратиться к преподавателю.

5. Выбрать при помощи щелчка левой клавишей мыши пользователя «Студент» и дождаться загрузки рабочего стола.

6. Включить автоматический выключатель на лицевой панели лабораторного стенда, работа с которым планируется.

Завершая работу с комплексом, следует:

1. Закрыть «Среду исполнения» DataRate 3 нажатием левой кнопки мыши на изображение крестика в правом верхнем углу



рабочего окна. Подтвердить запрос программы нажатием левой кнопки мыши на кнопке «Да» в появившемся диалоговом окне.

2. Выключить автоматический выключатель на лицевой панели стенда, с которым проводилась работа.

3. Подготовить компьютер к выключению, щелкнув по кнопке «Пуск» операционной системы, затем по пункту «Завершение работы» и «Выключение».

4. Когда на экране монитора появится надпись «Теперь питание компьютера можно отключить», следует выключить компьютер нажатием кнопки выключения на лицевой панели системного блока.

5. Если в лаборатории не ведется работа с другими стендами, необходимо отключить выключатели «3», затем «Общий».

При работе с АСУЛК студенту запрещается:

1. Подключать к компьютеру АРМ преподавателя съемные носители данных и любые периферийные устройства без ведома преподавателя.

2. Вносить изменения в настройки ОС, OPC-сервера или DataRate 3 без ведома преподавателя.

3. Одновременно прикасаться руками к неэкранированным частям работающего компьютера АРМ, например, разъему USB и к заземленным проводникам – например, к металлическому стеллажу, где установлено АРМ.

Работа с аналитическим трендом:

Для вывода значений параметров в графическом виде в НМИ-приложениях АСУЛК используется стандартный объект DataRate – аналитический тренд. Аналитический тренд состоит из областей с графиками и панели инструментов (рис. 1).

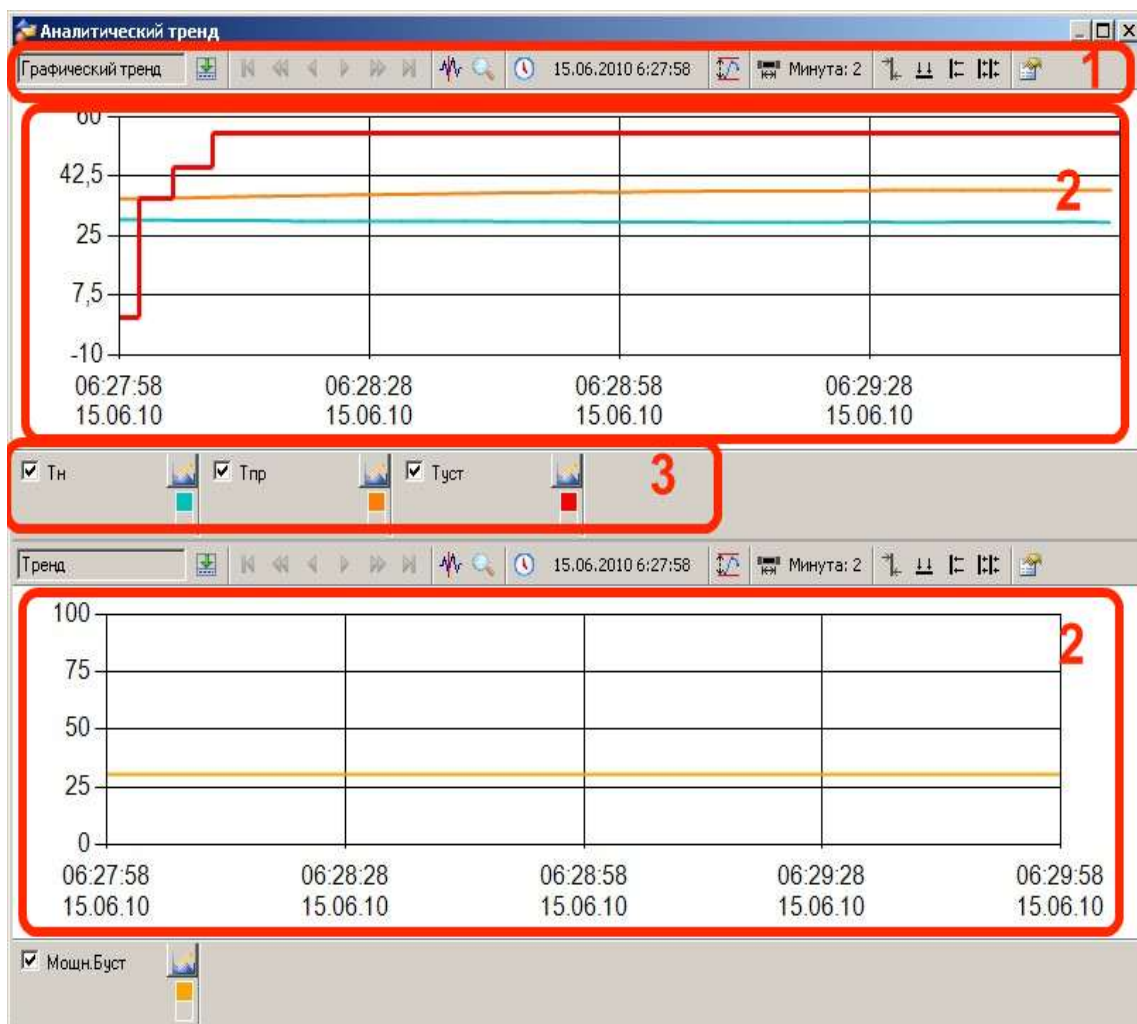


Рис. 1. Аналитический тренд: 1 – панель инструментов, 2 – области тренда, 3 – список перьев области

Панель инструментов (рис. 2) служит для управления графическим отображением перьев.



Рис. 2. Панель инструментов

Кнопки панели инструментов:


1. Имя области тренда.
2. Кнопка скрытия панели перьев. Если кнопка нажата, то панель перьев будет скрыта.


3. Блок кнопок для переходов по истории:

 – переход к самой первой точке из всех перьев тренда

 – переход на несколько временных окон назад.

Количество временных окон задается в свойстве области

 – переход на одно временное окно назад

 – переход на одно временное окно вперед

 – переход на несколько временных окон вперед.

Количество временных окон задается в свойстве области

 – переход ко времени «Сейчас»

4. Кнопка включения/выключения светового пера.
5. Кнопка включения/выключения масштабирования.
6. Область задания перехода ко времени.
7. Кнопка вызова окна задания границ.
8. Область задания временного окна. Область состоит из кнопки вызова диалогового окна для задания временного окна и текстового поля, в котором отображается текущее значение временного окна.
9. Синхронизировать все.
10. Синхронизировать по времени.
11. Синхронизировать границы.
12. Рассинхронизировать.
13. Кнопка вызова окна свойств аналитического тренда.

Области тренда служат непосредственно для работы с графиками. На одной области может быть отображено одновременно несколько графиков. Чтобы просмотреть графики за прошедшие периоды времени, необходимо включить режим «Светового пера» кнопкой на панели инструментов и производить переходы между периодами нажатием соответствующих кнопок на панели инструментов.

Список перьев показывает, перья каких параметров назначены данной области трендов. Кроме того, для пера отображается название параметра и его цвет на области трендов.

Скрыть или показать график того или иного параметра с области тренда, можно сняв или пометив соответствующий флажок.

## 5. НМИ-ПРИЛОЖЕНИЯ

### 5.1. Работа с НМИ-приложением САПВ

#### Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект САПВ двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «САПВ» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 3).

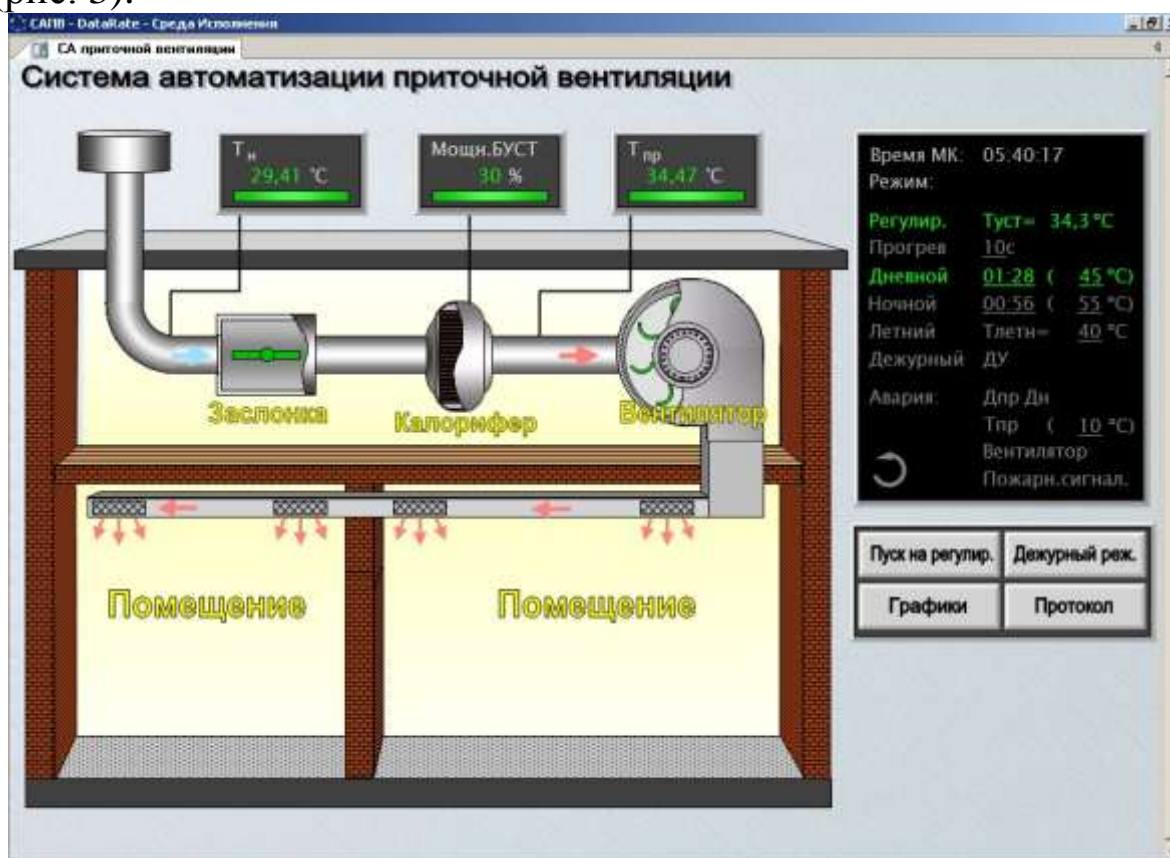


Рис. 3. НМИ-приложение САПВ, запущенное в «Среде исполнения»

#### Информационные функции

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Температура наружного воздуха показана на цифровом табло с названием «Тн».

2. Температура приточного воздуха, показана на цифровом табло с названием «Тпр».

3. Сигнал регулирования мощности, подаваемый на прибор «Буст», показан на цифровом табло с названием «Мощн.БУСТ».

4. Работа вентилятора показана анимацией лопастей вентилятора и анимированными стрелками, расположенными поверх труб и вентиляционных коробов.

5. Работа калорифера изображена изменением цвета ТЭНа от серого до ярко-красного при изменении сигнала от 0% до 100%. Также работа калорифера показана изменением цвета стрелок, изображающих потоки воздуха, с синего на красный.

6. Состояние заслонки показано углом ее поворота.

7. Срабатывание пожарной сигнализации показано анимированным изображением пламени в помещениях.

8. Текущий режим регулирования, дежурный режим, режим аварии и его причина, состояние связи и текущее время контроллера, а также уставки режимов и регулирования отображены на большом информационном табло.

### **Функции управления**

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Запуск микропроцессорного контроллера в режим регулирования производится кнопкой «Пуск на регулир.».

2. Перевод контроллера в дежурный режим производится кнопкой «Дежурный реж.».

3. Изменение уставок времени перехода ночной и дневной режимы, температурных уставок ночного, дневного и летнего режимов, времени прогрева и нижней аварийной границы приточной температуры производится с помощью информационного табло.

4. Просмотр графиков осуществляется нажатием кнопки «Графики».

5. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол».

## Информационное табло

Элемент «Информационное табло» (рис. 4) служит для получения информации о режимах и уставках, а также для их редактирования.

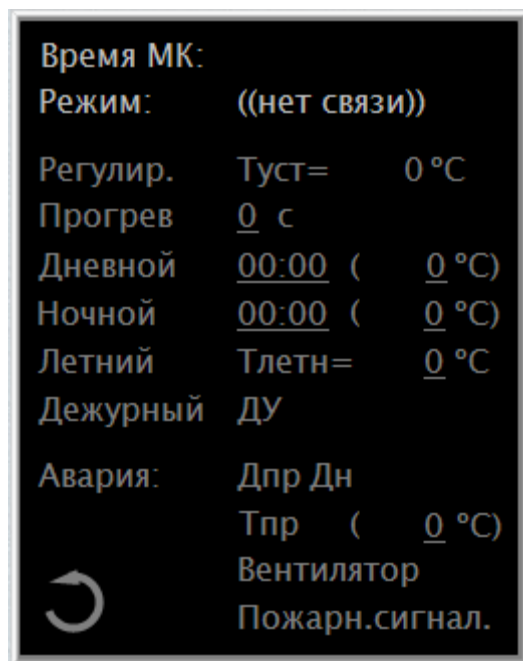


Рис. 4. Информационное табло

В случае если связь с прибором не может быть установлена, например, вследствие выключенного стенда или неверных настроек com-порта, в верхней части табло будет мигать надпись «((нет связи))».

Также в верхней части отображена информация о текущем времени, установленном в контроллере.

Строка, соответствующая текущему режиму регулирования, выделяется зеленым шрифтом.


Дежурный режим показывается оранжевым цветом. При этом, если контроллер был переведен в дежурный режим кнопкой на лицевой панели стенда, то подсвечена надпись «ДУ», а если кнопкой на самом контроллере или кнопкой «Дежурный реж.» в данном приложении, то подсвечивается надпись «Дежурный».

В случае аварии красным цветом выделяются надпись «Авария» и одна или более надписей, соответствующих причине аварии.

Уставки, значения которых пользователь может изменить, выделены подчеркиванием. Чтобы изменить значение уставки,

необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на соответствующей надписи. В появившемся поле ввода нужно ввести новое значение и нажать клавишу Enter.

Следует иметь в виду, что при изменении уставок времени дневного и ночного режима, значение необходимо задавать в минутах от полуночи. То есть, например, чтобы задать 6 ч 15 мин, следует ввести 375.

Чтобы вернуть стандартные значения для всех уставок, необходимо щелкнуть левой кнопкой на элементе «». При этом будут установлены следующие значения:

Время дневного режима = 06:15

Время ночного режима = 21:30

Температура дневного режима = 55 °С

Температура ночного режима = 45 °С

Температура летнего режима = 25 °С

Нижняя аварийная граница температуры приточного воздуха = 10 °С

Время прогрева = 10 с

### **Графики**

На аналитическом тренде проекта САПВ отображаются графики температуры наружного воздуха, приточного воздуха и температура уставки, а также мощность прибора БУСТ. Типичный вид графика при работе со стендом представлен на рис. 5.

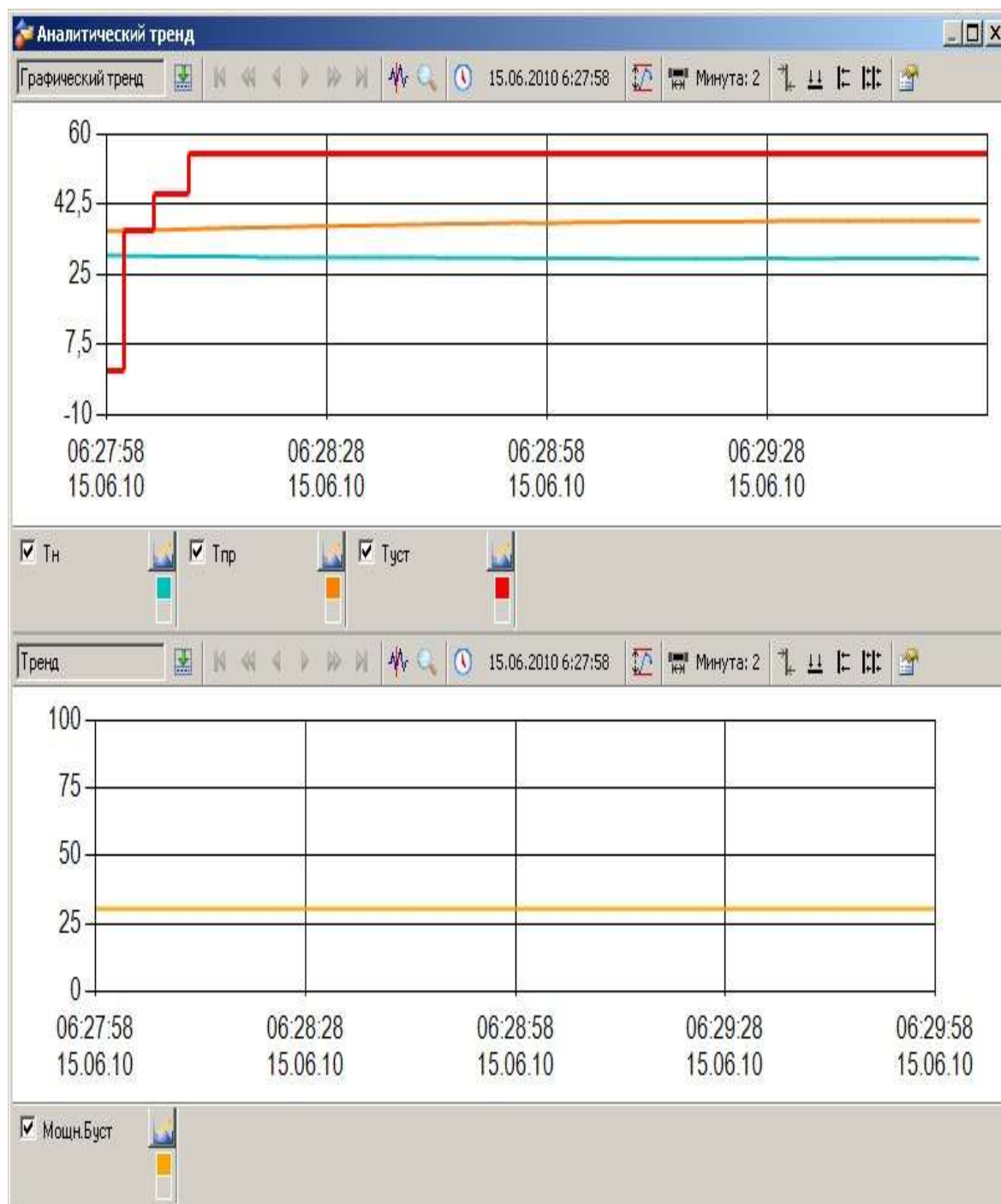


Рис. 5. Графики САПВ

## 5.2. Работа с НМІ-приложением САКУ Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект САКУ двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «САКУ» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 6).





Рис. 6. НМІ-приложение САКУ,  
запущенное в «Среде исполнения»

### Информационные функции

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Температура масла компрессора показана на цифровом табло с названием «Тм».
2. Температура воздуха, поступающего в ресивер из компрессора, показана на цифровом табло с названием «Тв».
3. Давление воздуха в ресивере показана на цифровом табло с названием «Рвозд».
4. Работа двигателя показана при помощи анимации поршней и коленвала, изображенных в разрезе компрессора. Также, при запуске двигателя появляются анимированные стрелки, показывающие потоки воздуха, идущие от и к цилиндрам, а также к потребителю. Кроме того, работа двигателя отображается при помощи цвета круглых индикаторов на

кнопках ПУСК и СТОП – в соответствующих режимах цвет индикаторов меняется с темного на светлый.

5. Работа клапанов сброса давления и клапана продувки конденсата показана цветом круглого индикатора в верхней части клапана – зеленый цвет означает открытое состояние клапана, красный – закрытое. Кроме того, открытие клапана показано миганием стрелки голубого цвета справа от клапана.

### **Функции управления**

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Просмотр графиков осуществляется нажатием кнопки «Графики».

2. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол».

3. Запуск компрессора производится нажатием кнопки ПУСК.

4. Останов компрессора производится нажатием кнопки СТОП.

5. Квитирование всех текущих аварийных и предупредительных сигнализаций производится кнопкой «Квит».

6. Изменение значений уставок регулирования, защиты и сигнализации производится в окне настройки уставок, которое вызывается по нажатию кнопки «Уставки».

### **Окно настройки уставок**

Вид окна представлен на рис. 7.

Список уставок сгруппирован по параметру, к которому относится уставка. К редактированию доступны:

1. Верхние аварийные границы значения давления воздуха, температуры масла и температуры воздуха.

2. Верхние предупредительные границы значения давления воздуха, температуры масла и температуры воздуха.

3. Уставка регулирования давления воздуха.

Следует обратить внимание на то, что значения верхних аварийных границ используются как уставки защиты в самом контроллере, а верхних предупредительных границ – только в НМІ-приложении.

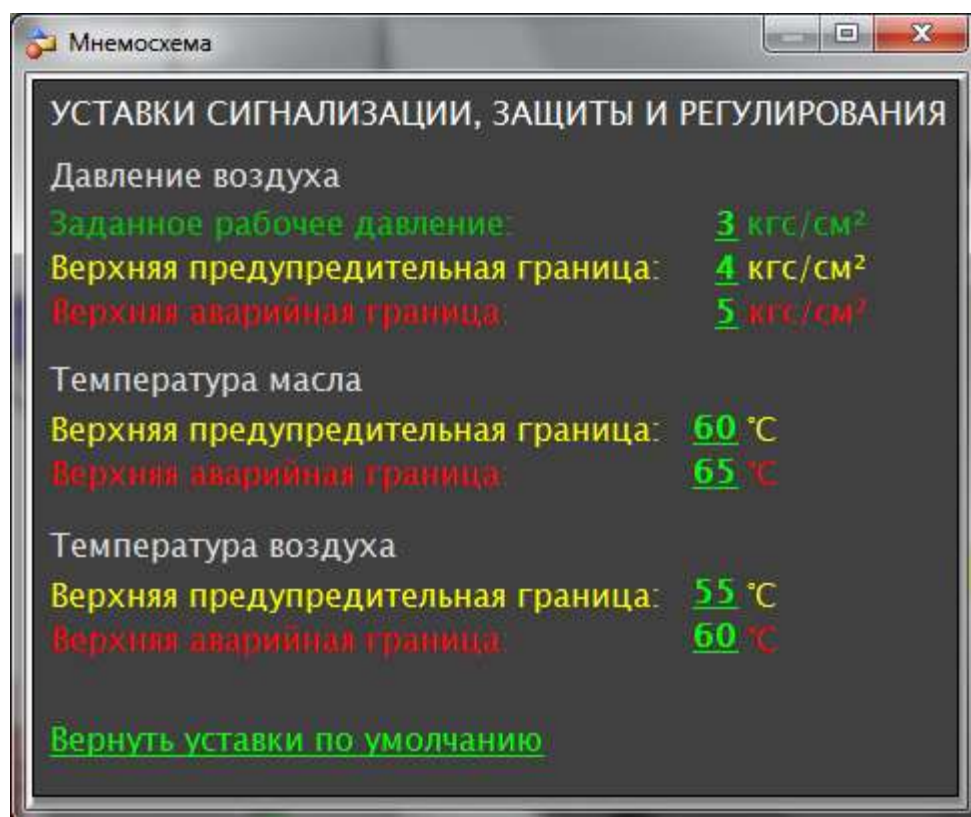


Рис. 7. Окно настройки уставок

Для редактирования той или иной уставки необходимо левой кнопкой мыши щелкнуть на надписи с численным значением уставки, выделенной подчеркнутым шрифтом. В появившемся поле ввода следует ввести новое значение уставки и подтвердить изменение нажатием клавиши Enter.

Чтобы вернуть стандартные значения уставок, необходимо щелкнуть на надписи «Вернуть уставки по умолчанию». При этом будут установлены значения, показанные на рис.7.

### Графики

На аналитическом тренде проекта САКУ отображаются графики давления воздуха, а также дискретных параметров – работы клапанов и двигателя. Типичный вид графика при работе со стендом представлен на рис. 8.



Рис. 8. Графики САКУ

### 5.3. Работа с НМИ-приложением САРСП

#### Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект САРСП двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «САРСП» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 9).

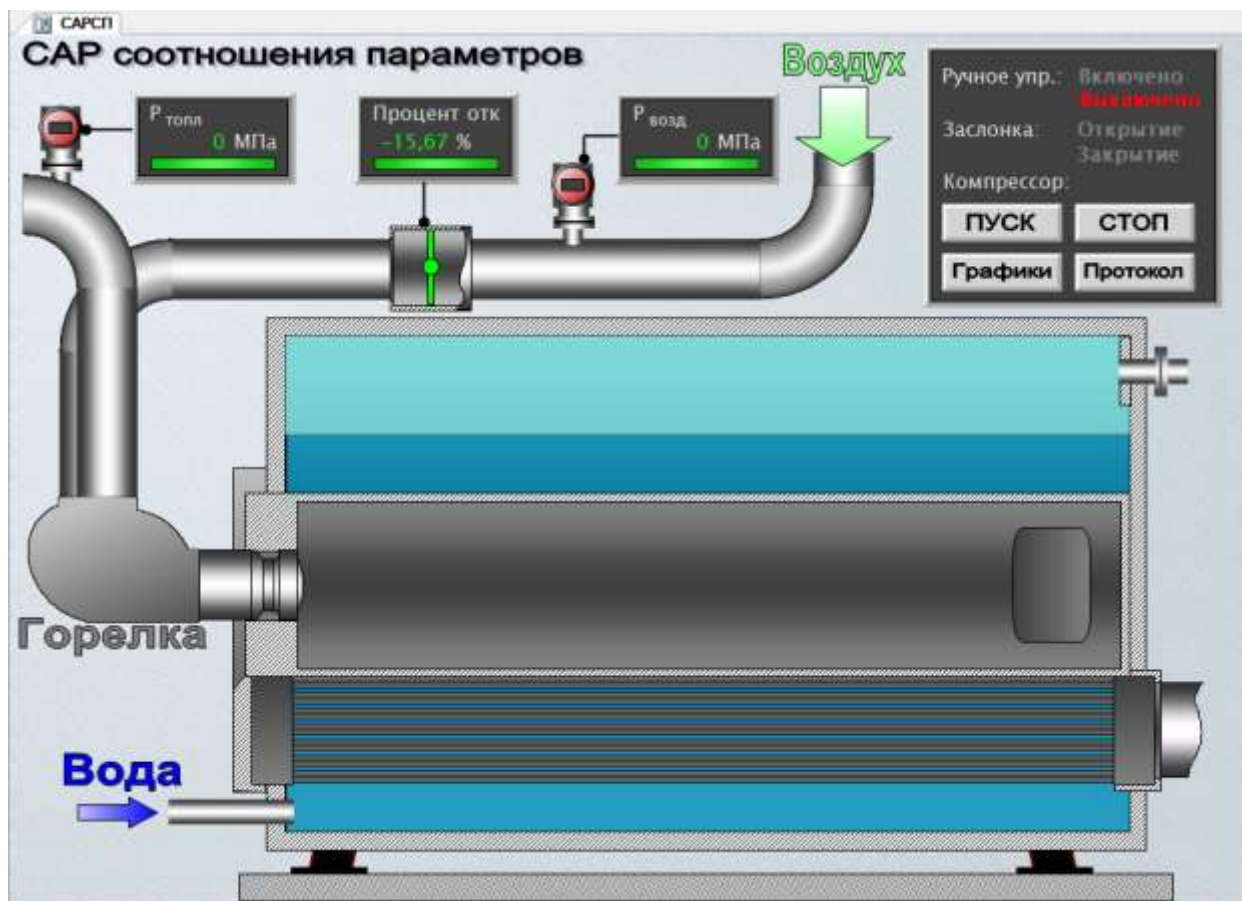


Рис. 9. НМІ-приложение САРСП, запущенное в «Среде исполнения»

### Информационные функции

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Положение задвижки показано углом ее поворота на мнемосхеме, степень ее открытия в процентах показана на цифровом табло с названием «Процент отк».
2. Давление воздуха в канале «Топливо» показано на цифровом табло с названием  $P_{топл}$ .
3. Давление воздуха в канале «Воздух» показано на цифровом табло с названием  $P_{возд}$ .
4. Если давление топлива превышает 0,05 МПа, то на мнемосхеме отображается имитация процесса горения – показано анимированное пламя горелки, анимация кипение воды, а также стрелки направления хода топочных газов и пара. Изменение давления топлива в пределах от 0,05 до 1 МПа показывается



изменением длины пламени горелки. Вид проекта при имитации процесса горения показан на рис. 10.

5. Состояние управление – автоматическое или ручное – показано цветом надписей «Включено» и «Выключено» на информационном табло.

6. Движение заслонки на открытие и закрытие показано цветом надписей «Открытие» и «Закрытие» на информационном табло.



Рис. 10. Изображение процесса горения

### Функции управления

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Просмотр графиков осуществляется нажатием кнопки «Графики».
2. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол».

3. Запуск компрессора производится нажатием кнопки ПУСК.

4. Останов компрессора производится нажатием кнопки СТОП.

### Графики

На аналитическом тренде проекта САРСП отображаются графики давлений воздуха, топлива и температура уставки. Типичный вид графика при работе со стендом представлен на рис. 11.

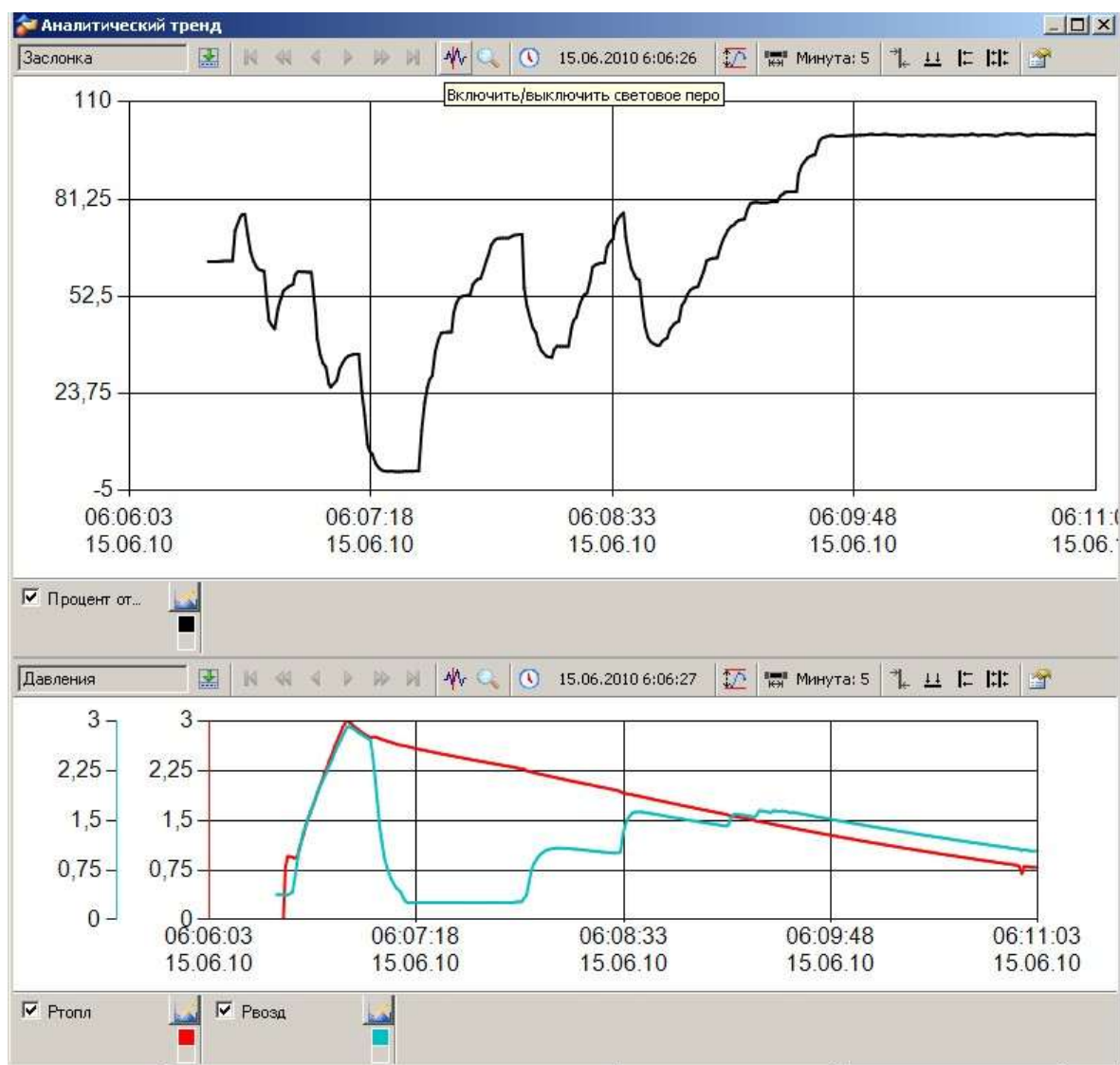


Рис. 11. Графики САРСП

## 5.4. Работа с HMI-приложением САУЗ

### Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект САУЗ двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «САУЗ» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 12).

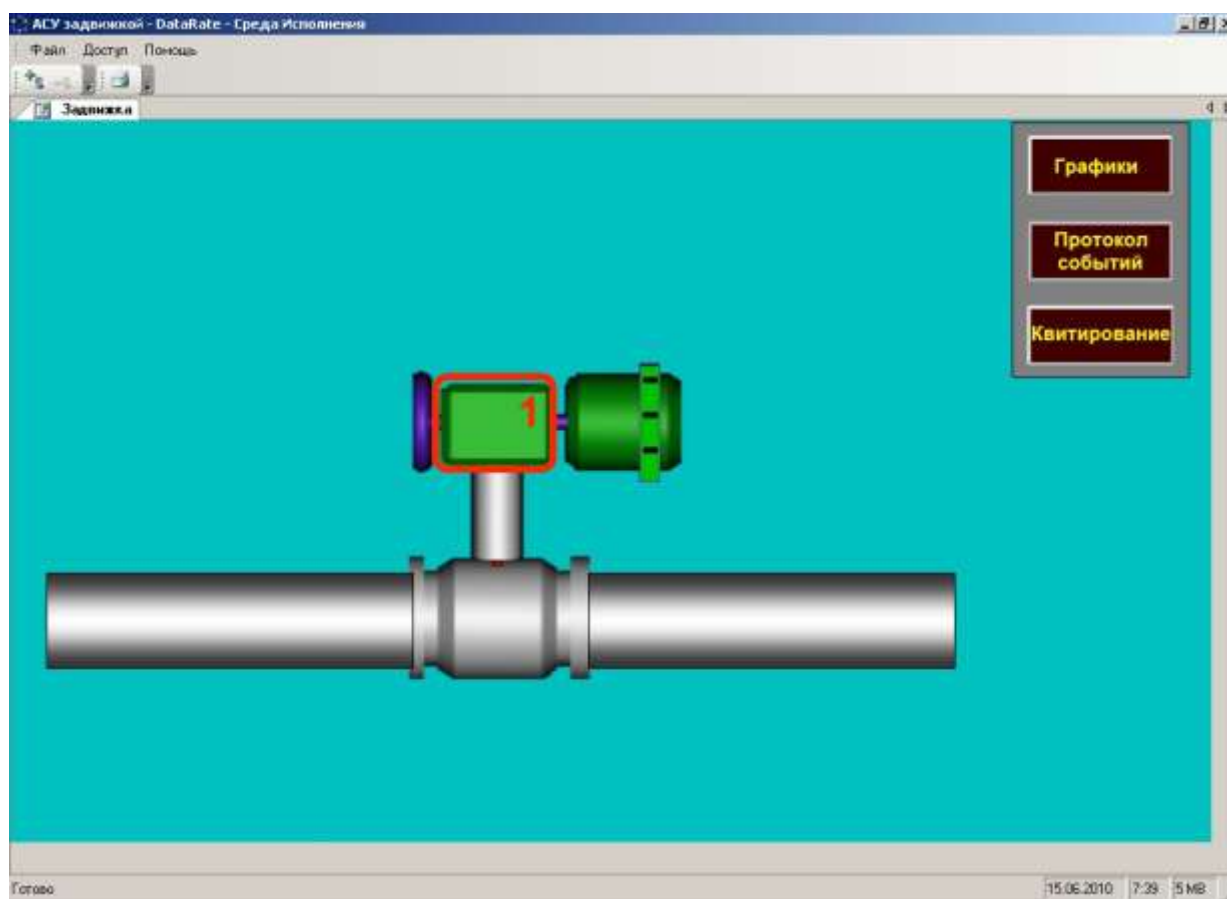


Рис. 12. HMI-приложение САУЗ, запущенное в «Среде исполнения». Здесь: 1 – область для вызова окна управления задвижкой

### Информационные функции

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Степень открытия задвижки показывается положением ее на мнемосхеме. Кроме того, цифровое значение степени



открытия показано в окне управления задвижкой прямоугольник (рис. 13). Чтобы открыть окно управления задвижкой, необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши на зеленый прямоугольник 1 (см. рис. 12).

2. Работа двигателя задвижки показана анимацией на изображении двигателя.

3. Время перемещения задвижки показано в числовом виде в окне управления (см. рис. 13)

4. Текущее значение тока двигателя показано в числовом виде в окне управления (см. рис. 13).

5. Состояние выхода «Авария» прибора ПКП1 показано мигающей надписью в окне управления задвижкой.

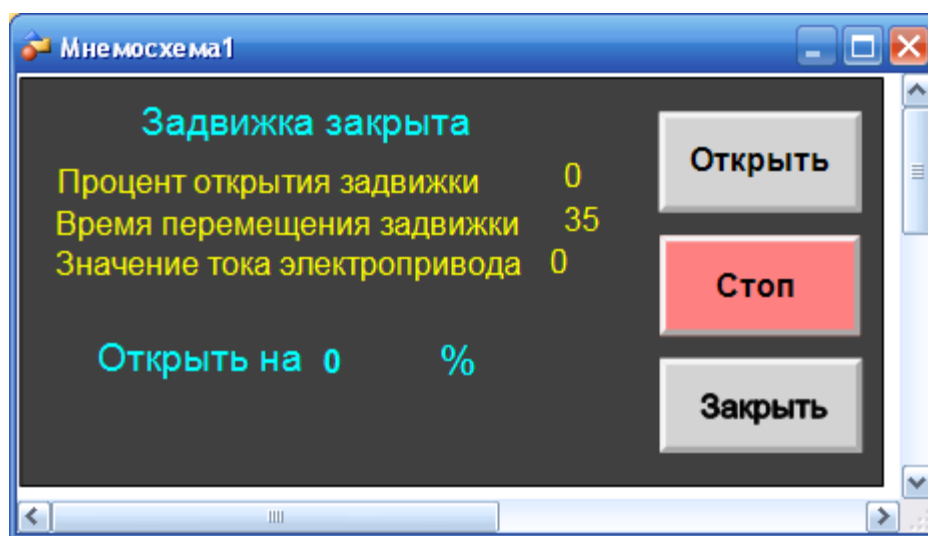


Рис. 13. Окно управления задвижкой

### **Функции управления**

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол событий».

2. Просмотр графиков осуществляется нажатием кнопки «Графики».

3. Квитирование текущей сигнализации осуществляется кнопкой «Квитирование».

4. Команда на открытие, закрытие и останов задвижки осуществляется кнопками с соответствующими надписями в окне управления задвижкой.

5. Команда на перемещение задвижки на определенный процент открытия осуществляется нажатием на цифровую надпись справа от «Открыть на» в окне управления задвижкой. В появившееся поле ввода необходимо ввести желаемое значение процента открытия и подтвердить команду нажатием клавиши Enter.

### Графики

На аналитическом тренде проекта САУЗ отображаются графики тока двигателя, а также процента открытия задвижки. Типичный вид графика при работе со стендом представлен на рис. 14.

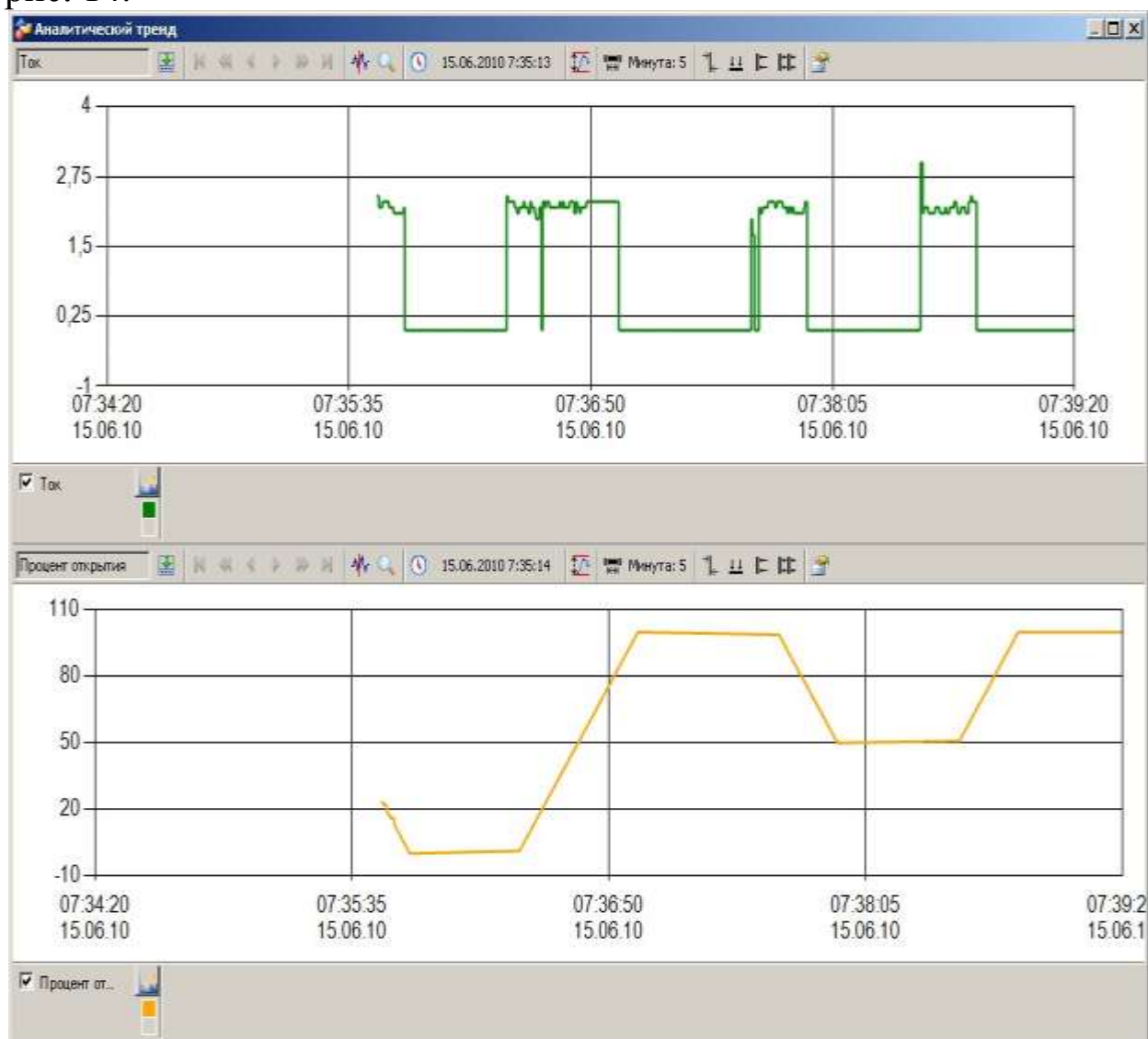


Рис. 14. Графики САУЗ

## 5.5. Работа с HMI-приложением САПН

### Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект САПН двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «САПН» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 15).

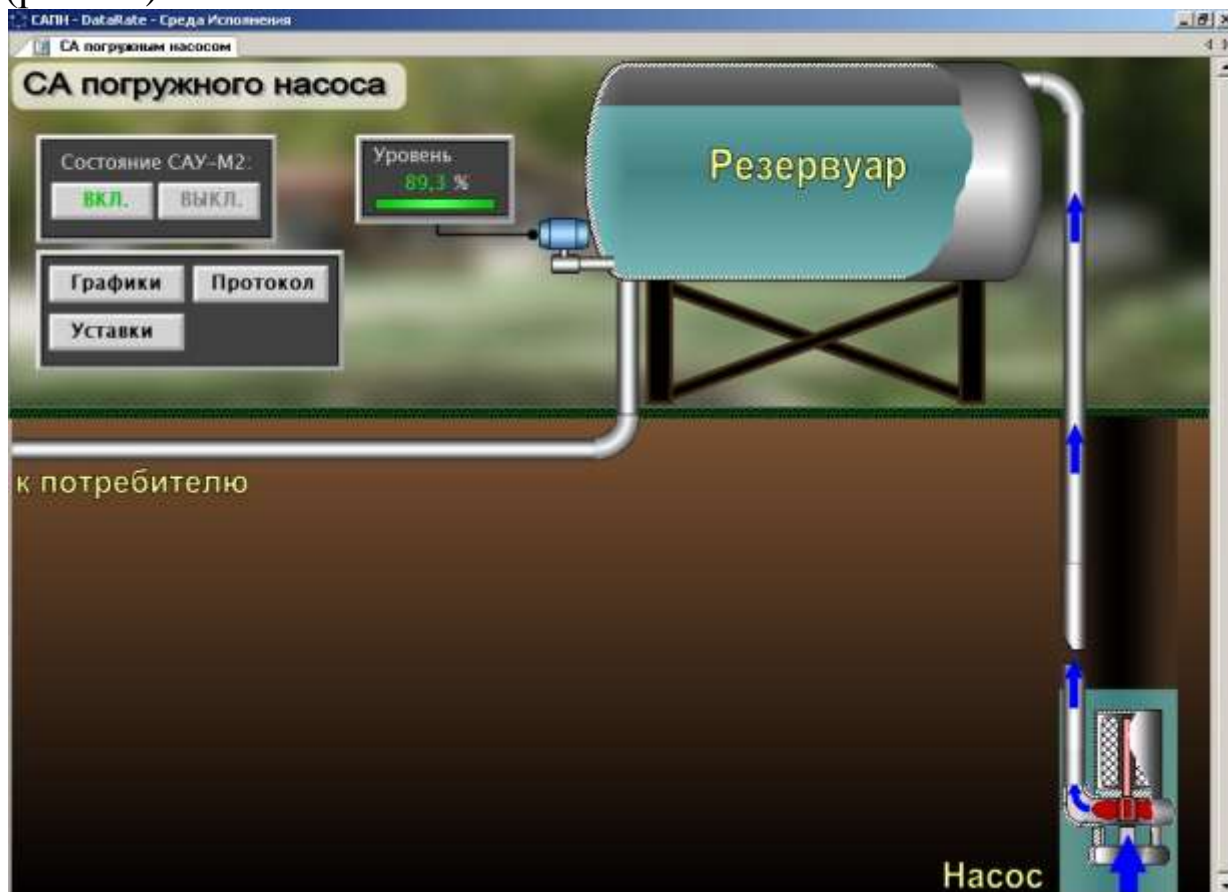


Рис. 15. HMI-приложение САПН, запущенное в среде исполнения

### Информационные функции

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Текущий уровень воды в резервуаре численно отображен на цифровом табло с названием «Уровень». Кроме того визуальное представление уровня показано анимацией уровня жидкости в резервуаре.

2. Работа двигателя насоса отображена анимированными стрелками синего цвета в подводящей трубе резервуара, а также анимацией лопастей двигателя.

3. Процесс слива воды из верхнего бака в нижний показан анимированными стрелками голубого цвета, расположенными вдоль отводящей трубы резервуара.

4. Режим работы системы управления показан цветом надписей ВКЛ и ВЫКЛ. Активное состояние показано зеленым или красным цветом соответствующей надписи, а неактивное – серым.

5. Уровень воды в нижнем баке показан анимацией столба воды в скважине.

6. Состояние «Сухой ход» показано миганием надписи «Сухой ход!» красного цвета, расположенной поверх скважины.

### **Функции управления**

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Переключение режимов работы системы управления производится кнопками ВКЛ и ВЫКЛ.

2. Просмотр графиков осуществляется нажатием кнопки «Графики».

3. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол».

4. Вызов окна настройки датчика уровня производится нажатием кнопкой «Уставки».

### **Настройка датчика уровня**

В приложении применяется алгоритм приведения абсолютного значения параметра к относительному, с заданной шкалой. В данном случае измерение уровня жидкости в резервуаре производится при помощи измерения давления столба жидкости прибором «Сапфир» с верхним диапазоном измерения 10 м вод. ст. Так как бак имеет уровень 1 м, то при изменении уровня воды в баке от 0 до полного заполнения выходной сигнал будет изменяться только на 10%. Чтобы на цифровое табло уровня воды в баке выводились значения от 0% до 100% необходимо задать значения, соответствующие 0% и 100% уровня. При создании проекта значения начала и конца шкалы были определены экспериментально и заданы как значения по

умолчанию, но характеристики прибора «плавают» и может возникнуть необходимость в подстройке.

Окно настройки представлено на рис. 16.

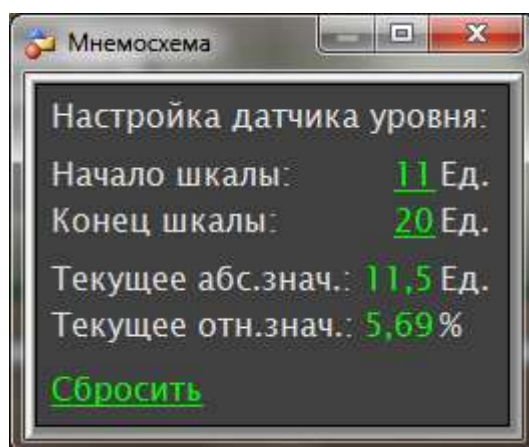


Рис. 16. Окно настройки датчика уровня

Изменить значения начала и конца шкалы можно, нажав левой кнопкой мыши на выделенную подчеркнутым шрифтом надпись.

В появившемся на месте надписи текстовом поле следует ввести новое значение и нажать клавишу Enter. При настройке датчика можно руководствоваться абсолютным и относительным значениями параметра, приведенными в этом же окне.

Чтобы сбросить настройки на значения по умолчанию, следует нажать левой кнопкой мыши на надпись «Сбросить». При этом будут установлены следующие значения:

Начало шкалы = 11

Конец шкалы = 20

### Графики

На аналитическом тренде проекта САПН отображаются непрерывный график уровня воды в резервуаре и ступенчатый график работы двигателя. Типичный вид графика при работе со стендом представлен на рис. 17.

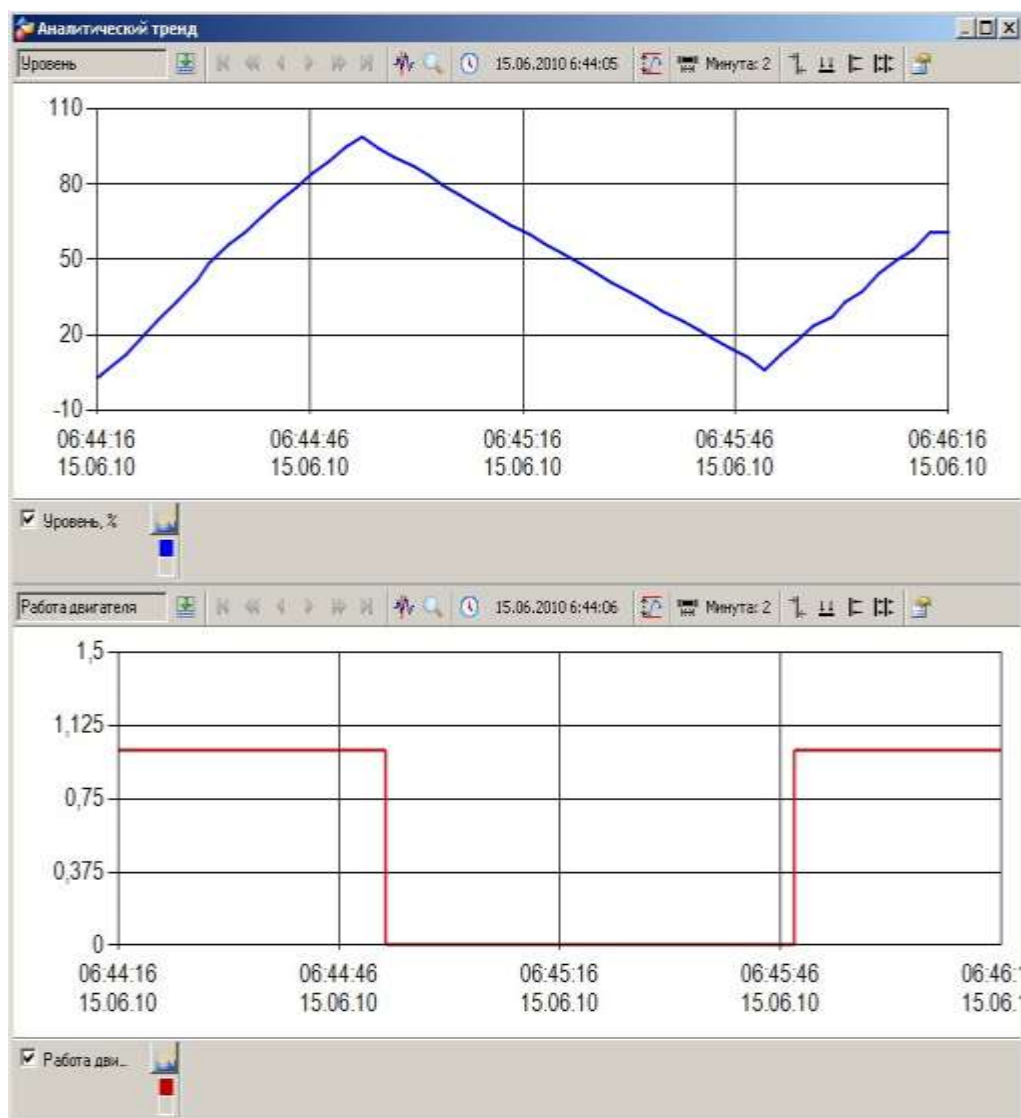


Рис. 17. Графики САПН

## 5.6. Работа с НМІ-приложением СУСП

### Запуск

Прежде всего, необходимо запустить проект СУСП двойным щелчком левой кнопкой мыши по ярлыку с названием «СУСП» на рабочем столе.

Проект автоматически будет открыт в «Среде исполнения» (рис. 18).

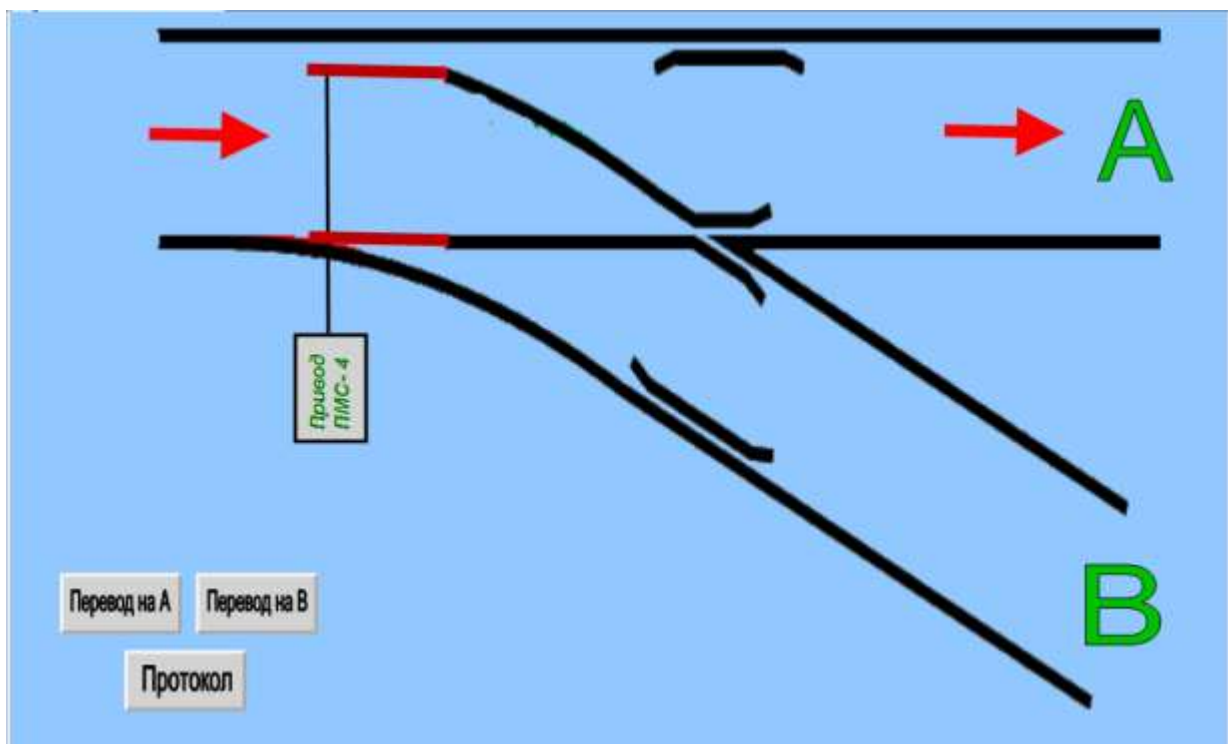


Рис. 18. НМІ-приложение СУСП,  
запущенное в «Среде исполнения»

### **Информационные функции**

Приложение предоставляет пользователю следующую информацию:

1. Положение стрелки отображено графически, положением остяков относительно путей, а также анимированными стрелками направления.

### **Функции управления**

Приложение предоставляет пользователю следующие функции управления:

1. Просмотр протокола событий осуществляется нажатием кнопки «Протокол».

2. Перевод стрелки из одно положения в другое осуществляется нажатием на кнопки «Перевод на А» и «Перевод на В»

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Объект DataRate типа «Аналитический тренд»: области его окна, панель инструментов, список перьев.
2. Информационные функции НМІ-приложений (мнемосхем) лабораторных стендов САПВ, САКУ, САР СП, САУЗ, САПН, СУСП, реализуемые на АРМ преподавателя.
3. Дистанционное управление с ПК пуском/остановом стендов.
4. Задание УСТАВОК с ПК-АРМ преподавателя.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Медведев А. Е. Разработка АСУ технологическими стендами лаборатории АПП на базе SCADA-системы DataRate [электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» для студентов специальности 140604 «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» / А. Е. Медведев; КузГТУ. – Кемерово, 2010. – 155 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90462&type=utchposob:common>
2. SCADA-система DataRate: Электронная копия на диске CD-R. – Москва: Круг 2000, 2010. – 156 с.
3. Компоненты автоматизации ОВЕН: каталог продукции ф. ОВЕН. – Москва: НПО ОВЕН, 2007. – 224 с.



# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КАРЬЕРНОГО БУРОВОГО СТАНКА**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия компьютерной системы автоматизации карьерного бурового станка (КСАБС), выполненной на базе лабораторного макета станка СБШ-250/270-15 с электроприводами вращения и подачи бура, программируемого логического контроллера типа ADAM 5510, персонального компьютера (ПК) типа PentiumII, аналоговых ПИ-регуляторов и датчиков параметров процесса бурения.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

**2.1.** Ознакомиться с конструкцией стенда и расположением в нем элементов системы: макетом станка, электроприводами подачи и вращения, блоком регуляторов, микропроцессорным контроллером, датчиками моментов, усилия подачи, частоты вращения и положения бура.

**2.2.** Рассмотреть структуру КСАБС, устройство и алгоритмы работы микроконтроллера, алгоритм работы ПК.

**2.3.** Изучить устройство и принципиальные электрические схемы (ПЭС) датчиков усилия подачи и моментов электроприводов подачи и вращения.

**2.4.** Провести стендовые испытания системы.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

**3.1.** Назначение, структура и функции системы автоматизации.

**3.2.** Функциональная структура и алгоритмы работы микроконтроллера, алгоритм работы компьютера.

**3.3.** Контроллер ADAM 5510: технические характеристики, модули ввода/вывода, входные и выходные сигналы контроллера в системе автоматизации.

**3.4.** ПЭС датчиков усилия подачи и моментов (токов) электродвигателей подачи и вращения бура.

**3.5.** Результаты стендовых испытаний.

## **4. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ**

### **4.1. Структура и функции системы**

Система предназначена для автоматического управления бурением на карьерных шарошечных станках в соответствии с заданным критерием оптимизации.

Общий вид лабораторного макета системы автоматизации представлен на рис. 1. Система включает в себя следующие элементы:

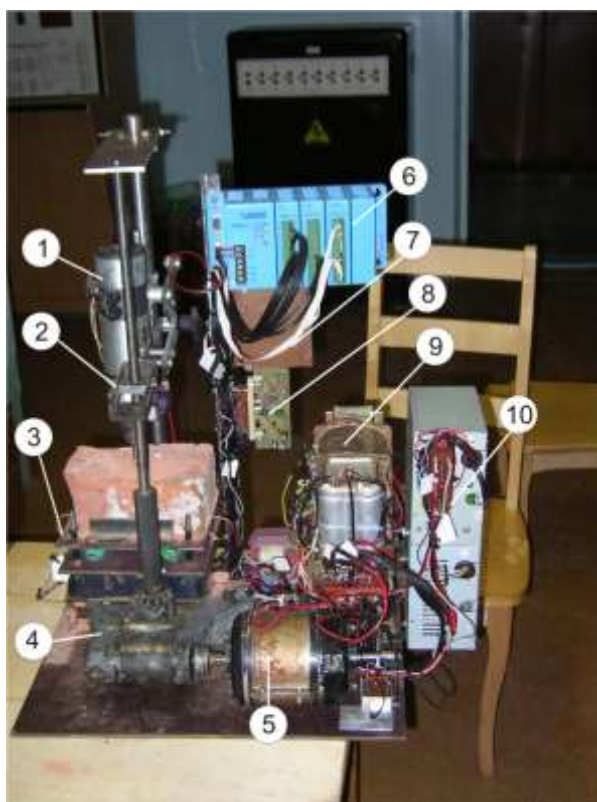


Рис. 1. Общий вид лабораторного макета системы

- 1 – электродвигатель вращателя;
- 2 – механическая передача «винт–гайка»;
- 3 – инструментальный стол;
- 4 – редуктор электрической подачи;

- 5 – электродвигатель подачи;
- 6 – микропроцессорный контроллер ADAM 5510;
- 7 – блок регуляторов усилия подачи и вращения бура;
- 8 – блок датчиков моментов электроприводов подачи и вращения;
- 9 – блок транзисторных широтно-импульсных преобразователей, включающий в себя реверсивный ШИП электропривода подачи, нереверсивный ШЛП электропривода вращения и источник питания силовых цепей;
- 10 – блок питания контроллера ADAM 5510, блока регуляторов и обмотки возбуждения электродвигателя подачи.

На валу электропривода вращения насажен патрон, в который зажимается буровой инструмент (сверло). Образец буримой породы (кирпич) устанавливается на инструментальный стол, который опирается на основание через упругие элементы. По деформации последних определяется усилие подачи.

Вертикальная направляющая, на которой установлен электропривод подачи, связана с линейным потенциометром, используемым как датчик положения бура. На вертикальной направляющей установлены также концевые выключатели, ограничивающие зону допустимого перемещения бура.

Электроприводы стенда имеют встроенные тахогенераторы, по напряжению которых определяются скорости подачи и вращения бура.

Моменты электроприводов подачи и вращения определяются соответствующими датчиками по падению напряжения в измерительных резисторах, включенных, включенных в силовые цепи электроприводов.

Электродвигатель подачи через червячный редуктор и передачу «винт-гайка» воздействует на систему рычагов, которая перемещает привод вращения с буром по вертикальной направляющей.

Структурная схема КСАБС представлена на рис. 2. Элементы и переменные величины системы имеют на этой схеме следующие обозначения:

- 1 – передача «винт-гайка»;
- 2 – вертикальная направляющая;

3 – система рычагов в электроприводе подачи бура;

4, 7 – опоры рычага и направляющей;

5 – патрон для зажима бура 6;

ДСП, ДСВ, ДПБ, ДМП, ДМВ, ДУ – аналоговые датчики, соответственно, скоростей подачи и вращения, положения бура, моментов подачи и вращения, усилия подачи бура;

ДП, ДВ – электродвигатели, соответственно, приводов подачи и вращения;

РП – червячный редуктор подачи с передаточным числом около 200;

КВ1, КВ2 – концевые выключатели, местоположение которых определяет зону допустимого перемещения вращателя (бура) по вертикали;

МК – микропроцессорный контроллер ADAM 5510;

ПК – персональный компьютер PentiumII;

БР – блок аналоговых ПИ-регуляторов усилия подачи и скорости вращения бура;

БП – блок питания;

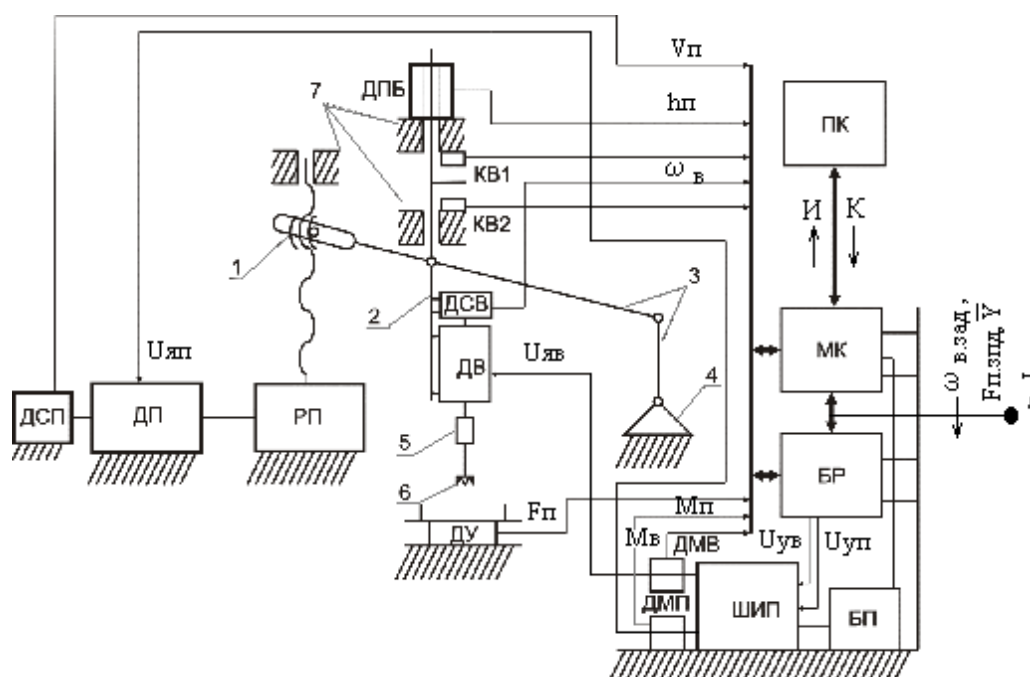


Рис. 2. Структурная схема КСАБС

ШИП – широтно-импульсные преобразователи электроприводов подачи и вращения;

$V_{\text{п}}$ ,  $M_{\text{п}}$ ,  $F_{\text{п}}$  – линейная скорость, момент и усилие подачи бура;

$\omega_{\text{в}}$ ,  $M_{\text{в}}$  – угловая скорость и момент вращения бура;

$h_{\text{п}}$  – перемещение бура по вертикали;

$U_{\text{яп}}$ ,  $U_{\text{яв}}$  – средние значения якорных напряжений электродвигателей подачи и вращения, формируемые соответствующим ШИП;

$\omega_{\text{в зад}}$ ,  $F_{\text{п зад}}$  – заданные значения скорости вращения и усилия подачи, формируемые микропроцессорным контроллером;

$U_{\text{ув}}$ ,  $U_{\text{уп}}$  – сигналы управления ШИП электроприводов вращения и подачи, формируемые соответствующими регуляторами блока БР;

$J$  – информация о состоянии регуляторов (значения  $U_{\text{ув}}$ ,  $U_{\text{уп}}$ );

$K$  – команды управления процессом бурения, формируемые оператором с помощью ПК: «Включить питание», «Начать бурение», «Остановить бурение», «Экстренное выключение»;

$I$  – информация о ходе процесса бурения, представляемая оператору на экране монитора – графики изменения переменных величин  $\omega_{\text{в}}$ ,  $V_{\text{п}}$ ,  $M_{\text{в}}$ ,  $M_{\text{п}}$ ,  $F_{\text{п}}$ ,  $U_{\text{ув}}$ ,  $U_{\text{уп}}$ , а также результаты диагностирования системы;

$\bar{Y}(y_1, y_2, y_3, y_4, y_5)$  – вектор дискретных сигналов управления, определяющий режим работы блока регуляторов БР.

В зависимости от значения  $\bar{Y}$  изменяется структура системы управления: регуляторы БР могут либо обеспечивать поддержание на заданном уровне скорости  $\omega_{\text{в}}$ , скорости  $V_{\text{п}}$  или усилия  $F_{\text{п}}$ , либо выполнять функции ПИ-звеньев связи МК с ШИП электроприводов, либо могут быть вообще исключены из контура управления (входы ШИП соединяются с выходами МК). Такая гибкость структуры системы управления позволяет использовать различные принципы оптимизации процесса бурения.

## **4.2. Программно-аппаратная часть системы**

Эта часть системы автоматизации выполнена на микроконтроллере и персональном компьютере. Входные и выходные сигналы и интерфейс связи контроллера и компьютера показаны на рис. 3.

Персональный компьютер в этой системе выполняет функции терминала человеко-машинного интерфейса, обеспечивая:

- а) ввод командных сигналов управления процессом бурения;
- б) вывод на экран монитора информации о параметрах процесса бурения;
- в) диагностику системы.

### **4.2.1. Микроконтроллер и алгоритмы его работы**

Программируемый микроконтроллер ADAM-5510 является основным управляющим элементом системы: контроллер осуществляет поиск и формирование оптимальных заданий  $\omega_{в\text{ зад}}$ ,  $F_{п\text{ зад}}$  в соответствии с принятым критерием оптимизации процесса бурения, логическое управление электроприводами (напряжением питания, направлением подачи, пуском и остановом процесса бурения) и режимом работы блока регуляторов, обмен информацией с компьютером на базе интерфейса RS-232. Контроллер может также осуществлять обмен информацией по последовательному каналу связи на базе интерфейса RS-485.

Общий вид контроллера представлен на рис. 4. Основные характеристики контроллера приведены ниже.

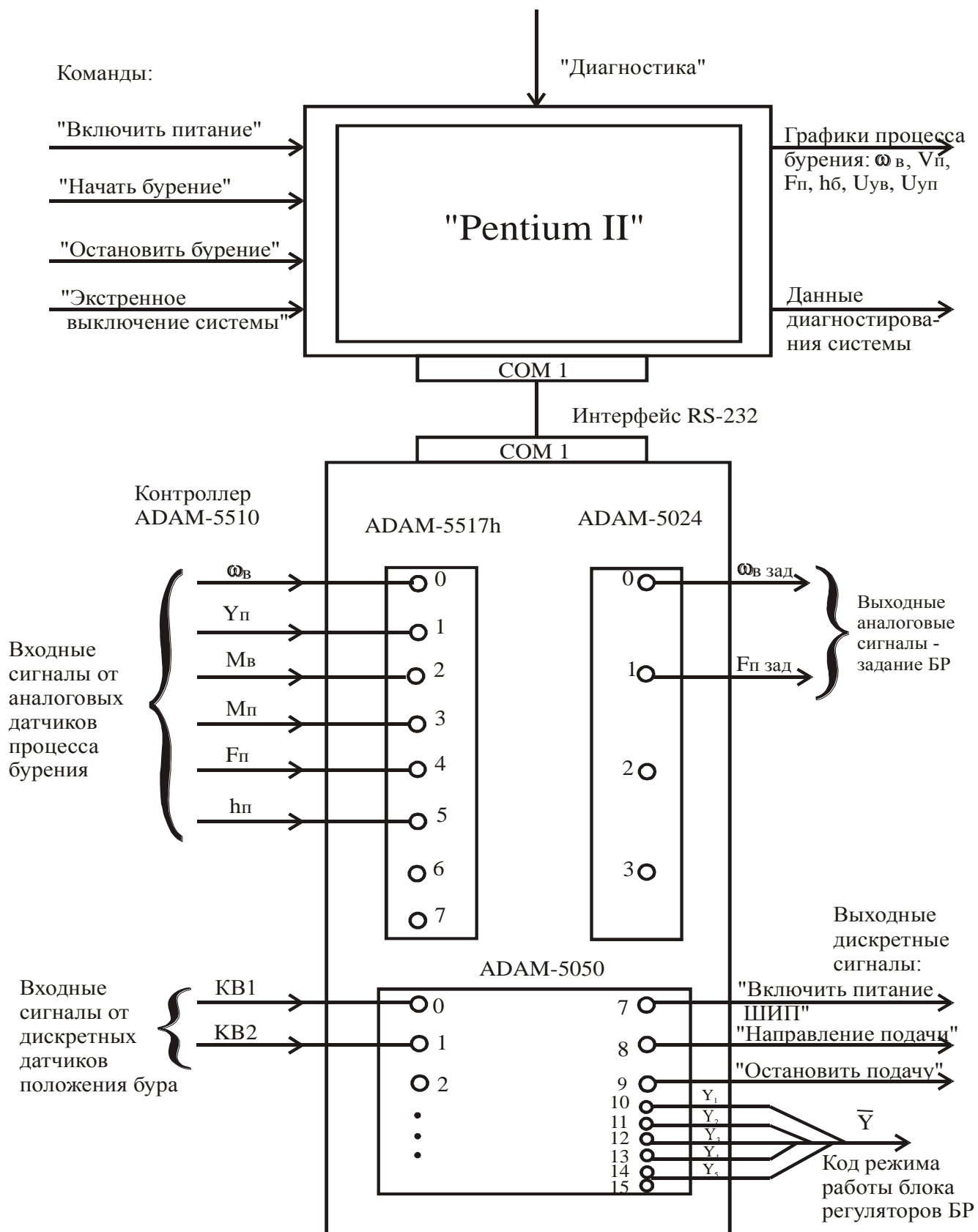


Рис. 3. Структура программно-аппаратной части системы



Рис. 4. Внешний вид контроллера ADAM-5510

Характеристики контроллера:

- процессор 80188, 16-разрядный;
- память ОЗУ 256 кбайт;
- флэш-ПЗУ 256 кбайт;
- операционная система ROM-DOS (совместима с MS-DOS);
- часы реального времени встроенные;
- сторожевой таймер встроенный;
- количество обслуживаемых модулей ввода-вывода – 4;
- два последовательных порта: RS-232 и RS-485;
- напряжение изоляции 3000 В.

Для управления установкой необходимо осуществлять ввод и вывод как аналоговых так и дискретных сигналов. Для этих целей в контроллер были установлены следующие модули ввода-вывода:

- модуль аналогового ввода ADAM-5017h;
- модуль аналогового вывода ADAM-5024;
- универсальный модуль дискретного ввода-вывода ADAM-5050.

Характеристики модуля ADAM-5017h:

- каналы: 8 дифференциальных с возможностью поканальной установки диапазона входного сигнала;
- эффективное разрешение 12 бит;
- тип входного сигнала: мВ, В, мА;
- диапазоны входного сигнала:  $\pm 250$ ,  $\pm 500$  мВ,  $\pm 1$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  В,  $0 \dots 250$ ,  $0 \dots 500$  мВ,  $0 \dots 1$ ,  $0 \dots 5$ ,  $0 \dots 10$  В,  $0 \dots 20$ ,  $4 \dots 20$  мА;
- напряжение изоляции 3000 В;



- частота выборки 8 кГц;
- входное сопротивление 20 МОм;
- точность не хуже  $\pm 0,1\%$ ;
- потребляемая мощность 0,7 Вт.

#### Характеристики модуля ADAM-5024:

- каналы: 4;
- эффективное разрешение 12 бит;
- типы выходного сигнала: мА, В;
- выходной диапазон: 0...20, 4...20 мА, 0...10 В;
- напряжение изоляции 500 В (пост.);
- точность:  $\pm 0,1\%$  для токового выхода;  
 $\pm 0,1\%$  для выхода напряжения;
- разрешающая способность 0,015 %;
- дрейф нуля: выход напряжения  $\pm 30$  мкВ/°С;  
токовый выход  $\pm 0,2$  мкА/°С;
- программируемая скорость нарастания выходного сигнала: 0,125...0,128 мА/с; 0,0625...64,0 В/с;
- токовый нагрузочный резистор 0...500 Ом (источник);
- потребляемая мощность 2,5 Вт.

#### Характеристики модуля ADAM-5050:

- каналы: 16;
- режим работы устанавливается поразрядно с помощью DIP-переключателей;
  - дискретный ввод уровень логического 0: 0...+2 В; уровень логической 1: +4...+30 В; «сухой» контакт: «0» – замкнут на общий провод, «1» – разомкнут;
  - дискретный вывод: открытый коллектор, напряжение до 30 В, ток до 100 мА;
- потребляемая мощность 0,5 Вт.

#### Модуль аналогового ввода используется для ввода следующих сигналов:

- канал 0 – напряжение с тахогенератора электродвигателя привода бурения;

- канал 1 – напряжение с тахогенератора электродвигателя привода подачи;
- канал 2 – напряжение, пропорциональное току якоря электродвигателя привода вращения;
- канал 3 – напряжение, пропорциональное току якоря электродвигателя привода подачи;
- канал 4 – сигнал, пропорциональный усилию подачи бурового става;
- канал 5 – сигнал, пропорциональный положению бурового става.

Модуль аналогового вывода используется для вывода следующих сигналов:

- канал 0 – задание канала электропривода вращателя;
- канал 1 – задание канала электропривода подачи;
- канал 2 – задание канала электропривода вращателя (инвертированное);
- канал 3 – задание канала электропривода подачи (инвертированное).

Модуль дискретного ввода-вывода используется для следующих сигналов:

- канал 8 – сигнал управления реверсом двигателя подачи;
- канал 9 – сигнал останова двигателя подачи;
- каналы 10-16 – сигналы управления блоком регуляторов;
- канал 0 – сигнал от концевого выключателя верхнего положения бурового става;
- канал 1 – сигнал от концевого выключателя нижнего положения бурового става;
- канал 7 – сигнал включения силовой части установки.

Функциональная структура микроконтроллера для решения задачи оптимизации процесса бурения показана на рис. 5. Контроллер реализует поисковый принцип оптимизации режима бурения по критерию максимальной скорости проходки  $V_{\text{п}} \rightarrow V_{\text{п max}}$ .

Существенное значение имеет бурение с заданным углублением  $Z$  бурового инструмента за один оборот его вращения. Поэтому целесообразно применить следующий порядок поиска оп-

тимальных заданий: установить начальные значения усилия подачи и скорости вращения долота, затем найти углубление долота за один оборот, удовлетворяющее условию  $Z_{\max} \geq Z \geq Z_{\min}$ , а далее найти такие  $\omega_v$  и  $F_{\pi}$ , которые соответствуют экстремуму используемого критерия оптимизации. При этом значения  $\omega_v$  и  $F_{\pi}$  должны лежать в области, ограниченной допустимыми величинами текущих переменных процесса бурения. Поиск должен осуществляться экстремальными регуляторами (по одному на каждый канал регулирования).

Контроллер работает следующим образом (см. рис. 5). После выполнения вспомогательных операций блок БУ выставляет на выходах 10-14 (см. рис. 3) код  $\bar{Y}$  требуемого режима работы блока регуляторов и ожидает от компьютера команду на начало бурения. Получив эту команду, он с помощью блока БЗНУ вводит в ЭР начальные значения  $\omega_{v \text{ нач}}$  и  $F_{\pi \text{ нач}}$  и включает экстремальные регуляторы. В процессе работы экстремальные регуляторы методом покоординатного спуска максимизируют скорость подачи.

Блоки БО совместно с блоком БВО принудительно ограничивают координаты процесса бурения при выходе последних за допустимые пределы. Блок защиты формирует сигнал «Останов» на отключение станка при невозможности поддержания координат в допустимых пределах. Выходные сигналы ЭР  $\omega_{v \text{ зад}}$  и  $F_{\pi \text{ зад}}$  поступают через блоки БО на ПИ-регуляторы блока БР (см. рис. 2), которые поддерживают заданные контроллером значения скорости вращения и усилия подачи, управляя соответствующими электроприводами.

Координаты процесса бурения  $\omega_{\pi}$ ,  $V_{\pi}$ ,  $M_{\pi}$ ,  $M_v$ ,  $F_{\pi}$ ,  $h_{\pi}$  формируются соответствующими датчиками и подаются на входы микроконтроллера, а также в качестве обратных связей на входы блока регуляторов.

Алгоритм управления для контроллера КСА БС представлен на рис. 6 и рис. 7.

В начале выполнения программы производится инициализация последовательного порта связи с персональным компьютером. После подготовки устройств сбора данных к работе кон-

троллер периодически запрашивает у персонального компьютера разрешение на запуск главного цикла.

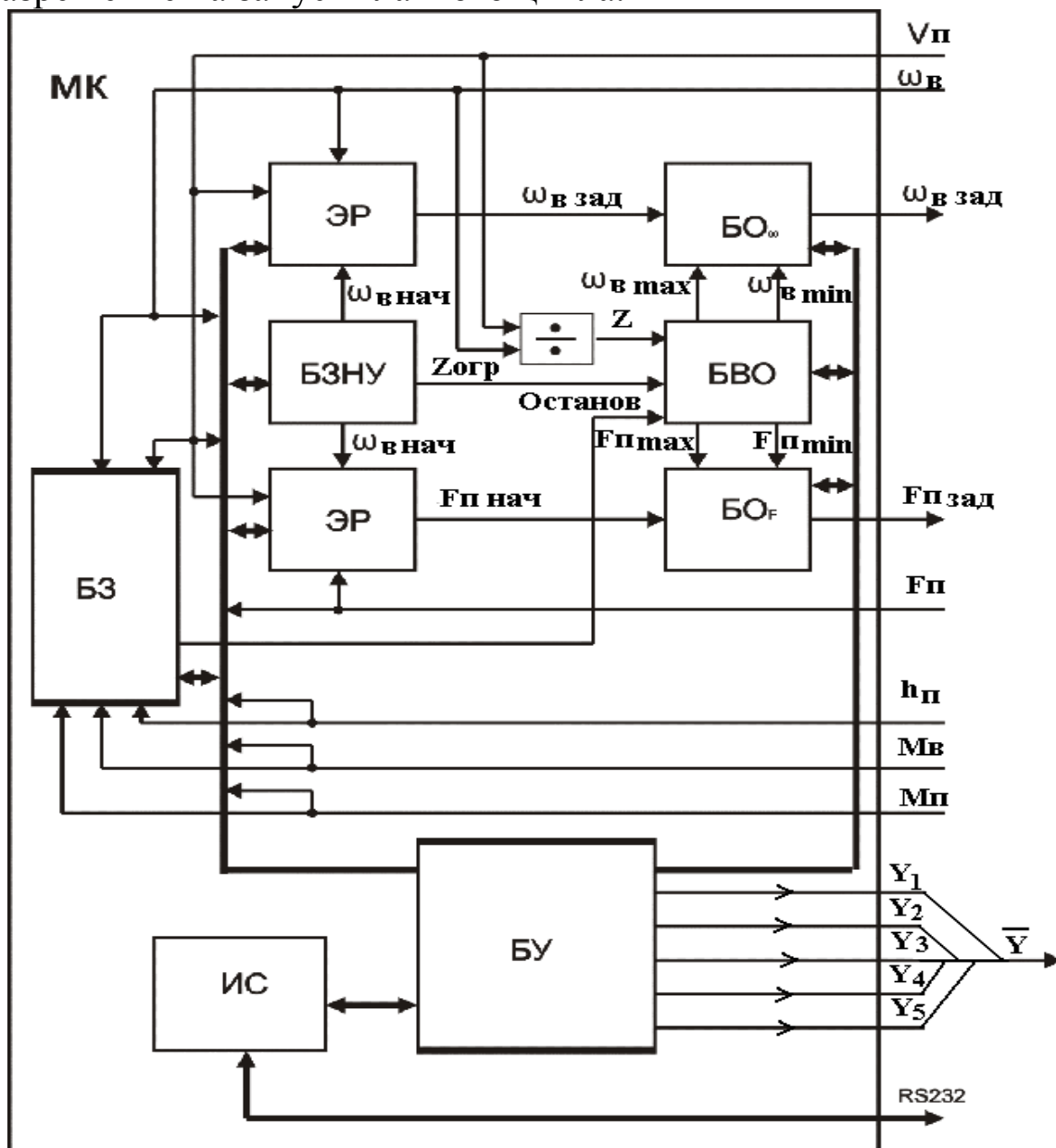


Рис. 5. Функциональная структура микроконтроллера: БУ – блок управления; ИС – интерфейс связи; БЗ – блок защит; БЗНУ – блок задания начальных условий; ЭР – экстремальный регулятор; БО – блок ограничений выходных величин; БВО – блок выбора ограничений

Главный цикл включает себя процедуры тестирования оборудования сбора данных, вывода бурового става в начальное положение, подводки бурового става к образцу породы и выполнения оптимизированного бурения.

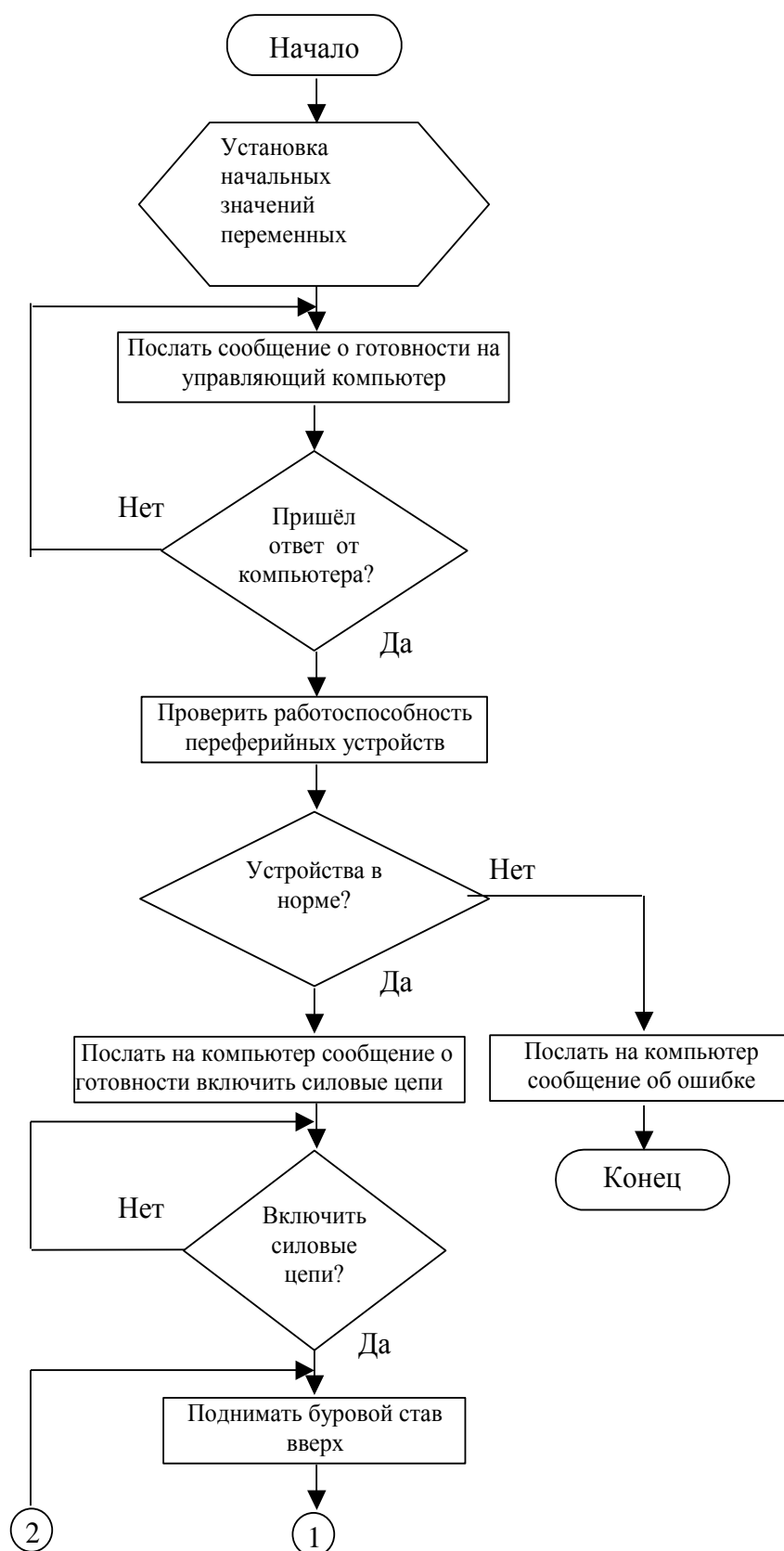


Рис. 6. Алгоритм работы микроконтроллера

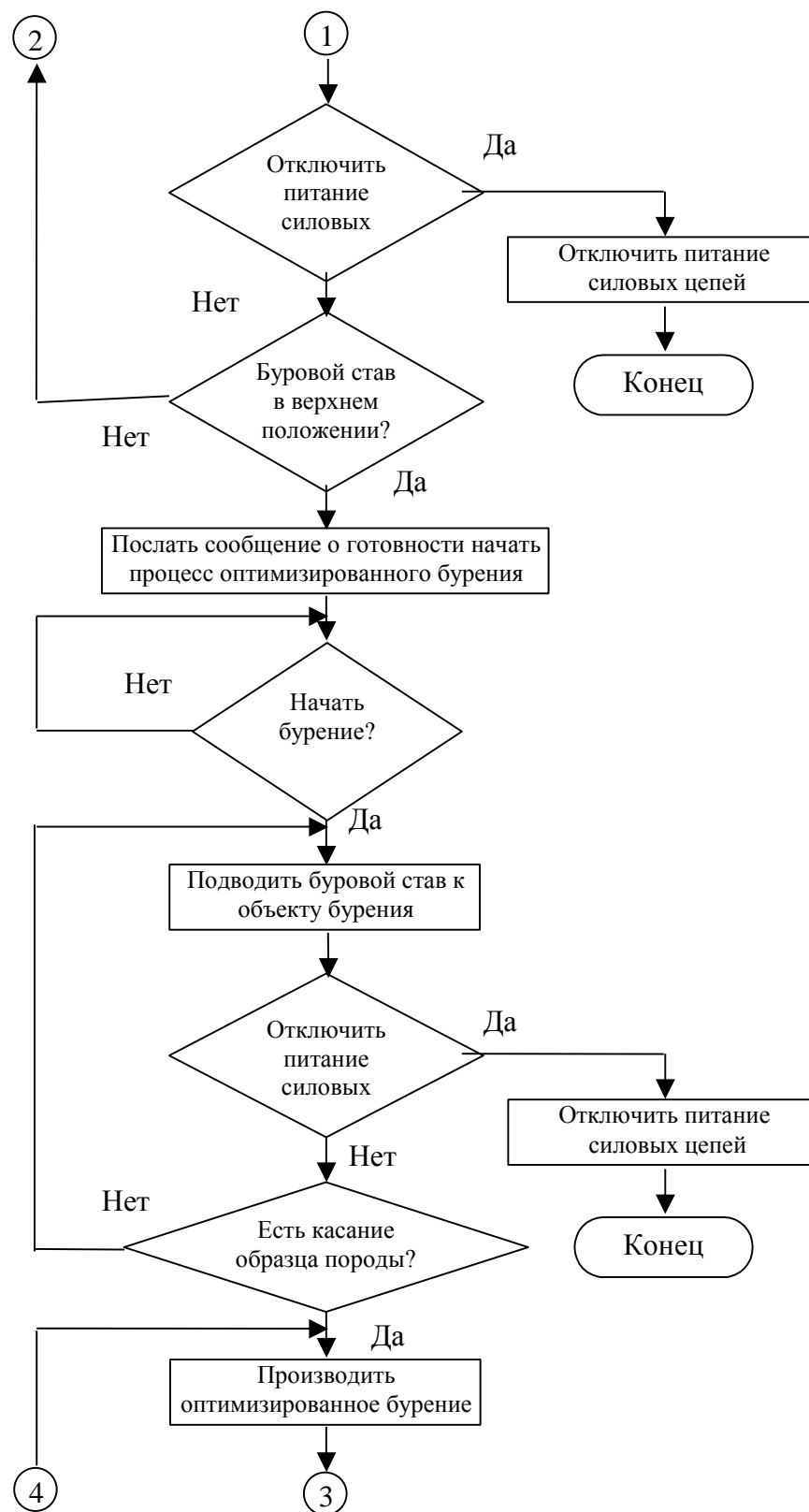


Рис. 6. (Продолжение)

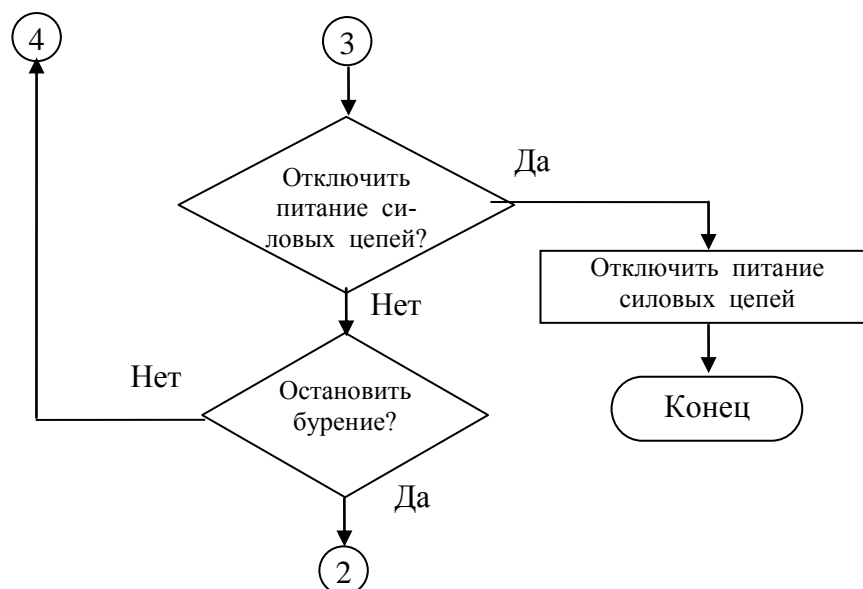


Рис. 6. (Окончание)

После проведения каждой операции микроконтроллер переходит в режим ожидания получения команды на разрешение выполнения следующей операции.

Затем микроконтроллер производит тестирование оборудования ввода-вывода, если тест не пройден, он посылает на персональный компьютер сообщение об ошибке оборудования и завершает выполнение программы.

Далее микроконтроллер ждёт от персонального компьютера команды разрешения включения силовых цепей станда. При поступлении соответствующей команды контроллер производит включение питания и вывод бурового става в начальное положение до тех пор, пока не сработает концевой выключатель верхнего положения бурового става. После этого контроллер переходит в режим ожидания команды разрешения начала процесса оптимизированного бурения. Когда команда получена контроллер подводит буровой став к объекту бурения, а затем начинает его бурить до тех пор, пока не будет замкнут концевой выключатель нижнего положения бурового става или не будет прислана от персонального компьютера команда прекращения бурения. При выполнении одного из этих условий, происходит вывод бурового става в начальное положение а затем ожидание команды разрешающей бурение. Во время выполнения всех операций также идет проверка на приход команды отключения питания силовых цепей станда.

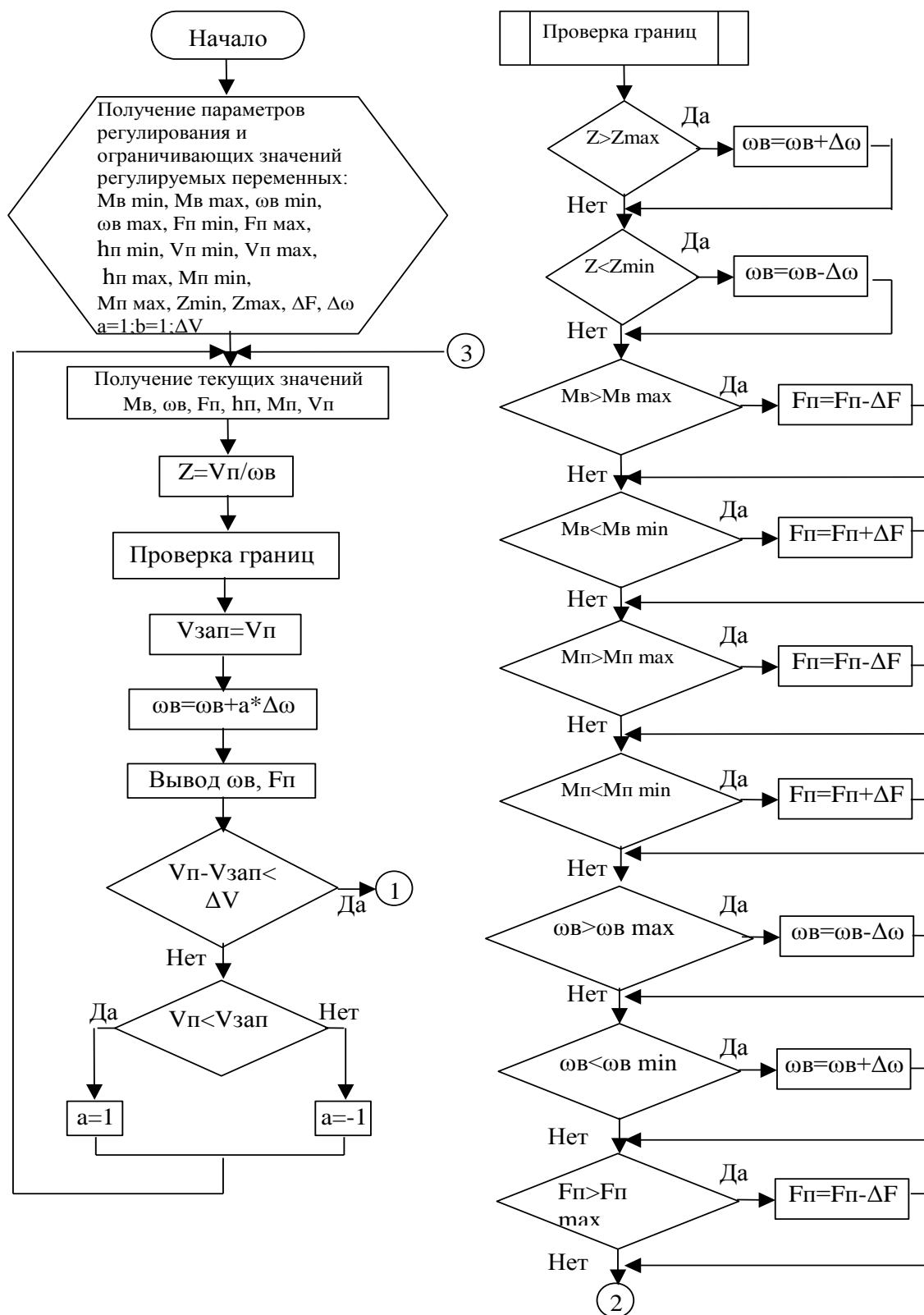


Рис. 7. Алгоритм оптимизации процесса бурения с поддержанием заданного углубления долота



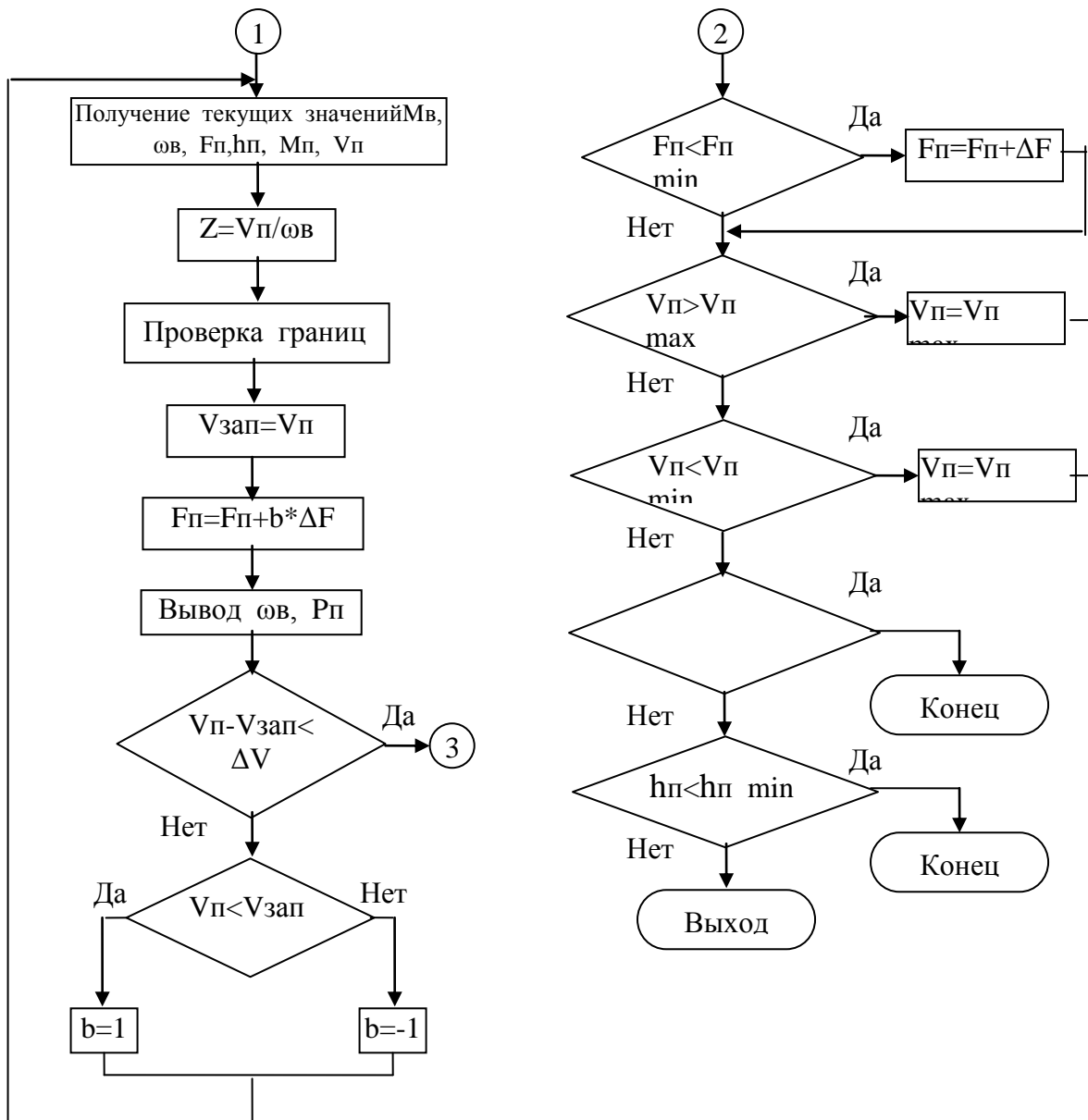


Рис. 7. (Окончание)

В соответствии с рассмотренными алгоритмами написана программа работы МК на языке BorlandTurboC++3.0. При этом также использованы библиотеки функции для работы с системными устройствами, с портами ввода/вывода COM1 (RS-232) и COM2 (RS-485) и с модулями ввода/вывода ADAM 5017h/5024/5050, поставляемые с микроконтроллером изготовителем.

#### **4.2.2. Алгоритм и программа управления для компьютера**

Алгоритм управления для компьютера КСА БС представлен на рис. 8.

Программа управления для компьютера КСА БС написана на объектно-ориентированном языке высокого уровня ObjectPascal в интегрированной среде разработки программного обеспечения Delphi7, с использованием стандартных модулей и системных функций WinAPI ядра операционной системы kernel32.dll.

После запуска программы происходит формирование стандартного «окна» типа TForm, инициализация последовательного порта обмена данными, а также запуск потока процедура PortRead, которая выполняется параллельно основной программе и производит обработку данных, приходящих в порт.

На главной форме находятся кнопки типа TButton, при нажатии которых вызываются процедуры, посылающие управляющую мнемонику микроконтроллеру.

Двусторонний обмен данными с микроконтроллером осуществлен с помощью кадров.

Кадр данных и параметров представляет собой N количество байт, зависящие от его типа, начинающиеся с четырёх байт, в которых записан идентификатор кадра, и заканчивающиеся четырьмя байтами, в которых записан идентификатор конца кадра.

Кадр команд представляет собой восемь байт, четыре первых из них – это идентификатор кадра команды, а последние четыре – мнемоника команды.

Кадр сообщения представляет собой десять байт, четыре первых из них – это идентификатор кадра сообщения, а последние четыре - мнемоника сообщения. Передача сообщений реали-

зована через мнемоники в целях сокращения передаваемой информации.

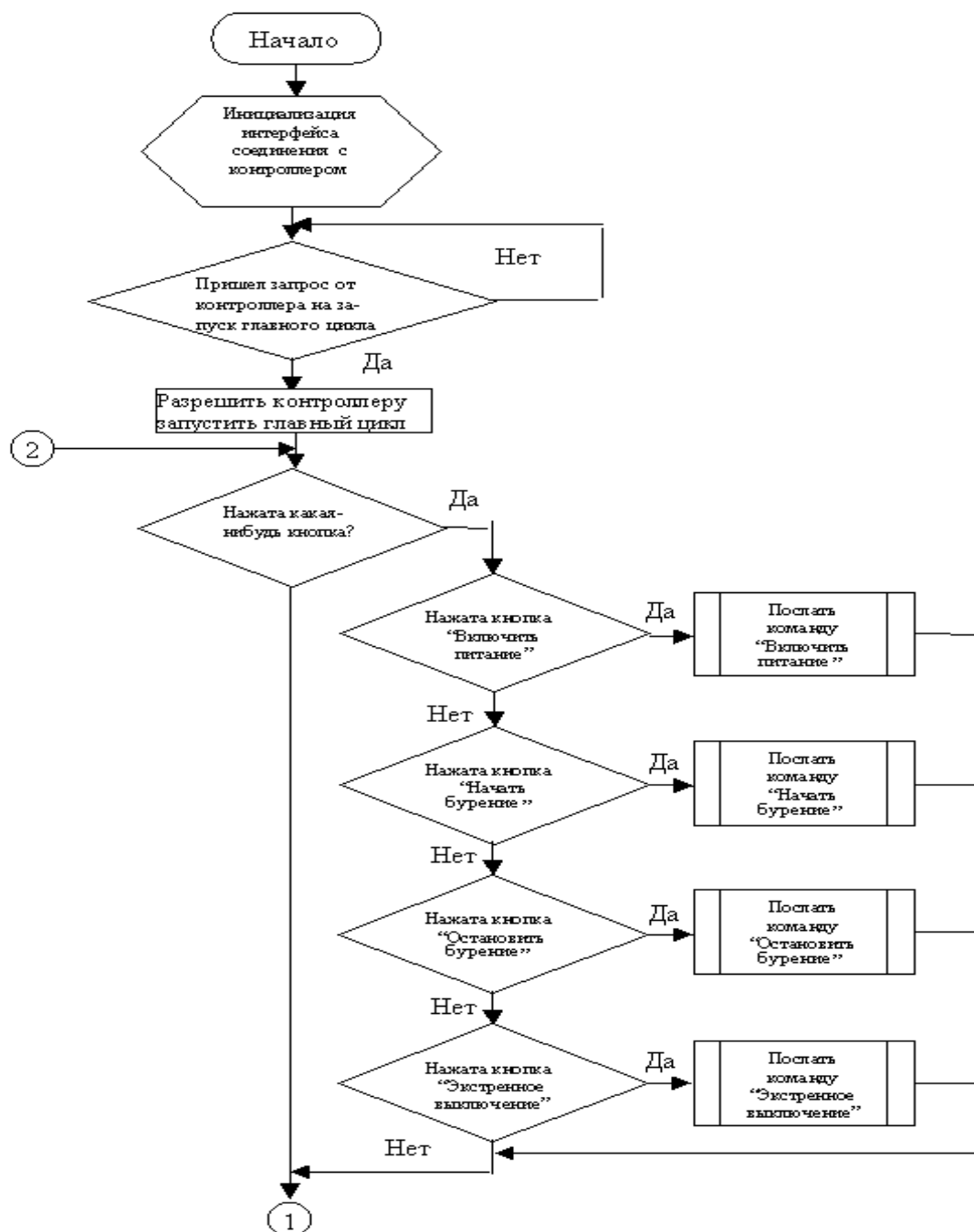


Рис. 8. Алгоритм управления для компьютера

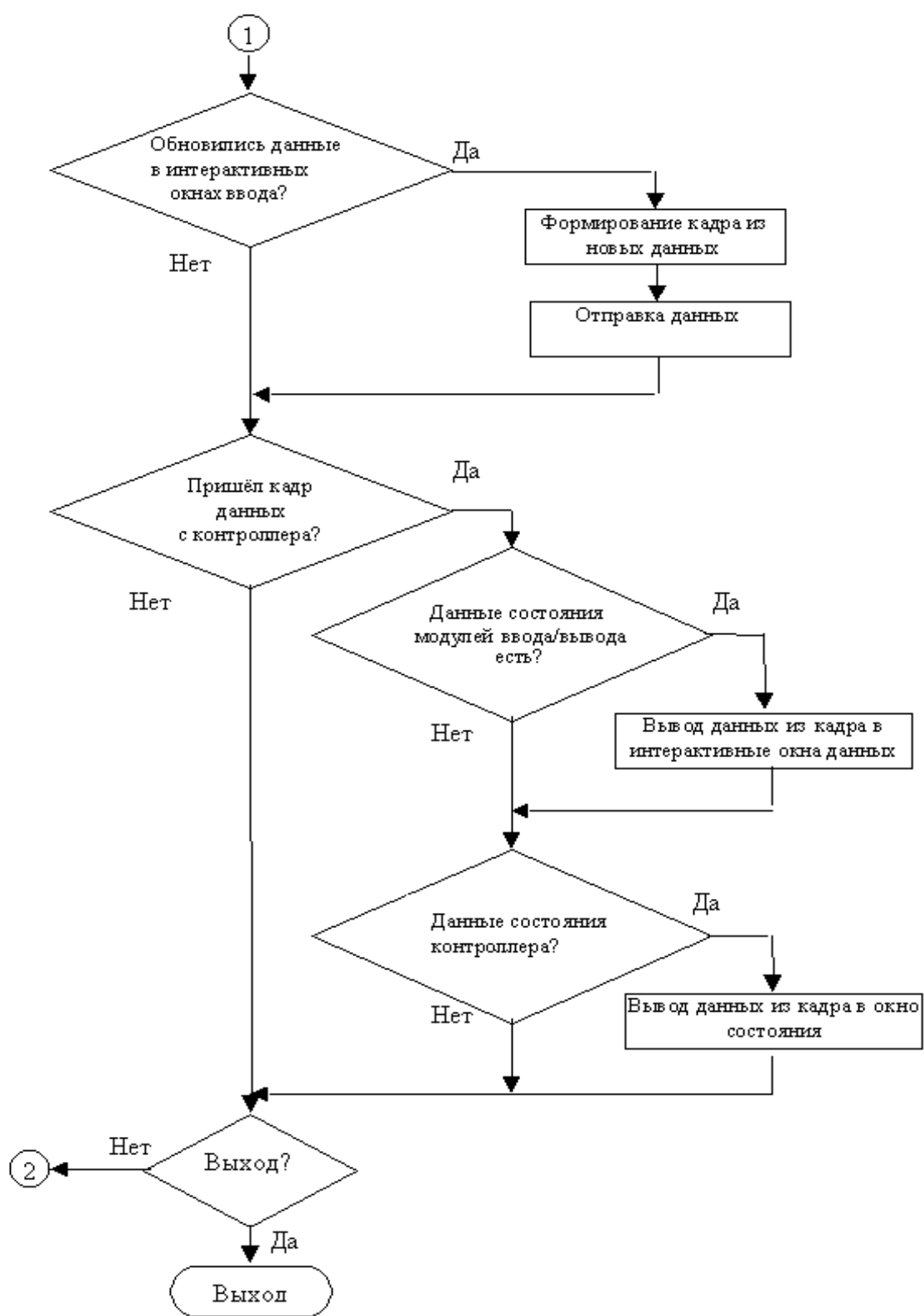


Рис. 8. (Окончание)

### **4.3. Аналоговая часть системы**

Эта часть системы автоматизации станка включает в себя блок регуляторов, широтно-импульсные преобразователи, электродвигатели вращения и подачи, датчики (см. рис. 2).

#### **4.3.1. Блок регуляторов**

Блок состоит из собственно ПИ-регуляторов скорости вращения и подачи, выполненных на операционных усилителях типа LM324, аналоговых коммутаторов (управляемых ключей) на микросхемах CD4053B, с помощью которых микроконтроллер может изменять структуру системы управления, блока управления реверсом электропривода подачи на микросхеме CD4011B, и оптронов на микросхемах 4N35, служащих для гальванического разделения цепей регулятора и питания.

Блок регуляторов осуществляет аналоговое регулирование координат электропривода. Благодаря этому в системе оптимального управления процессом бурения используется микроконтроллер с ограниченным быстродействием.

#### **4.3.2. Широтно-импульсные преобразователи**

ШИП предназначены для импульсного регулирования якорных напряжений электродвигателей вращения и подачи.

ШИП электродвигателя вращения бура является нереверсивным, выполнен по схеме широтно-импульсный модулятор (ШИМ) – силовой транзисторный ключ.

ШИП электродвигателя подачи бура реверсируемый, выполнен по схеме ШИМ – мост из четырех силовых транзисторных ключей.

ШИМ реализован на микросхеме TL494, имеющей развитые цепи управления (имеются входы для подачи сигнала управления, подключения обратных связей, выбора режима работы двух выходных транзисторов ШИМ – с одновременным их открыванием, либо последовательным в противофазе).

В качестве силовых транзисторных ключей используются:

- а) транзистор типа IRF530 ( $U = 100 \text{ В}$ ,  $I = 14 \text{ А}$ ) в ШИП вращения;
- б) транзисторы IRF 640 ( $U = 200 \text{ В}$ ,  $I = 18 \text{ А}$ ) в ШИП подачи.

Блок широтно-импульсных преобразователей электроприводов вращения и подачи кроме схем ШИП включает в себя логический блок, оптроны гальванической развязки цепей электродвигателей, цепей питания и управления и источник питания силовых цепей. Логический блок обеспечивает управление соответствующими силовыми транзисторами ШИП при реверсе и динамическом торможении электропривода подачи.

#### **4.3.3. Электродвигатели макета станка**

На стенде используются электродвигатели постоянного тока. Электродвигатель вращения бура типа DFT-3246 имеет следующие характеристики:

- номинальная частота вращения – 3000 об/мин;
- номинальный ток – 1 А;
- номинальное напряжение питания – 30 В;
- номинальная мощность – 22 Вт;
- возбуждение – от постоянных магнитов;
- наличие встроенного тахогенератора постоянного тока.

Электродвигатель подачи бура типа ЭДП-80/95 имеет следующие характеристики:

- номинальные напряжение, ток и мощность, соответственно – 80 В, 1 А, 55 Вт;
- номинальная частота вращения – 1500 об/мин;
- возбуждение независимое от источника – 16 В;
- наличие встроенного тахогенератора постоянного тока.

#### **4.3.4. Датчики**

В системе используются следующие датчики:

- датчики скорости вращения и подачи бура (встроенные в электродвигатели тахогенераторы);
- датчик усилия подачи бура;
- датчики положения бура:
  - а) аналоговый (потенциометрический типа СПЗ-23б);
  - б) дискретные (концевые выключатели).

**Датчик усилия** (рис. 9) состоит из нижней опорной платформы, на которой находятся упругие элементы, на которых, в

свою очередь, опирается инструментальный стол. К платформе и к инструментальному столу крепится пластинчатая пружина, на которую наклеены тензорезисторы, которые подключены к измерительному преобразователю усилия. Усилие, воздействующее на инструментальный стол, приводит к перемещению его и деформации упругих элементов; пластинчатая пружина изгибается, что приводит к деформации тензорезисторов и изменению их сопротивления, которое фиксируется измерительным преобразователем и подается на входы микроконтроллера и регуляторов.

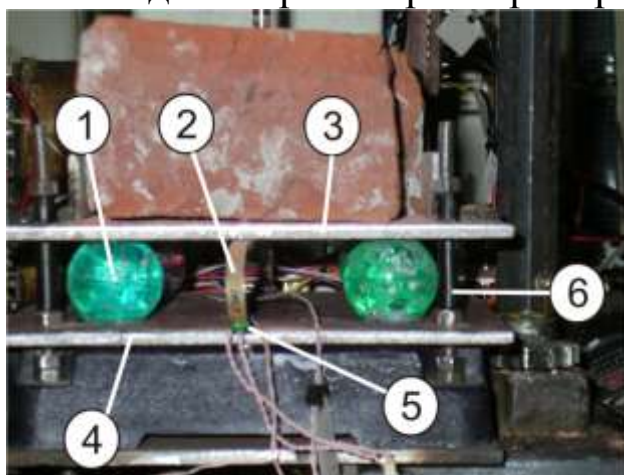


Рис. 9. Датчик усилия подачи: 1 – упругий элемент;  
2 – тензорезистор; 3 – инструментальный стол;  
4 – нижняя платформа; 5 – пластинчатая пружина;  
6 – направляющая инструментального стола

Измерительный преобразователь (рис. 10) представляет из себя усилитель с дифференциальным входом с коэффициентом усиления около 1000000. Первый каскад его выполнен на специализированной микросхеме INA1448, второй и третий – на операционном усилителе K544УД1. Тензорезисторы включены в тензометрический мост, состоящий из резисторов R1 – R4, который балансируется на ноль при помощи резисторов R3 и R4. Изгиб пластинчатой пружины приводит к деформации тензорезисторов R1 и R2 в противоположных направлениях (R1 и R2 наклеены на пружину с разных ее сторон), что вызывает появление потенциала на противоположных диагоналях моста, который усиливается измерительным преобразователем и подается на вход регулятора и микроконтроллера.

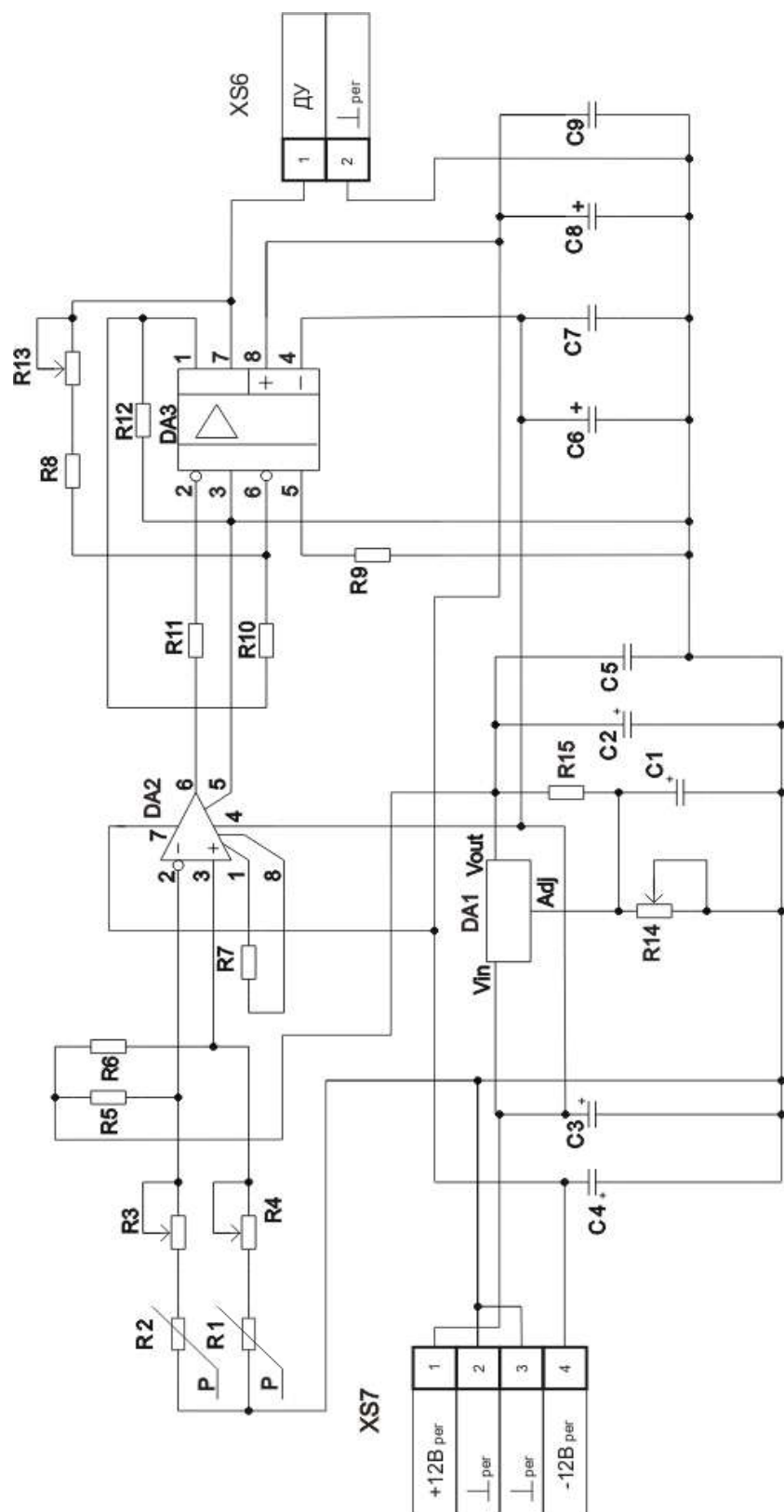


Рис. 10. ПЭС датчика усиления



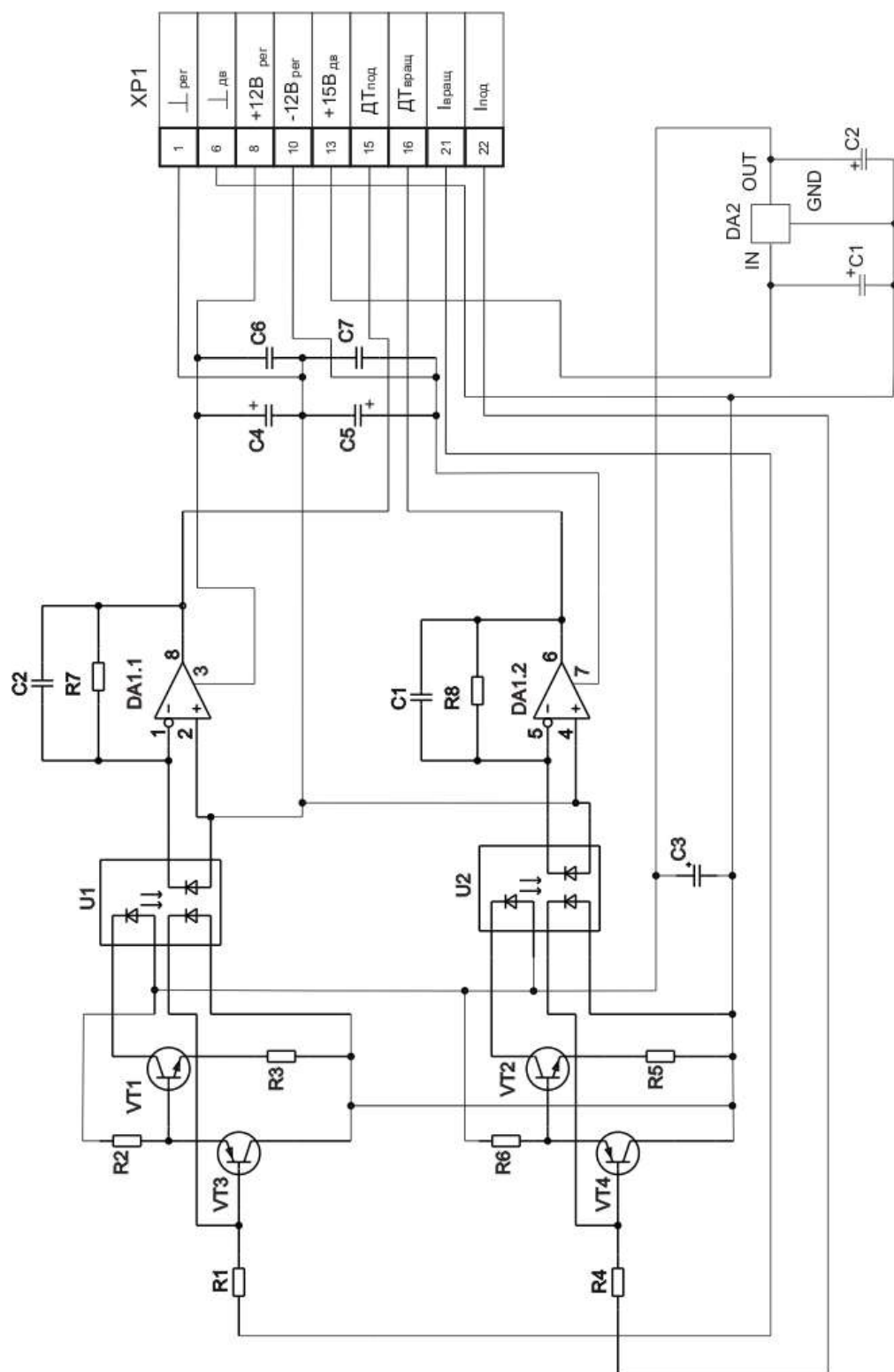


Рис. 11. ПЭС измерительного преобразователя моментов электроприводов подачи и вращения бруса

**Датчики момента** представляют из себя резисторы, включенные в цепи стока ключевых транзисторов. Снимаемое с них падение напряжения подается на измерительный преобразователь момента, усиливается им и через оптронную линейную гальваническую развязку подается на регуляторы и контроллер.

Измерительный преобразователь момента (рис. 11) основан на стандартной схеме включения линейного оптрона HCNR201. Транзисторы VT1 – VT4 образуют компенсационную схему, которая устраняет нелинейность характеристики оптрона. С выхода оптрона сигнал поступает на операционный усилитель, а с него – на входы управляющих устройств.

## **5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД**

Стенд представлен двумя металлическими контейнерами. В первом из них размещается макет системы (станок, приводы, датчики, контроллер), а во втором – персональный компьютер.

Для функционирования системы необходим компьютер, конфигурация которого не ниже Celeron333/46Мб ОЗУ/видеокарта с памятью не менее 4 Мб и установленная операционная система Windows98 и выше.

### **5.1. Соединение элементов системы**

Перед началом работы необходимо произвести соединения порта контроллера RS-232 с портом COM1 персонального компьютера коммуникационным кабелем, прилагающимся к установке.

Подсоединить питающий шнур к блоку питания стенда и подключить его к сети электроснабжения 220 В, 50 Гц.

Подключить питающий шнур компьютера к сети электроснабжения 220 В, 50 Гц.

### **5.2. Запуск системы**

Запустить персональный компьютер и дождаться окончания загрузки операционной системы.

Запустить программу управления КСА БС (Terminal.exe).

Включить питание стенда путём нажатия на синий выключатель, находящийся на задней стенке блока питания (зелёный выключатель НЕ ВКЛЮЧАТЬ! Он предназначен для шунтирования контактов реле К, управляющего по сигналам контроллера питанием системы).

### **5.3. Работа на стенде**

После загрузки и инициализации программы микроконтроллер ADAM передаёт сообщение о готовности подать питание на силовые цепи стенда.

При нажатии кнопки терминала «Включить питание», ADAM включит питание силовых цепей стенда, выведет буровой став в начальное положение и выдаст сообщение о готовности начать процесс бурения.

При нажатии кнопки терминала «Начать бурение», ADAM произведет подвод бурового става к образцу породы. При касании долотом образца породы происходит включение режима оптимизированного бурения. В окне программы (рис. 12) отображаются основные показатели режима бурения. Путем установки соответствующих переключателей находящихся с права от области отображения графиков осуществляется отображение интересных зависимостей показателей режима бурения от времени.

При нажатии кнопки терминала «Остановить бурение», ADAM произведет вывод бурового става в начальное положение и перейдет в режим ожидания следующей команды.

При нажатии кнопки терминала «Экстренное выключение», ADAM произведет отключение питания силовых цепей стенда и произведёт самоперезагрузку.

При нажатии кнопки терминала «Диагностика», контроллер отключает управляющий алгоритм главного цикла и выходит в режим прямого приёма данных вводимых в полях формы «Задание». Что позволяет при помощи установки определённых значений этих параметров производить диагностику оборудования.

После окончания бурения ADAM произведет вывод бурового става в начальное положение и перейдет в режим ожидания следующей команды.

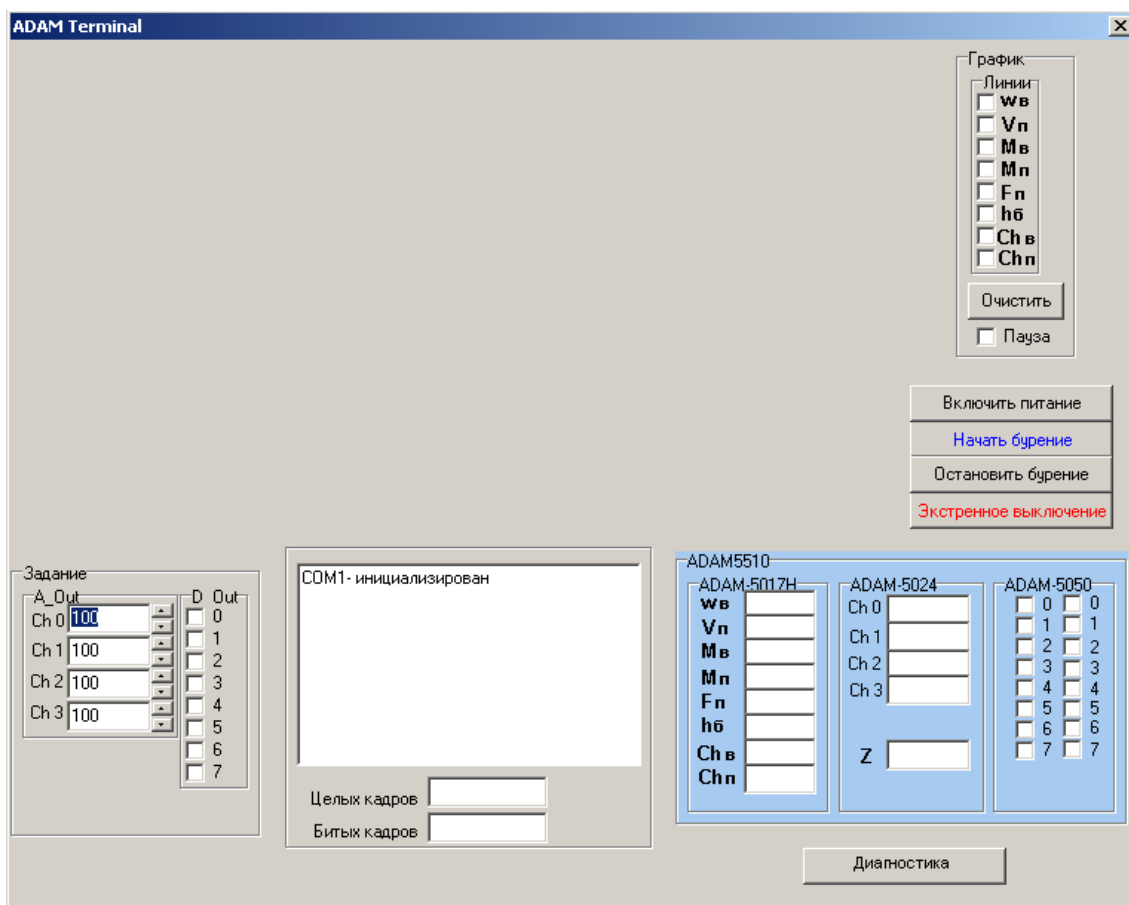


Рис. 12. Внешний вид окна программы Terminal

После окончания работы на стенде следует привести его в исходное состояние для чего необходимо последовательно выполнить следующие действия:

- закрыть окна программы управления КСА БС;
- выключить персональный компьютер, нажав на его рабочем столе кнопки Пуск – Завершение работы – Выключение компьютера;
- отключить от сети блок питания стенда и компьютер.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы лабораторного макета системы автоматизации станка.
2. Назовите функции, выполняемые микроконтроллером и компьютером в системе автоматизации бурового станка.

3. Какие модули ввода/вывода используются в контроллере ADAM-5510. Технические характеристики этого контроллера.

4. Назовите сигналы на входах/выходах контроллера ADAM-5510. Назначение этих сигналов в системе автоматизации бурового станка.

5. Поясните работу алгоритма оптимизации процесса бурения. Какой критерий оптимального управления используется в этом алгоритме?

6. Как работает алгоритм управления для компьютера?

7. Какие датчики используются в системе автоматизации бурового станка?

8. Как устроен датчик усилия подачи бура?

9. Каким образом выполнены датчики моментов электроприводов вращения и подачи бура?

10. Назовите системы электроприводов вращения и подачи, применяемые на макете станка. Какой принцип регулирования скорости и нагрузки используется в этих электроприводах?

11. Назначение блока ПИ-регуляторов, состав его элементов.

12. Какие элементы входят в состав аналоговой части системы автоматизации?

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10. ИССЛЕДОВАНИЕ САУ БУРЕНИЕМ «РЕЖИМ-СВ» НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия и исследовать на персональном компьютере (ПК) переходные процессы в типовой САУ шарошечным бурением «Режим-СВ» карьерных буровых станков, возникающие при настройке системы на оптимальный режим при случайном изменении крепости буримых пород.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Рассмотреть кинематику бурового станка и структуру САУ бурением.

2.2. Включить ПК в сеть, вставить дискету в дисковод и запустить файл Burvai.exe.

2.3. Установить параметры настройки ПИ-регуляторов РЧВ и РУП (по указанию преподавателя).

2.4. Изменяя поочередно задания  $Z_0$  для РЧВ и  $K_0$  для РУП, достигнуть абсолютного максимума показателя эффективности процесса бурения.

2.5. Изменить параметры настройки регуляторов и повторить п. 2.4.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Кинематическая схема бурового станка и ее описание.

3.2. Структурная схема САУ бурением. Математическое описание и визуализация системы.

3.3. Параметры настройки регуляторов РЧВ и РУП, оптимальные задания  $Z_0$  и  $K_0$ , график изменения показателя эффективности  $\Xi(t)$  при настройке системы на оптимальный режим бурения.

## 4. САУ ШАРОШЕЧНЫМ БУРЕНИЕМ

### 4.1. Математическое описание модели

В качестве исследуемой системы принята типовая САУ бурением «Режим-СВ», применяемая на карьерных шарошечных буровых станках.

Кинематическая схема бурового станка представлена на рис. 1. На схеме показаны исполнительные механизмы станка – электропривод ЭПВ вращения и гидропривод ГП подачи бурового става, используемые управляющим устройством системы для управления процессом бурения, а также параметры процесса бурения.

Структурная схема системы показана на рис. 2. Управляющее устройство САУ бурением включает в себя вычислительный элемент ВЭ и регуляторы РЧВ и РУП, управляющие исполнительными механизмами ЭПВ и ГП. Задатчики  $Z$  и  $K$  используются для ручной настройки системы на оптимальный режим бурения. Вычислительный элемент ВЭ, получая информацию от датчиков параметров процесса бурения, определяет текущие значения углубления  $Z$ , показателя  $K$  режима бурения и показателя  $\Theta$  эффективности процесса бурения по следующим уравнениям:

$$Z = \frac{v}{n}, \quad (1)$$

$$K = F_{\Pi} \cdot n, \quad (2)$$

$$\Theta = \frac{F_{\Pi} \cdot v}{M \cdot n} = \frac{F_{\Pi}}{M} \cdot Z. \quad (3)$$

Оптимальный режим бурения достигается путем последовательного изменения машинистом заданий  $Z_0$  и  $K_0$  до получения абсолютного максимума показателя  $\Theta \rightarrow \max$ , наблюдаемого по прибору П.

Объект управления в системе представлен звеном «буровой став – долото – забой (скважина)». Управляющие воздействия (режимные параметры процесса бурения)  $n$ ,  $v_{\Pi}$  и  $F_{\Pi}$  формируются приводами при изменении основного возмущающего воздействия  $f$ . Управляемым параметром объекта является скорость бурения  $v$ .

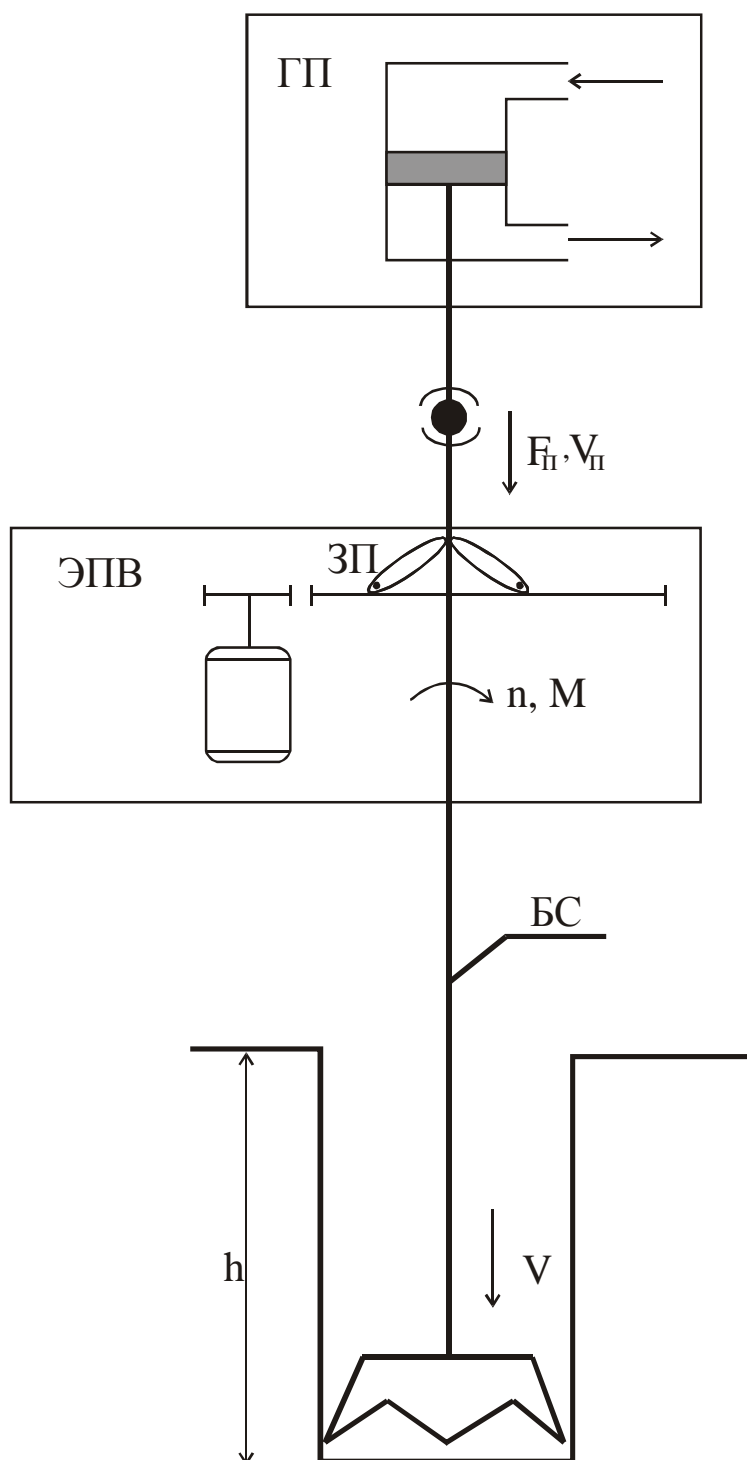


Рис. 1. Упрощенная кинематическая схема бурового станка: ГП – гидропривод подачи бурового става на забой; ЭПВ – электропривод вращения става; БС – буровой став; ЗП – зажимный патрон;  $F_п$  – усилие подачи;  $V_п$  – скорость подачи верхнего конца БС;  $n, M$  – частота и момент вращения БС;  $h$  – глубина пробуренной скважины;  $V$  – скорость бурения скважины (скорость подачи долота)



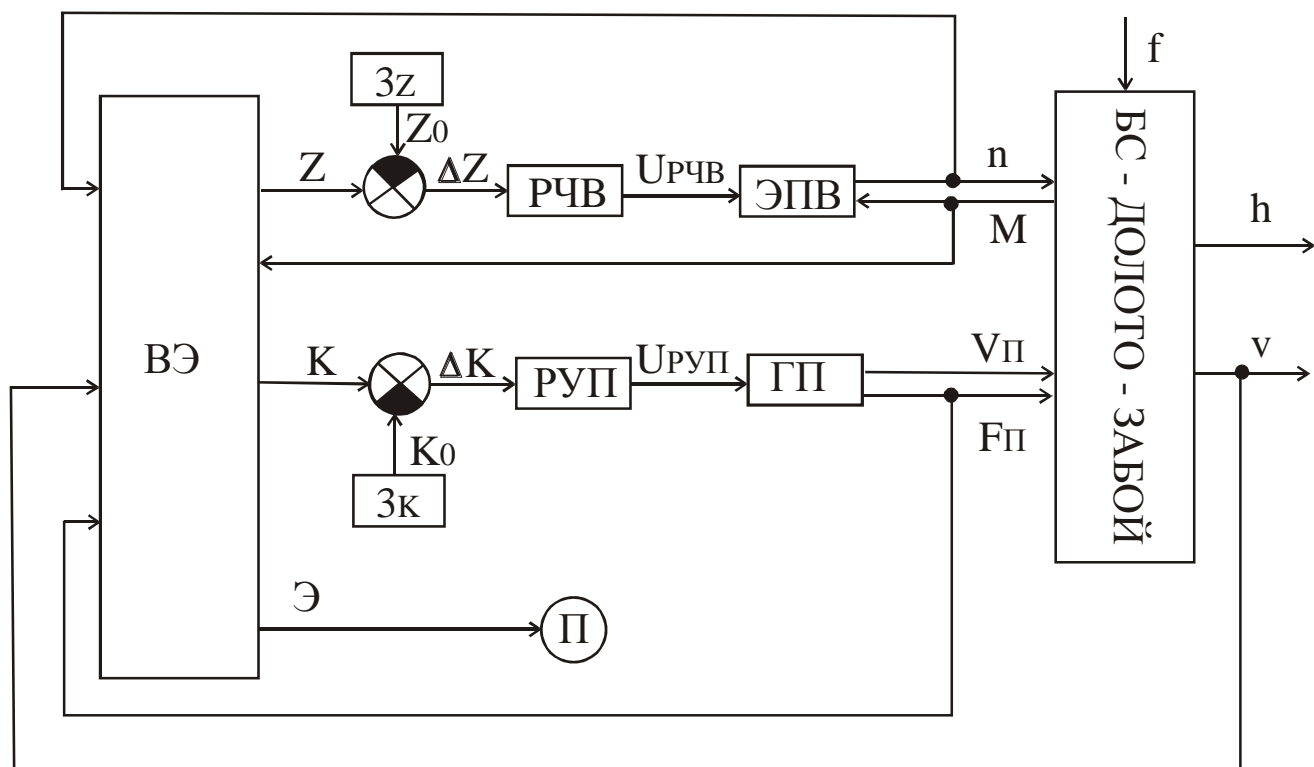


Рис. 2. Структурная схема САУ бурением: ВЭ – вычислительный элемент;  $3_Z$ ,  $3_K$  – задатчики для ручного поиска оптимальных заданий  $Z_0$ ,  $K_0$ ; РЧВ, РУП – ПИ-регуляторы соответственно, частоты вращения бурового става и усилия подачи последнего; ЭПВ – регулируемый электропривод вращения бурового става; ГП – регулируемый гидропривод подачи; П – прибор, показывающий значение показателя  $\mathcal{E}$  эффективности процесса бурения; БС – буровой став;  $Z$ ,  $Z_0$  – фактическое и заданное значения углубления долота за один его оборот;  $K$ ,  $K_0$  – фактическое и заданное значения показателя режима бурения;  $\Delta Z$ ,  $\Delta K$  – отклонения, соответственно, углубления и показателя режима бурения от заданных значений;  $U_{РЧВ}$ ,  $U_{РУП}$  – выходные сигналы регуляторов, соответственно, РЧВ и РУП;  $f$  – крепость буримых пород (случайная величина с нормальным законом распределения);  $\mathcal{E}$  – показатель эффективности процесса бурения

Математическое описание других элементов системы представлено ниже.

ПИ-регуляторы РЧВ и РУП:

$$U_{PЧВ} = K_{PЧВ} \cdot \Delta Z + \frac{1}{T_{PЧВ}} \int_0^t \Delta Z dt, \quad (4)$$

$$U_{РУП} = K_{РУП} \cdot \Delta K + \frac{1}{T_{РУП}} \int_0^t \Delta K dt, \quad (5)$$

где  $K_{PЧВ}$ ,  $T_{PЧВ}$ ,  $K_{РУП}$ ,  $T_{РУП}$  – параметры настройки соответствующих регуляторов – передаточные коэффициенты и постоянные времени интегрирования;  $\Delta Z = Z - Z_0$ ,  $\Delta K = K - K_0$  – отклонения углубления и показателя режима бурения от заданных значений.

Электропривод ЭПВ:

$$T_{ЭМ} \frac{dn}{dt} + n = K_{ЭПВ} \cdot U_{PЧВ} - K_M \cdot M, \quad (6)$$

где  $T_{ЭМ}$  – электромеханическая постоянная времени ЭПВ;  $K_{ЭПВ}$ ,  $K_M$  – передаточные коэффициенты по каналам, соответственно, управления и возмущения (нагрузки).

Гидропривод ГП:

$$T_{П} \frac{dv_{П}}{dt} + v_{П} = K_{П} \cdot U_{РУП}, \quad (7)$$

$$F_{П} = F_{по} + K_F \int_0^t \Delta v \cdot dt, \quad (8)$$

$$\Delta v = v_{П} - v, \quad (9)$$

где  $T_{П} = \frac{m}{D}$  – постоянная времени системы подачи;  $m$  – масса поступательно движущихся частей станка;  $D$  – коэффициент демпфирования;  $F_{по}$  – усилие подачи, создаваемое весом поступательно движущихся частей станка;  $K_{П}$ ,  $K_F$  – передаточные коэффициенты ГП по каналам, соответственно, скорости и усилия подачи;  $\Delta v = v_{П} - v$  – разность скоростей подачи верхнего и нижнего концов бурового става.

Объект управления (уравнение получено экспериментальным способом):

$$V = 0,13F_{П}^2 + 0,01F_{П} \cdot n - 0,15n. \quad (10)$$

В уравнении (10) принята следующая размерность величин:  $V$  (м/ч),  $F_{П}$  (тс – тонн силы),  $n$  – (об/мин).

Система уравнений (1–10) представляет собой математическую модель САУ бурением, реализуемую на персональном компьютере.

## 4.2. Визуализация системы на компьютере

Компьютерная программа системы имеет развитой графический интерфейс, состоящий из:

- главной формы;
- всплывающей формы настройки параметров ПИ-регуляторов частоты вращения и усилия подачи;
- всплывающей формы слежения за изменением во времени параметров процесса бурения (графики).

Главная форма содержит внешний вид бурового станка, цифровые индикаторы, показывающие текущие значения наиболее важных параметров режима бурения (показатель эффективности, момент вращения бурового става, скорость подачи и скорость бурения, усилие подачи бурового става, частоту вращения става). На главной форме представлен также график изменения показателя эффективности  $\mathcal{E}(t)$  для удобства настройки САУ бурением на максимальное значение показателя эффективности путем изменения заданий  $Z_0$  и  $K_0$  регуляторам на форме настроек последних.

Всплывающая форма настройки параметров ПИ-регуляторов содержит задатчики следующих величин:

- передаточный коэффициент и постоянная времени интегрирования соответствующего регулятора;
- предел регулирования по  $U_{\max}$  – максимальному выходному напряжению регулятора;
- предел регулирования по  $U_{\min}$  – минимальному выходному напряжению регулятора;
- задание  $Z_0$  – для регулятора частоты вращения или  $K_0$  – для регулятора усилия подачи;
- передаточные коэффициенты приводов ЭПВ, ГП и электромеханическая постоянная времени ЭПВ.

Также на этой форме представлены цифровые индикаторы, показывающие текущие значения сигналов на входах и выходах регулятора и сигнал рассогласования.

Всплывающая форма слежения за изменением во времени параметров процесса бурения представляет графическую информацию об изменении во времени следующих параметров:

- показателя эффективности процесса бурения;
- момента вращения бурового става;
- скорости подачи и скорости бурения;
- усилия подачи бурового става;
- частоты вращения бурового става;
- сигналов на входах и выходах регуляторов.

Графики представлены в разных сочетаниях (по каналу регулирования скорости, по каналу усилия подачи и т. д.), и размещены на переключающихся страницах.

Программа создана в среде визуального программирования «Delphi 5» и написана на языке «ObjectPascal».

При написании программы были применены методы объектно-ориентированного программирования и метод компонентного подхода.

Всплывающая форма настройки параметров ПИ-регуляторов выводится на экран монитора при щелчке левой кнопки мыши на главной форме.

Всплывающая форма слежения за изменением во времени параметров процесса бурения выводится при щелчке правой кнопки мыши на главной форме.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Критерий оптимального управления процессом бурения.
2. Режимные параметры САУ бурением.
3. Принципы настройки системы на оптимальный режим бурения.
4. Какие обратные связи используются в системе?
5. Каким звеном представлен электропривод вращения бурового става?

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫМ ВОДООТЛИВОМ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия компьютерной системы управления шахтным водоотливом (КСУ ШВ), выполненной на базе микропроцессорных контроллеров и персонального компьютера.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Рассмотреть структуру и функции компьютерной системы управления шахтной водоотливной установкой.

2.2. Ознакомиться с конструкцией стенда, расположением в нем элементов системы, с устройством блока имитатора водосборника и трех насосных агрегатов.

2.3. Провести стендовые испытания работы КСУ ШВ.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Структура и функции КСУ ШВ.

3.2. Мнемосхема водоотливной установки, ее краткое описание.

3.3. Результаты стендовых испытаний системы.

## **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ**

### **4.1. Структура и функции КСУ ШВ**

Система предназначена для автоматизированного управления аппаратурой шахтных водоотливных установок. Система управления является двухуровневой и состоит из нижнего уровня (Control), реализованного на трех программируемых логических контроллерах (ПЛК) насосных агрегатов, и верхнего (SCADA) – персонального компьютера (ПК) оператора насосной установки (рис. 1).

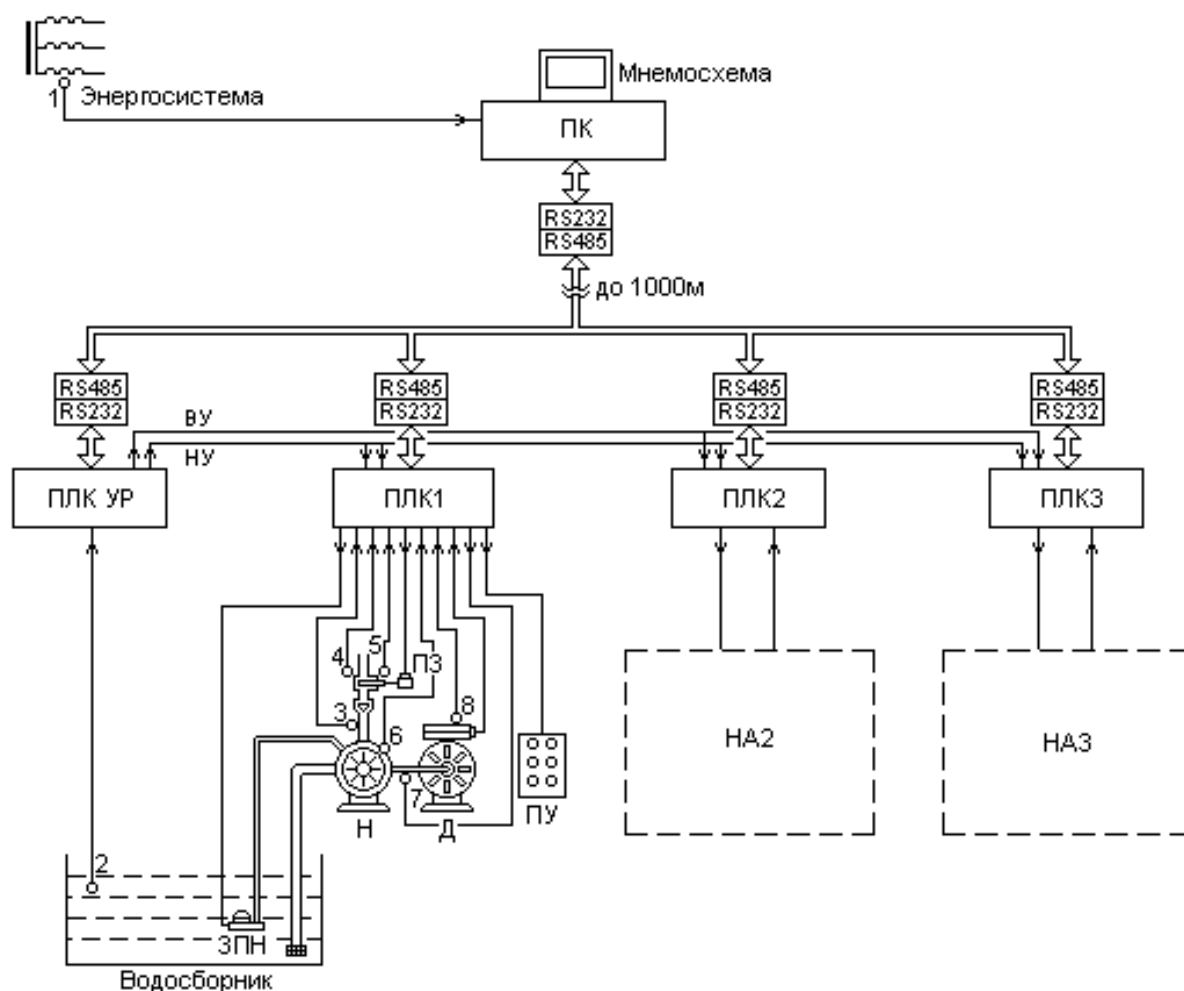


Рис. 1. Структурная схема компьютерной системы управления насосной установкой: ПК – персональный компьютер, ПЛК НА – программируемый логический контроллер насосного агрегата НА, ПЛК УР – то же, но уровнемера (ВУ – сигнал верхнего уровня, НУ – сигнал нижнего уровня), Н – насос, Д – электродвигатель насоса, ПУ – панель управления; 1 – датчик нагрузки энергосистемы; 2 – датчик уровня; 3 – флажковое реле производительности; 4 – конечный выключатель закрытого положения задвижки; 5 – конечный выключатель открытого положения задвижки; 6 – реле давления; 7 – датчик температуры подшипников; 8 – электрическая защита.

Компьютер и контроллеры объединены в сеть с помощью общей шины, причем компьютер является ведущим, т. е. он определяет, с каким контроллером в данный момент будет произво-

даться обмен данными, а контроллеры – ведомыми. Они могут лишь отвечать ПК на его запросы и не обмениваются информацией между собой. К общей шине так же подключен и датчик уровня, через свой контроллер (ПЛК УР), выполняющий роль АЦП. ПЛК УР тоже является ведомым периферийным устройством.

Каждый контроллер является дискретной автоматической системой управления и выполняет функции локального управления, контроля технологических параметров и защиты для своего насосного агрегата: принимает сигналы от датчиков, в соответствии с которыми формирует и выдает команды на исполнительные устройства и местную сигнализацию о состоянии НА. Персональный компьютер обрабатывает информацию, поступающую с ПЛК, датчиков уровня и потребляемой мощности, отображает состояние технологического процесса на экране в виде мнемосхемы. Графики изменения уровня воды и нагрузки в энергосистеме данные о состоянии оборудования записываются в память компьютера и архивируются.

Система обеспечивает выполнение следующих функций.

1. Надежную работу без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

2. Возможность трех видов управления:

- автоматическое по командам компьютера;
- дистанционное по командам диспетчера;
- местное с панели управления НА по командам обслуживающего персонала.

3. Переход с одного вида управления на другой возможен из любого пункта управления и не вызывает остановки работающего насосного агрегата.

4. Аварийную остановку насоса обслуживающим персоналом при любом виде управления.

5. Автоматическую защиту:

- от отсутствия давления в рабочей камере насоса;
- гидравлическую по расходу воды;
- от перегрева подшипников насоса и приводного двигателя;
- от заклинивания задвижек;

- электрозащиту с помощью пусковой аппаратуры;
- от вмешательства обслуживающего персонала в алгоритм функционирования системы.

6. Автоматическую блокировку:

- Повторного включения неисправного насосного агрегата без вмешательства обслуживающего персонала;
- Одновременного применения различных видов управления;
- Одновременного запуска двух насосов с целью исключения наложения пусковых токов и гидравлического удара.

7. Местную сигнализацию о нормальной работе насосных агрегатов (обезличенная световая), о текущем режиме управления (световая), о неисправности насосных агрегатов (обезличенная звуковая и световая с расшифровкой вида неисправности);

8. Отображение на мониторе персонального компьютера (АРМ диспетчера) мнемосхемы водоотливной установки (водосборника и насосных агрегатов) с информацией о состоянии ее элементов: о неисправности насосных агрегатов (обезличенная звуковая и световая сигнализация с расшифровкой вида неисправности и номера НА), повышенном и аварийном уровне воды в водосборнике и приближении максимума нагрузки в энергосистеме (звуковая и световая сигнализация).

В автоматическом режиме система включает насосные агрегаты в зависимости от уровня воды в водосборнике с учетом нагрузки энергосистемы. Для этого информация об уровне поступает с датчика через АЦП в компьютер, который при достижении верхнего уровня формирует сигнал на включение очередного насосного агрегата (НА). Выбор насоса осуществляется по кольцевой схеме (1-2-3-1-2...). При снижении уровня воды до нижнего значения компьютер выдает команду отключить насосную установку. Команды на включение/отключение передаются контроллеру соответствующего НА. Кроме цифрового сигнала о текущем уровне, предназначенного для ПК, ПЛК УР формирует дискретные сигналы (ВУ – верхнего уровня, НУ – нижнего уровня) для ПЛК насосных агрегатов, чтобы система могла функционировать при неисправном верхнем уровне управления.



Получив команду включения НА, контроллер переходит в режим Пуска и выполняет следующие действия:

- Включает погружной заливочный насос ЗПН для заливки водой рабочей камеры главного насоса и удаления воздуха из рабочих колес и всасывающего трубопровода;
- Контролирует заливку насоса с помощью реле давления 6;
- Открывает задвижку ПЗ на нагнетательном трубопроводе;
- Контролирует положение задвижки с помощью конечного выключателя 5;
- Запускает главный насос Н;
- Контролирует производительность насоса с помощью флажкового реле 3.

Подтверждение выполнения каждой операции ожидается в течение заданного интервала времени. Если команда не выполняется, то контроллер перейдет в режим Отбоя пуска, передаст сообщения о дефектах в компьютер оператора и выведет вид дефекта на панели управления НА. Если все операции выполняются в установленные временные интервалы, то по завершению алгоритма пуска контроллер перейдет в режим Стационарной работы. Во время работы контроллер контролирует состояние технологических параметров и оборудования и передает информацию о них на ПК. В случае отказа оборудования насосной установки при котором нельзя продолжать работу (при срабатывании гидравлических или тепловых контрольных датчиков, а также при неисправностях пусковой аппаратуры) контроллер перейдет в режим Аварийного отключения НА, включит звуковую и световую сигнализацию, сообщит о неисправности компьютеру. При приеме команды на выключение НА контроллер перейдет в режим Оперативного отключения, включающегося в себя следующие действия:

- Закрывает задвижку на нагнетательном трубопроводе;
- Контролирует положение задвижки с помощью конечного выключателя 4;
- Контролирует отсутствие подачи насоса с помощью флажкового реле 3;
- Отключает двигатель Д главного насоса.

В случае внепланового отключения насосного агрегата в режиме Пуска или Стационарной работы компьютер вырабатывает команду на включение следующего по очередности насоса.

Если при работе насоса уровень воды в водосборнике повысится до повышенного значения, компьютер выдаст сигнал на включение второго (резервного) насоса, при достижении аварийного уровня – третьего.

Для коррекции работы водоотлива с учетом нагрузки энергосистемы (при двухставочном или многоставочном тарифе) в компьютер оператора с питающей подстанции поступает информация о потребляемой мощности (токе). График изменения нагрузки обрабатывается и запоминается. Характер потребления мощности в общем случае является случайным, однако определенная закономерность прослеживается: пика нагрузки, как правило, два (утренний и вечерний), и наступают они примерно в одно и то же время. Продолжительность максимумов меняется в незначительных пределах. Таким образом, вероятное время наступления максимума вычисляется на основании ранее полученных данных по потреблению электроэнергии. Имея информацию о производительности насоса и притоке, рассчитывается время включения НА, обеспечивающее откачку воды из водосборника к ожидаемому моменту времени наступления максимума нагрузки. Компьютер подает команду на включение очередного насосного агрегата, не дожидаясь заполнения водосборника до верхнего уровня. В период максимума нагрузки компьютер подаст команду на включение НА только при достижении уровнем воды повышенного значения.

При дистанционном управлении предусматривается возможность включения диспетчером по команде с компьютера любого исправного насосного агрегата в произвольный момент времени, если уровень воды в водосборнике больше нижнего. Отключение НА производится при достижении нижнего уровня либо по команде диспетчера.

Назначение и блок-схемы алгоритмов управления, реализуемых компьютерной системой управления шахтным водоотливом, представлены и детально описаны в [1]. Знакомство с ними полезно для глубокого понимания сущности системы, ее управляющей программы, а также может быть использовано в качестве

примера при разработке программ управления другими технологическими объектами промышленного производства.

## **4.2. Технические средства системы**

Система выполнена на персональном компьютере, программируемых логических контроллерах и блоке имитатора В-НА водосборника и насосных агрегатов.

### **4.2.1. Программируемый логический контроллер и управляющий компьютер (ПК)**

Функции ПЛК в системе выполняет микроконтроллер AT89C51, имеющий следующие основные характеристики:

- 8-разрядный процессор, оптимизированный для задач управления;
- Внутренняя память данных: 256 байт;
- Внешняя память данных: до 64 кбайт;
- Встроенная flash-память программ;
- Двухнаправленные и индивидуально адресуемые линии ввода/вывода;
- 16-разрядные таймеры-счетчики;
- Полнодуплексный UART;
- Последовательный интерфейс SPI;
- Длительность машинного цикла: 1 мкс.

ПЛК встроены в блок имитатора В-НА.

Функции управляющего компьютера выполняет персональный компьютер PentiumII, содержащий системный блок, монитор, клавиатуру и мышь.

### **4.2.2. Блок имитатора В-НА**

Блок В-НА предназначен для моделирования процессов, протекающих в водосборнике и насосных агрегатах.

Блок имеет специальное изготовление и представляет собой корпус, в котором размещены пять печатных плат ПЭС (блока питания, водосборника и датчиков уровня, насосных агрегатов (3 шт.) с микроконтроллерами AT89C51).

Элементы индикации и управления и дискретные датчики насосных агрегатов вынесены на лицевую панель блока В-НА.

Имитатор водосборника предназначен для моделирования процессов, протекающих в реальном водосборнике шахтного водоотлива. Имитатор водосборника реализован при помощи интегратора на основе операционного усилителя. Выходное напряжение усилителя является имитацией заполнения водосборника (уровня воды).

Подачей двух разных напряжений на вход интегратора обеспечивается имитация притока номинального и повышенного. Повышенный приток необходим для моделирования ситуации, при которой один насосный агрегат не справляется с откачкой воды.

Напряжение с выхода интегратора поступает на датчики верхнего (ДВУ) и нижнего (ДНУ) уровня и аналогово-цифровой преобразователь одновременно. Таким образом, в имитаторе водосборника реализованы два дискретных датчика уровня и один непрерывный.

Датчики ДВУ и ДНУ реализованы на компараторах, настройка которых производится с помощью построечных резисторов.

В качестве аналогово-цифрового преобразователя используется микросхема AD7810 – 10-разрядный ADC фирмы Analog Devices, обеспечивающий дискретность 1024 значения уровня. С выхода АЦП цифровые значения уровня в виде последовательного кода передаются в микроконтроллер имитатора водосборника AT89C2051, который обеспечивает передачу от АЦП в ПК результатов измерения уровня (по запросу от ПК).

Сигналы датчиков ДВУ и ДНУ передаются с микроконтроллера имитатора датчика уровня на все микроконтроллеры насосных агрегатов. Они необходимы для того, чтобы система могла функционировать при неисправном верхнем уровне управления – персональном компьютере.

Принципиальная электрическая схема имитатора насосного агрегата и системы управления насосным агрегатом представлена на рис. 2. Имитатор насосного агрегата водоотлива предназначен для моделирования процессов, протекающих в реальном насосном агрегате. Особенности исполнения данного имитатора:

- Датчики положения закрытой и открытой задвижки реализованы на компараторах, собранных на операционных усилителях DA1:2 и DA1:3;

- Все исполнительные элементы, кроме пускателей, представлены устройствами индикации их срабатывания – светодиодами, и установлены на лицевой панели имитатора. Пускатели и высоковольтный выключатель выполнены на электромагнитных реле;

- Датчики аварийных режимов представлены соответствующими кнопками или тумблерами;

- Заполнение или откачка емкости, а также открытие и закрытие задвижки в напорном трубопроводе отображается на двух стрелочных приборах – вольтметрах.

Для индикации состояния элементов системы используются светодиоды HL1-HL11, загорание которых означает:

- HL1 – Включение пускателя заливочного насоса (ПЗН);
- HL2 – Включение пускателя закрытия задвижки (ПЗ –);
- HL3 – Включение пускателя задвижки (ПЗ +);
- HL4 – Включение высоковольтного выключателя (ВВ);
- HL5 – Режим управления «Автомат»;
- HL6 – Режим управления «Ручной»;
- HL7 – Перегрев подшипников (ПП);
- HL8 – Отсутствие потока (ОП);
- HL9 – Сработала электрозащита (СЭЗ);
- HL10 – Заклинивание задвижки (ЗЗ);
- HL11 – Отсутствие давления (ОД).

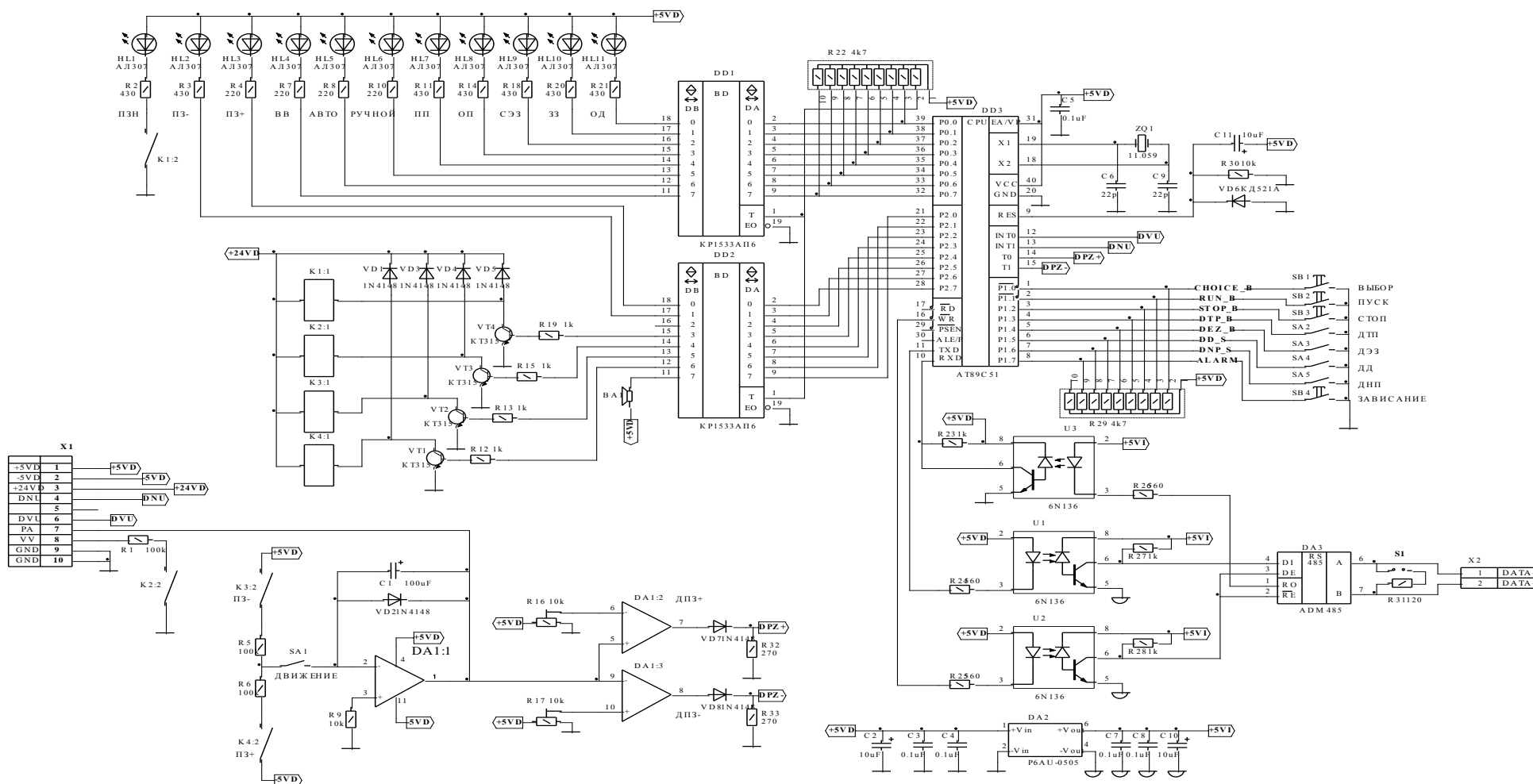


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная имитатора насосного агрегата и системы управления насосным агрегатом

Светодиод HL1 включается через контакт реле K1:2. Для управления светодиодами HL2–HL11 использованы микросхемы DD1 и DD2 типа КР1533АП6, представляющие собой 8-разрядные двунаправленные шинные трансляторы. В цепи светодиодов включены балластные резисторы, предназначенные для ограничения токов через светодиоды и выходы трансляторов.

Для управления реле K1–K4 использованы транзисторы VT1–VT4 и четыре выхода микросхемы DD2. Это сделано для того, чтобы не вывести из строя микросхему высоким напряжением, питающим обмотки реле.

Подача звукового сигнала происходит с помощью зуммера BA1 со встроенным генератором, подключенного к микроконтроллеру. Звук получается подачей микроконтроллером низкого уровня на вход зуммера.

Тактовая частота микроконтроллера задается внешним кварцевым резонатором ZQ1 и составляет 11059 кГц.

Сброс микроконтроллера в начальное состояние происходит с помощью цепочки C11, VD6 и R30.

Имитация дискретных датчиков аварийного режима реализована с помощью тумблеров SA1-SA5, которые выполняют следующие функции:

- SA1 – Включение или отключение движения задвижки для имитации ее заклинивания;
- SA2 – Датчик температуры (перегрева) подшипников (ДТП);
- SA3 – Датчик электрозащиты (ДЭЗ);
- SA4 – Датчик давления заливочного насоса (ДД);
- SA5 – Датчик наличия потока (ДНП) в трубопроводе.

Кнопкой SB1 происходит выбор ручного или автоматического режима. Кнопка SB2 «ПУСК» включает откачку емкости в ручном режиме в любой момент времени. Кнопка SB3 «СТОП» отключает откачку емкости и закрывает задвижку в ручном режиме в любой момент времени.

Кнопка SB4 служит для имитации зависания контроллера насосного агрегата, для отработки внештатной ситуации.

Для имитации работы задвижки на нагнетательном трубопроводе (открывания/закрывания) использован интегратор на основе операционного усилителя DA 1:1. Усилитель охвачен обратной связью, образо-

ванной конденсатором С1, и выполняет математическую операцию интегрирования по времени.

Тумблер SA1 служит для подачи напряжения на вход интегратора, чем обеспечивается имитация возможности движения или заклинивания заслонки. Управление движением задвижки осуществляется микроконтроллером DD3 путем подачи напряжения на обмотки реле К3:1 или К4:1 через транзисторы VT1, VT2 и микросхему DD2.

Контакт реле К3:2 подает положительное напряжение на вход интегратора, обеспечивая увеличение выходного напряжения и имитацию закрывания задвижки ПЗ-, а контакт К4:2 подает напряжение отрицательной полярности обеспечивая уменьшение выходного напряжения и имитацию открывания задвижки ПЗ+.

Напряжение с выхода интегратора движения задвижки поступает на дискретные датчики и ее положения ДПЗ+, ДПЗ-, реализованные на компараторах DA1:2 и DA1:3, настройка которых производится с помощью подстроечных резисторов R16 и R17. С выходов датчиков снимаются сигналы DPZ+ (задвижка открыта) и DPZ- (задвижка закрыта).

Сигналы датчиков подаются на микроконтроллер DD3 типа AT89C51, который управляет всем процессом пуска, останова насоса и по запросу от ПК передает данные о состоянии датчиков и аварийных режимах. Микроконтроллер DD3 связан с командно-информационной сетью через опторазвязку на оптопарах U1, U2, U3 и преобразователь интерфейса RS485 на микросхеме DA3 ADM485. Для питания оптопар и преобразователя интерфейса используется микросхема DA2 – преобразователь питания +5В → +5В с гальванической развязкой. Конденсаторы С2, С3, С4, С5, С7, С8, С10 установлены возле выводов питания всех использованных микросхем для исключения влияния импульсных помех по шинам питания.

Включение высоковольтного выключателя главного насоса имитируется реле К2. Сигнал высокого уровня на включение насоса поступает с микроконтроллера DD3 через микросхему DD2 и транзистор VT3 на обмотку реле К2:1. При этом реле своим замыкающим контактом К2:2 через добавочное сопротивление заземляет вход интегратора, имитирующего работу водосборника, в результате чего емкость в цепи обратной связи имитатора разряжается, а напряжение на его выходе уменьшается. Тем самым имитируется откачка воды из водосборника.



Каждый имитатор насосного агрегата с управляющим микроконтроллером функционально выполнен на одной печатной плате.

Преобразователь интерфейсов RS232/485 размещается в персональном компьютере и предназначен для обмена информацией между ПЛК и ПК по сети RS485.

Преобразователь интерфейсов выполнен как отдельная плата для IBMPC совместимого компьютера, на которой размещены следующие микросхемы:

- а) преобразователь уровней RS232 в TTL;
- б) 3 оптопары;
- в) преобразователь интерфейса RS485.

Плата вставляется в свободный слот ПК и подключается к внешнему разъему СОМ порта компьютера стандартным соединителем DB9 и имеет такой же соединитель для подключения к внешнему устройству, стенду.

## **5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД**

Стенд представляет собой шкаф, в котором размещены персональный компьютер PentiumII и блок имитатора В-НА, связанные между собой разъёмными соединениями.

Работа на стенде проводится в следующем порядке.

1. Соединить элементы стенда согласно рис. 3:

– сетевые кабели (шнуры) монитора и системного блока компьютера и блока имитатора подключить к тройнику-удлинителю. Тройник включить в розетку однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц;

– блок имитатора водосборника и трех насосных агрегатов с управляющими микроконтроллерами (В-НА) подключить к компьютеру с помощью интерфейсного кабеля, один коннектор которого подключается к стандартному разъёму (DB9) на верхней панели блока, а другой – к разъёму платы преобразователя интерфейсов (DB9), установленной на компьютере в слот с задней стороны системного блока.

2. Запустить систему:

– включить ПК (управляющий компьютер оператора насосной установки), нажав кнопку «Сеть» на системном блоке компьютера. Дождаться загрузки операционной системы Windows 98;

– запустить программу управления на рабочем столе Windows 98 и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши значок КСУ ШВ. На мониторе компьютера появится мнемосхема процесса водоотлива;

– включить блок имитатора В-НА тумблером «Сеть» на лицевой панели его корпуса (рис. 4). Свечение тумблера сигнализирует о наличии питания имитатора. На индикаторе уровня воды в водосборнике можно наблюдать увеличение уровня – перемещение стрелки прибора вправо.

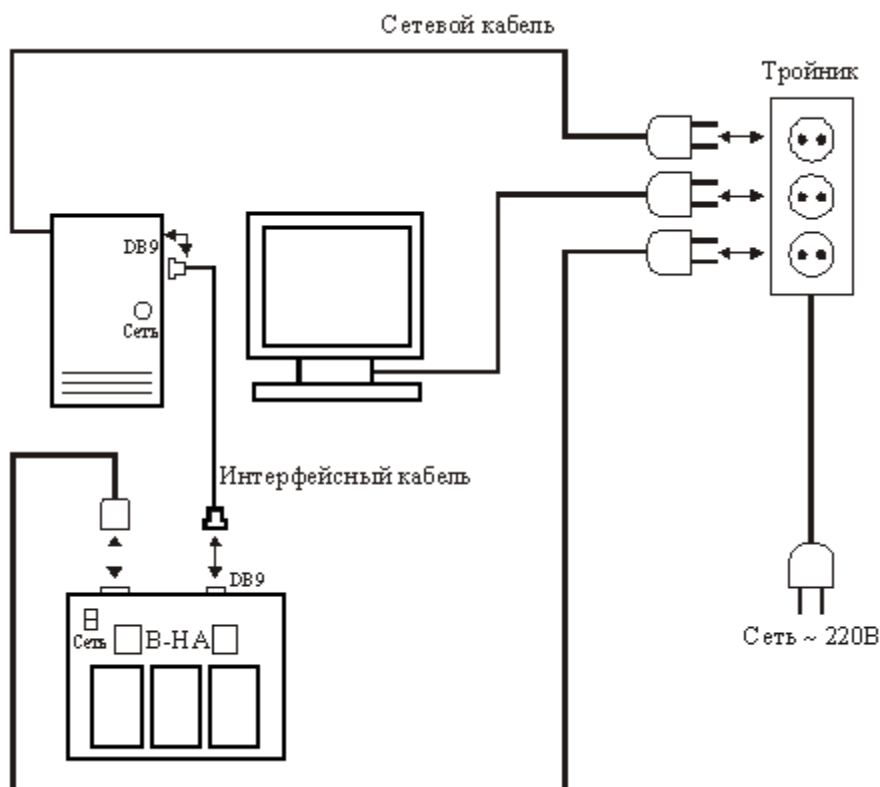


Рис. 3. Схема соединений оборудования стенда системы управления шахтным водоотливом

На рис. 5 представлена передняя панель управления имитатором насосного агрегата (первого), на которой размещены органы управления, сигнальные элементы, датчики (их тумблеры) и световые индикаторы срабатывания исполнительных элементов (пускателей, высоковольтного выключателя).

3. Войти в тестовый режим и проверить работоспособность микроконтроллеров, элементов световой и звуковой сигнализации. Для этого сразу после подачи питания на блок имитатора необходимо

нажать кнопку «Выбор режима» на лицевой панели для любого насосного агрегата. Если питание на имитатор было подано заранее, отключить его тумблером «Сеть» и снова включить, а затем нажать кнопку «Выбор режима». Выбранный управляющий микроконтроллер включит тестовый режим. Друг за другом будут осуществлены следующие операции тестирования:

- отправка в компьютер строки «TEST»;
- проверка работы имитатора задвижки и датчиков положения задвижки ДПЗ+ и ДПЗ–. При этом контроллер будет попеременно посылать сигналы на открывание и закрывание задвижки. Изменение положения задвижки можно наблюдать на стрелочном индикаторе, предварительно подключив его переключателем выбора НА к необходимому насосному агрегату. Срабатывание датчиков конечного положения задвижки фиксируется на экране мнемосхемы (на мониторе ПК);
- проверка работы датчиков верхнего ДВУ и нижнего ДНУ уровня. Галетным переключателем притока воды в водосборник (см. рис. 4) установить нормальный приток. На стрелочном индикаторе будет наблюдаться увеличение уровня. При достижении уровнем воды верхнего значения включается высоковольтный выключатель насоса и начинается уменьшение уровня воды. Включение высоковольтного выключателя отображается на мнемосхеме компьютера (рабочее колесо насоса начинает вращаться), также загорается светодиод «Высоковольтный выключатель главного насоса»;

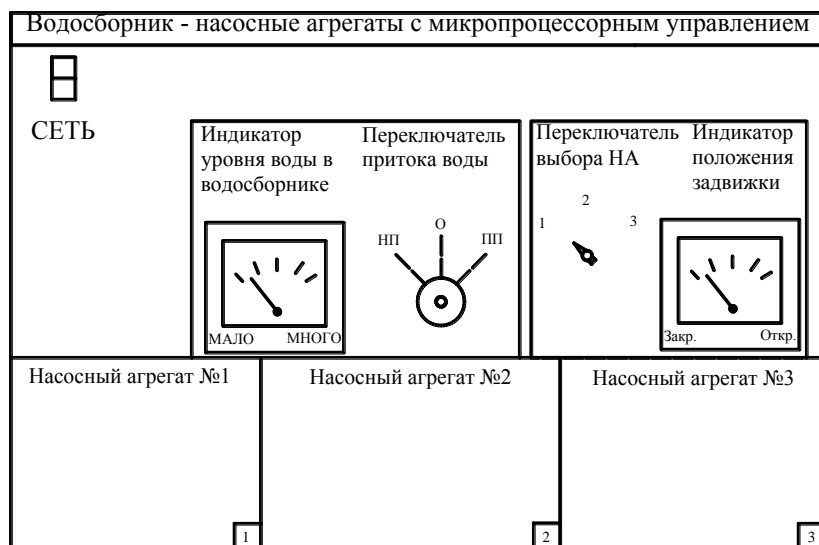


Рис. 4. Лицевая панель блока имитатора водосборника и насосных агрегатов (В-НА):

НП – нормальный приток; ПП – повышенный приток

– проверка работоспособности светодиодов аварийной сигнализации. Наблюдается поочередное включение, а затем отключение светодиодов аварийных режимов красного цвета, расположенных слева на панели насосного агрегата;

– проверка световой и звуковой сигнализации. Происходит поочередное включение и отключение светодиодов отображения текущего режима работы «Местный» и «Автоматический», сопровождающееся звуковым сигналом.



Рис. 5. Передняя панель управления для насосного агрегата

Переход от одной операции тестирования к другой осуществляется нажатием кнопки «Стоп». Начало операции тестирования осуществляется кнопкой «Пуск». Таким образом, если требуется выполнить очередную операцию тестирования нужно нажать кнопку «Пуск», а затем – «Стоп». Если эту операцию необходимо пропустить – сразу нажимается кнопка «Стоп».

4. Проверить работу системы в режиме местного управления. При местном режиме компьютер в управлении не участвует. Компьютер будет выполнять операции визуального контроля и анимации процесса.

На рис. 6 изображен основной экран монитора компьютера (мнемосхема водоотливной установки), на который в любой момент можно также вывести графики изменения во времени уровня воды в водосборнике и нагрузки в энергосистеме путем нажатия на соответствующие кнопки в главном окне мнемосхемы процесса. В основном окне программы изображен водосборник с изменяющимся уровнем воды, заливочный насос, находящийся на дне водосборника, насосные агрегаты, всасывающие и нагнетательные трубопроводы, индикаторы аварийной сигнализации и кнопки «Пуск» и «Стоп» для местного управления каждым насосным агрегатом.

Проверка работы КСУ ШВ осуществляется в следующем порядке:

1. Перевести все контроллеры в местный режим управления нажатием кнопки «Выбор режима» на лицевой панели каждого насосного агрегата. Светодиод «Автоматический» на лицевой панели насосного агрегата погаснет, «Местный» – загорится, на мнемосхеме компьютера у изображения насоса значок компьютера сменится изображением руки. Включение и отключение каждого насосного агрегата производится нажатием кнопок «Пуск» и «Стоп» соответственно.

Перевести все контроллеры в местный режим управления можно также нажатием кнопки «Ручн.» на мнемосхеме процесса (см. рис. 5).

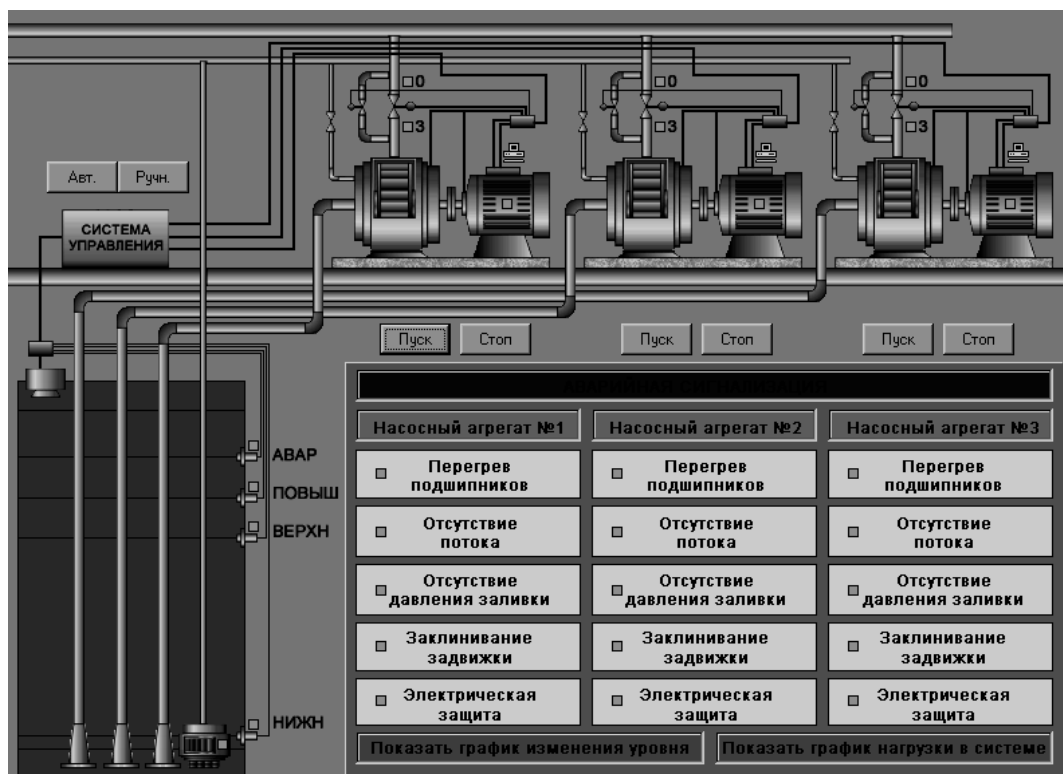


Рис. 6. Мнемосхема процесса водоотлива  
на экране монитора ПК

2. Нажать кнопку «Пуск» на передней панели имитатора для любого насосного агрегата, например первого, переключить галетный переключатель «Задвижка» на выбранный насосный агрегат для отображения положения задвижки данного насоса. Управляющий микроконтроллер НА начнет отработывать алгоритм пуска следующим образом:

- включится пускатель заливочного насоса – на панели загорится светодиод «Пускатель заливочного насоса», на мнемосхеме компьютера начнут крутиться лопасти заливочного насоса. В течение 5с ожидается появление давления заливки насоса. При появлении давления отключится заливочный насос – на панели погаснет светодиод «Пускатель заливочного насоса», а на мнемосхеме водоотливной установки останутся лопасти погружного заливочного насоса;

- включится привод задвижки на нагнетательном трубопроводе на открывание, на панели загорается светодиод «Пускатель задвижки открыть». Начнется открывание задвижки – движение стрелки прибора вправо на лицевой панели. На мнемосхеме справа от изображения задвижки начнет мигать красный огонек. Открытие задвижки ожидается

в течение 10 с. При полном открытии задвижки сработает конечный выключатель – красный огонек на мнемосхеме, справа от изображения задвижки загорится ровным свечением. Привод открывания задвижки отключится – на панели имитатора В-НА погаснет светодиод «Пускатель задвижки открыть», а стрелка индикатора положения задвижки остановится;

- включится пускатель главного насоса, на панели загорится светодиод «Высоковольтный выключатель главного насоса», на мнемосхеме компьютера начинают крутиться лопасти рабочего насоса выбранного насосного агрегата. Ожидается появление номинальной производительности насоса, (срабатывание датчика производительности) в течение 5 с, затем начинается откачка воды. На стрелочном индикаторе водосборника и на мнемосхеме компьютера наблюдается уменьшение уровня.

3. При снижении уровня близком к нижнему значению нажать кнопку «Стоп». При этом система будет вести себя следующим образом:

- включится привод задвижки на нагнетательном трубопроводе на закрывание, на панели загорается светодиод «Пускатель задвижки закрыть». Начнется закрывание задвижки – движение стрелки прибора влево на лицевой панели. На мнемосхеме справа от изображения задвижки начнет мигать зеленый огонек. Закрытие задвижки ожидается в течение 10 с. При полном закрытии задвижки сработает конечный выключатель, зеленый огонек на мнемосхеме справа от изображения задвижки загорится ровным свечением. Привод закрывания задвижки отключится – на панели погаснет светодиод «Пускатель задвижки закрыть», стрелка индикатора положения задвижки остановится в крайнем левом положении;

- отключится высоковольтный выключатель главного насоса, на панели погаснет светодиод «Высоковольтный выключатель главного насоса», на мнемосхеме компьютера остановятся лопасти работавшего насоса, откачка воды прекращается. Если в водосборник по-прежнему поступает вода (например, установлен нормальный приток) начнется увеличение уровня воды, наблюдаемое на индикаторе водосборника и на мнемосхеме компьютера. При увеличении уровня воды примерно до верхнего значения цикл необходимо повторить. Включать можно любой насосный агрегат. При ручном управлении команду на включение



насосного агрегата можно послать и с компьютера путем нажатия кнопки «Пуск» на мнемосхеме, находящейся под изображением выбранного насосного агрегата.

4. Произвести запуск и останов насосного агрегата в соответствии с методикой, изложенной выше, посылая команды на включение/отключение НА с компьютера с помощью кнопок мнемосхемы «ПУСК/СТОП» в режиме управления «Ручн.».

5. Проверить работу системы в автоматическом режиме работы. Для работы в автоматическом режиме необходимо хотя бы один насосный агрегат перевести в автоматический режим путем нажатия кнопки «Выбор режима» на панели насосного агрегата. При этом должен загореться светодиод «Автоматический».

При включенном компьютере сигналы на включение насосных агрегатов подает компьютер в зависимости от уровня воды в водосборнике. Выбор очередного работающего агрегата осуществляется по кольцевой схеме 1-2-3-1-2-... . Номер текущего насосного агрегата показывается на мнемосхеме.

6. Перевести все насосные агрегаты в автоматический режим работы либо с панелей насосных агрегатов кнопками «Выбор режима», либо с компьютера кнопкой «Авт.». Задать номинальный приток переключателем притока воды в водосборнике на лицевой панели имитатора.

Уровень воды начнет увеличиваться, что будет наблюдаться на стрелочном индикаторе уровня воды в водосборнике и мнемосхеме процесса. При достижении уровнем воды верхнего значения сработает звуковая сигнализация, компьютер пошлет на текущий насосный агрегат сигнал на включение. Пуск насоса осуществляется в полном соответствии с алгоритмом, описанным выше при местном режиме управления. При включении насоса начнется откачка воды до нижнего значения. Уровень воды начнет уменьшаться, что будет наблюдаться на индикаторе водосборника и мнемосхеме процесса. При достижении водой нижнего значения компьютер пошлет на текущий насосный агрегат сигнал на отключение. Останов насоса осуществляется в полном соответствии, с алгоритмом описанным выше при местном режиме управления. В качестве текущего будет выбран следующий по номеру исправный насосный агрегат. При следующем достижении уровнем

воды верхнего значения цикл работы повторится. Будет включен следующий насосный агрегат, теперь являющийся текущим.

7. Установить галетным переключателем потока на лицевой панели имитатора водосборника повышенный приток.

Будет наблюдаться гораздо более быстрое увеличение уровня воды в водосборнике. При достижении уровнем воды верхнего значения произойдет включение текущего насосного агрегата. Однако уменьшение уровня воды не последует, он будет продолжать увеличиваться, хотя более медленно. Один насос не будет справляться с повышенным притоком. При достижении повышенного уровня воды сработает сигнализация, произойдет включение дополнительного насоса. Уровень воды начнет уменьшаться.

8. При снижении уровня до середины между верхним и нижним значениями вновь установить номинальный приток. Дополнительный насосный агрегат отключится. Дальше откачку воды продолжит только текущий насосный агрегат.

При приближении максимума нагрузки (утреннего в 8 ч или вечернего в 20 ч) сигнал на включение насоса будет выдан, не дожидаясь заполнения водосборника до верхнего уровня, для откачки воды к наступлению максимума. При этом на экране компьютера появится соответствующее предупреждение, сопровождаемое звуковым сигналом. В периоды максимальной нагрузки энергосистемы с 8 до 9 ч и с 20 до 21 ч компьютер будет выдавать запрет на включение насосных агрегатов даже при достижении уровнем воды верхнего значения.

9. Проверить работу системы в аварийных ситуациях. Аварийная ситуация возникает при срабатывании одного из датчиков. Ввод неисправности осуществляется с помощью тумблеров, расположенных в центральном столбце лицевой панели имитатора насосного агрегата в следующем порядке:

– тумблер «Давление заливки» установить в положение «Нет давления». При отсутствии давления во время пуска насоса через 5 с после включения заливочного насоса сработает аварийная звуковая сигнализация, привод ПЗН отключится, загорается светодиод аварийной сигнализации в левом столбце панели «Отсутствие давления заливки», загорится аналогичное окно на мнемосхеме компьютера. Для выхода из аварийного режима следует нажать кнопку «Стоп» и снять введенную неисправность. Если система функционировала в автоматическом ре-

жиме, компьютер автоматически введет в работу резервный насосный агрегат. Остальные защиты работают аналогично;

- тумблер «Задвижка» установить в положение «Заклинивание». При заклинивании задвижки в процессе открывания или закрывания движение задвижки прекращается. Через 10 с сработает сигнализация, загорится светодиод на панели имитатора и индикатор на мнемосхеме «Заклинивание задвижки»;

- тумблер «Производительность» установить в положение «Нет потока». При исчезновении потока во время пуска или работы сработает сигнализация, загорится светодиод на панели имитатора и окно на мнемосхеме «Отсутствие потока». Контроллер перейдет в режим аварийного останова насосного агрегата;

- тумблер «Температура подшипников» установить в положение «Перегрев». При перегреве подшипников во время работы насоса сработает сигнализация, загорится светодиод на панели и окно на мнемосхеме «Перегрев подшипников». Контроллер перейдет в режим аварийного останова насосного агрегата;

- тумблер «Электрическая защита» установить в положение «Срабатывание». При срабатывании электрозащиты во время работы насоса сработает сигнализация, загорится светодиод на панели и окно на мнемосхеме «Срабатывание электрозащиты». Контроллер перейдет в режим аварийного останова насосного агрегата.

После окончания работы необходимо отключить и разобрать стенд в следующем порядке:

- отключить питание блока имитатора тумблером «Сеть»;
- отключить программу управления, нажав на клавиатуре компьютера клавишу Esc;
- выключить ПК, щелкнув на рабочем столе компьютера кнопки Пуск → Завершение работы → Выключить компьютер;
- отсоединить блок имитатора В-НА от компьютера;
- отключить питание стенда от сети;

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Поясните принцип распределенного управления главной водоотливной установкой шахты.

2. Назовите основные функции контроля и управления, реализуемые КСУ ШВ.
3. Достоинства компьютерного управления шахтным водоотливом по сравнению с аппаратным управлением, реализуемым типовыми системами автоматизации водоотливных установок.
4. Поясните работу алгоритма локального управления насосным агрегатом.
5. Как работает алгоритм управления водоотливной установкой?
6. Какими средствами имитируется функционирование водосборника и насосных агрегатов?
7. Каким образом представлены в системе аналоговые датчики уровня и положения задвижек?
8. Какими средствами имитируются в блоке В-НА дискретные датчики состояния и пусковая аппаратура насосных агрегатов?
9. Назначение и устройство преобразователя интерфейсов RS232/485.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Медведев А. Е. Программное обеспечение приборов и систем управления: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс]: для студентов специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов / А. Е. Медведев; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2009. – 87 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=499>.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИЕЙ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия компьютерной системы управления конвейерной линией (КСУ КЛ), выполненной на базе микропроцессорных контроллеров и персонального компьютера.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с конструкцией стенда, расположением в нем элементов системы, с устройством имитатора конвейерной линии.

2.2. Рассмотреть алгоритмы управления, контроля и защиты конвейеров.

2.3. Изучить принципиальную электрическую схему (ПЭС) системы управления конвейером.

2.4. Провести стендовые испытания КСУ КЛ.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Структура и функции КСУ КЛ.

3.2. Алгоритмы управления, контроля и защиты конвейеров.

3.3. ПЭС системы управления конвейером.

3.4. Результаты стендовых испытаний системы.

## **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КСУ КЛ**

### **4.1. Структура и алгоритмы системы**

Система управления конвейерной линией (рис. 1) является распределенной, двухуровневой.

Верхний уровень управления представлен персональным компьютером Pentium.

Нижний уровень управления реализуется программируемыми логическими контроллерами ПЛК, верхний – персональным компьютером ПК Pentium.

Каждый ПЛК получает сигналы от датчиков скорости ДС, схода ленты ДЛ, завала места перегрузки ДЗ, экстренного останова ДО, кнопок местного управления КУ1 (пуск), КУ2 (стоп), переключателя ВР выбора режима управления (ручной или автоматический) и персонального компьютера ПК.

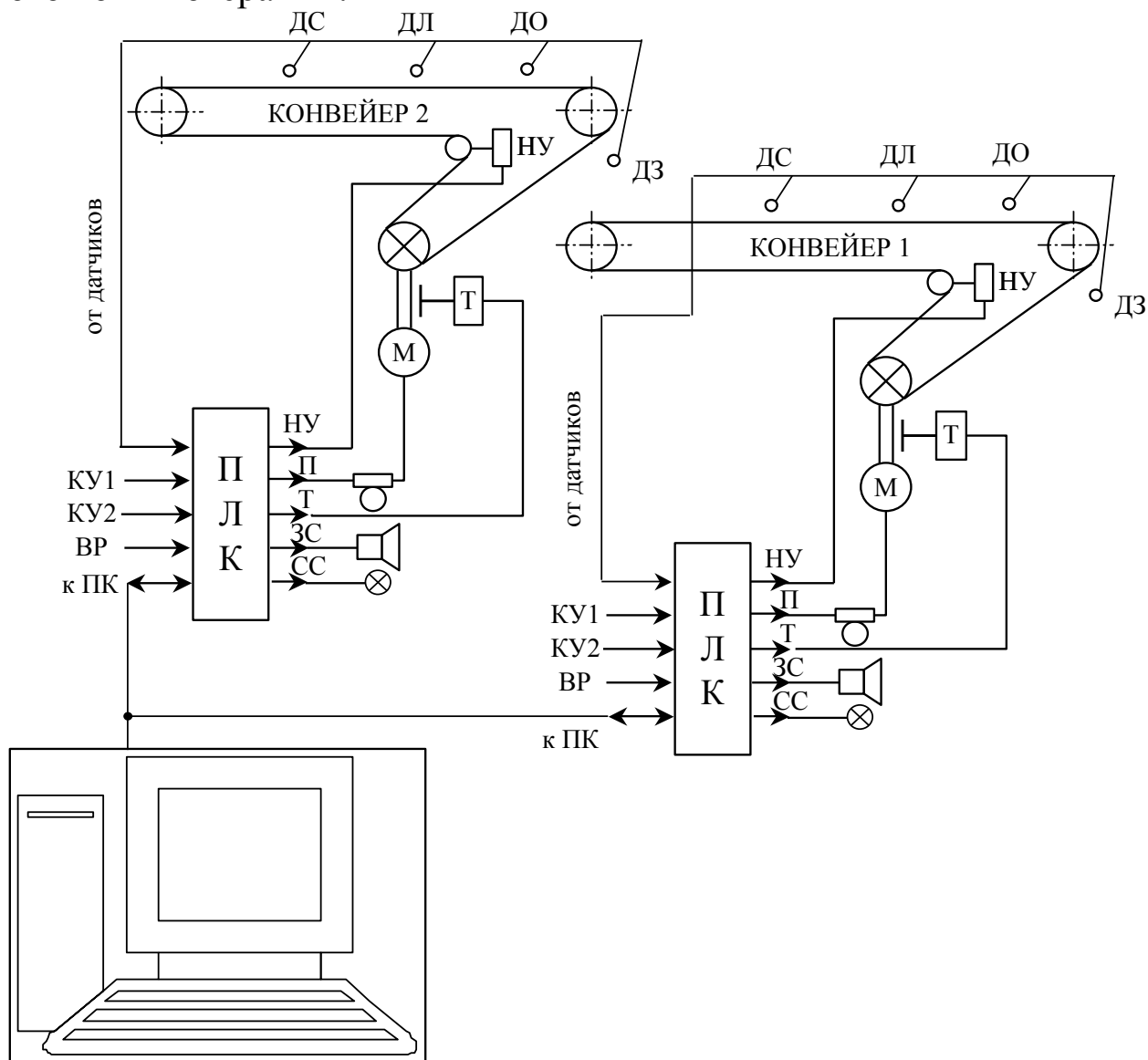


Рис. 1. Структурная схема КСУ КЛ

На выходе ПЛК формируются сигналы управления пускателем П, тормозом Т, натяжным устройством НУ, звуковой ЗС и световой СС сигнализацией.

На верхнем уровне управления (ЭВМ) решаются задачи комплексного контроля и координации транспортного процесса, оперативного управления работой конвейерной линии.

КСУ КЛ обеспечивает выполнение следующих требований:

#### 1. Управление

Автоматическое управление пуском/остановом конвейеров в функции скорости с корректировкой по времени.

Выбор режима управления («Авт», «Руч»);

Экстренный останов конвейерной линии с любой точки трассы по команде эксплуатационного персонала;

Автоматическое управление натяжным устройством каждого конвейера при пуске по закону, показанному на рис. 2. Натяжение ленты на время пуска увеличивается на 30–50 %.

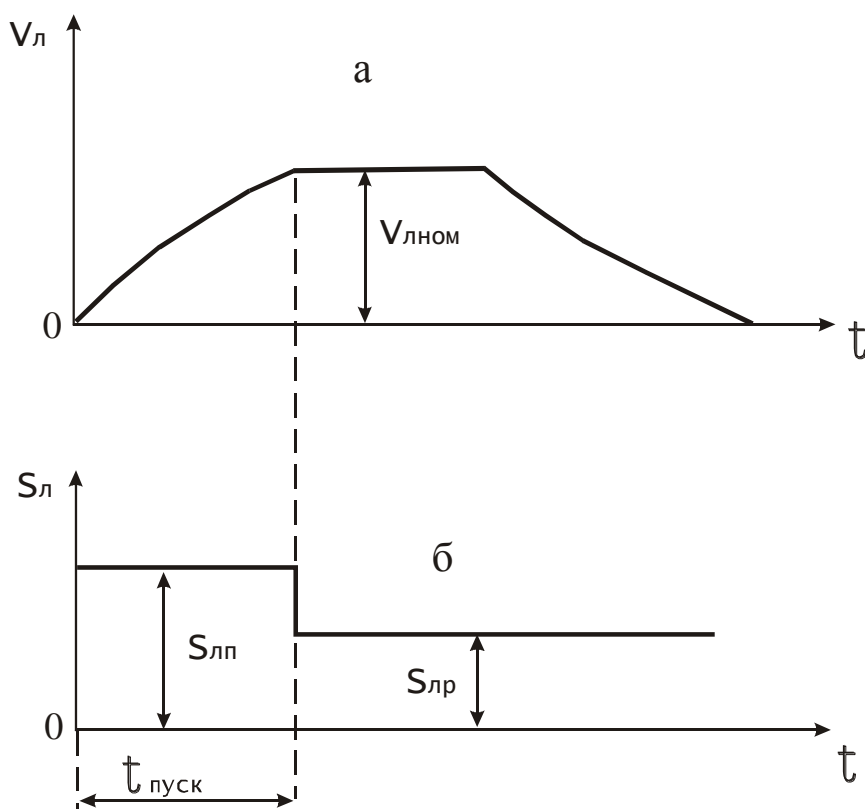


Рис. 2. Диаграммы изменения скорости (а) и натяжения (б) ленты:  
 $V_{л ном}$  – номинальная скорость движения ленты;  $S_{лп}$ ,  $S_{лр}$  – натяжение  
ленты при пуске и работе;  $t_{пуск}$  – время разгона конвейера  
до номинальной скорости

Автоматическое управление тормозом каждого конвейера при пуске и останове по закону, изображенному на рис. 3. Состояние тормоза изменяется при достижении лентой скорости 5–10 % от номинальной (при скорости ниже указанной тормоз включается).

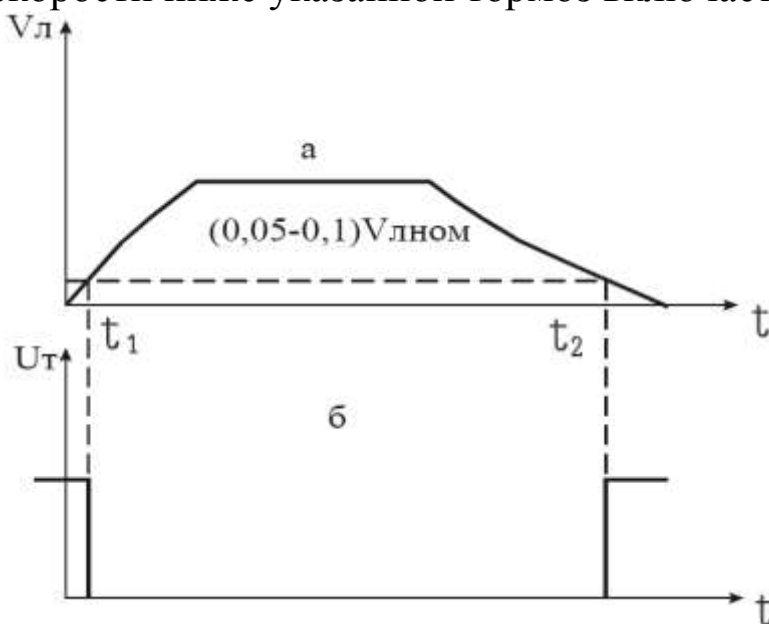


Рис. 3. Диаграммы изменения скорости ленты (а) и управления тормозом (б)

2. Автоматическая защита путем отключения аварийного конвейера и всех последующих за ним (в направлении против грузопотока) при завале места перегрузки, сходе ленты, снижении скорости ленты на 25 % от номинального значения, обрыве ленты, затянувшемся пуске любого из конвейеров.

3. Контроль, сигнализация, индикация:

3.1. Непрерывное измерение скорости ленты каждого конвейера.

3.2. Индикация на экране монитора величины скорости, режима управления, состояния конвейера, причин и мест срабатывания защит.

3.3. Контроль выдержки времени звучания предупредительной и аварийной сигнализаций, времени пуска конвейера.

3.4. Предупредительная звуковая сигнализация по линии перед ее включением либо пуском любого из конвейеров.

3.5. Световая и звуковая сигнализация о срабатывании защиты на любом конвейере.

Алгоритмы управления, контроля и защиты для отдельного конвейера линии, отвечающие вышеизложенным требованиям, представлены на рис. 4, 5, 6.



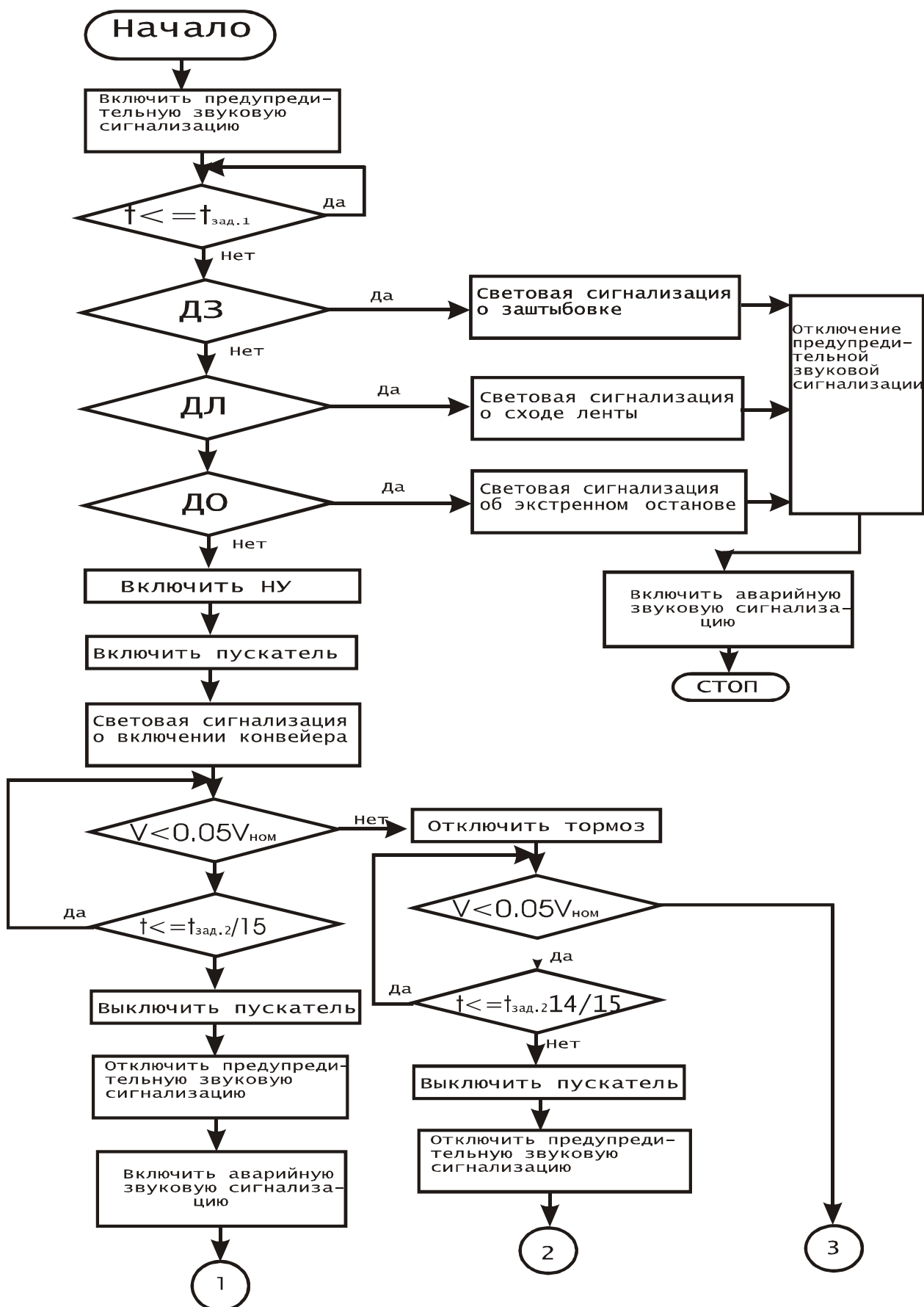


Рис. 4. Алгоритм локального управления пуском конвейера

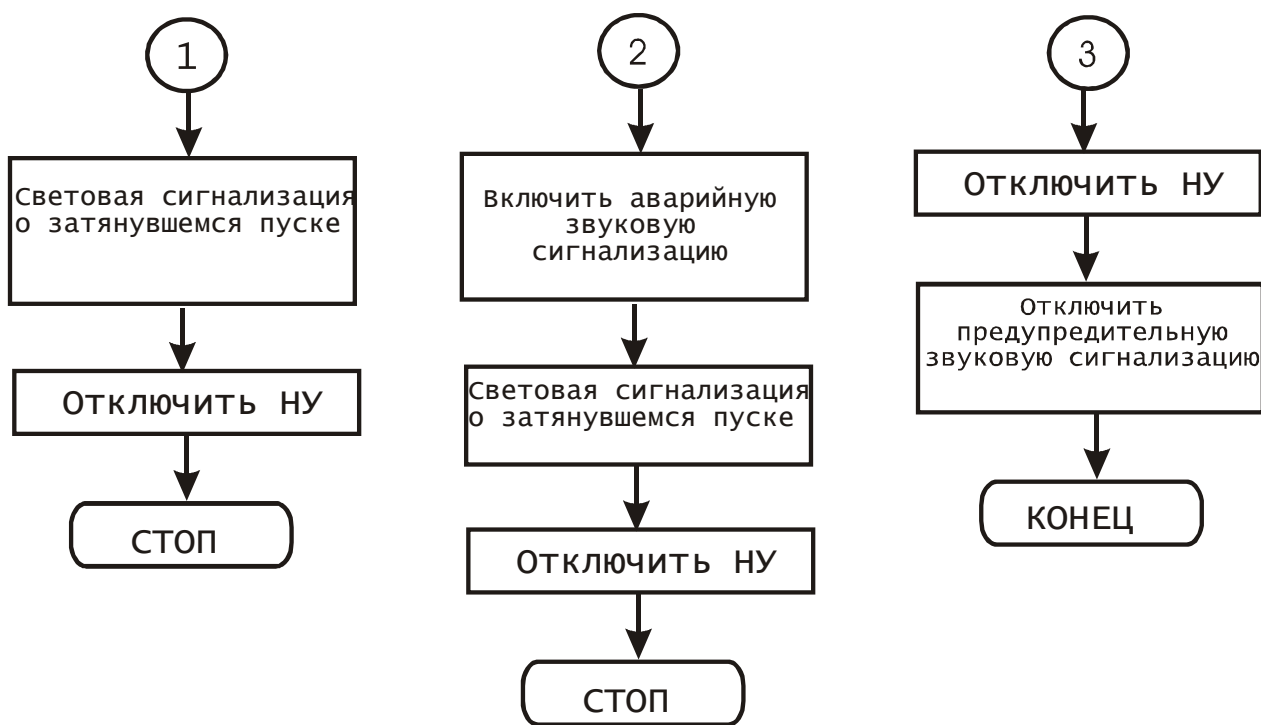


Рис. 4. (Продолжение)

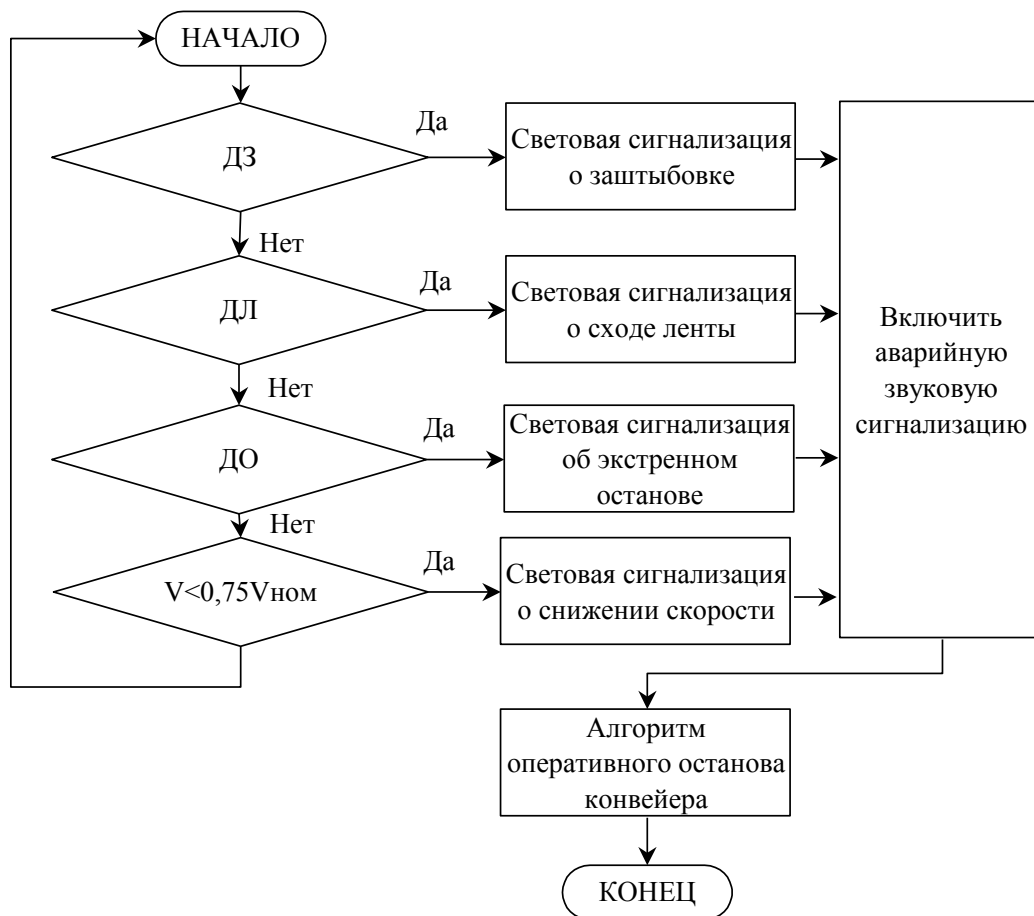


Рис. 5. Алгоритм автоматического контроля и защиты



Рис. 6. Алгоритм останова конвейера

Алгоритм управления, контроля и защиты конвейерной линии может быть представлен соответствующими блоками, являющимися алгоритмами управления, контроля и защиты отдельных конвейеров.

Алгоритмы работы программы контроллера приведены далее. На рис. 7 представлен алгоритм предварительных установок. Он осуществляет установку исполнительных устройств в надлежащее состояние при включении питания, т. е. включает тормоз, отключает пускатель и натяжное устройство, зажигает соответствующие светодиоды в случае, если какие-либо имитированные датчики активны. Контроллер выходит из подпрограммы предварительных установок при нажатии кнопки «Пуск» либо «Стоп».

При нажатии кнопки «Пуск» микроконтроллер отрабатывает алгоритм пуска, представленный на рис. 8. При возникновении каких-либо аварийных ситуаций микроконтроллер выполняет действия, определенные алгоритмом, и выходит в алгоритм предварительных установок. Если же все условия пуска соблюдаются, микроконтроллер переходит к алгоритму автоматического контроля и защиты, изображенному на рис. 9.

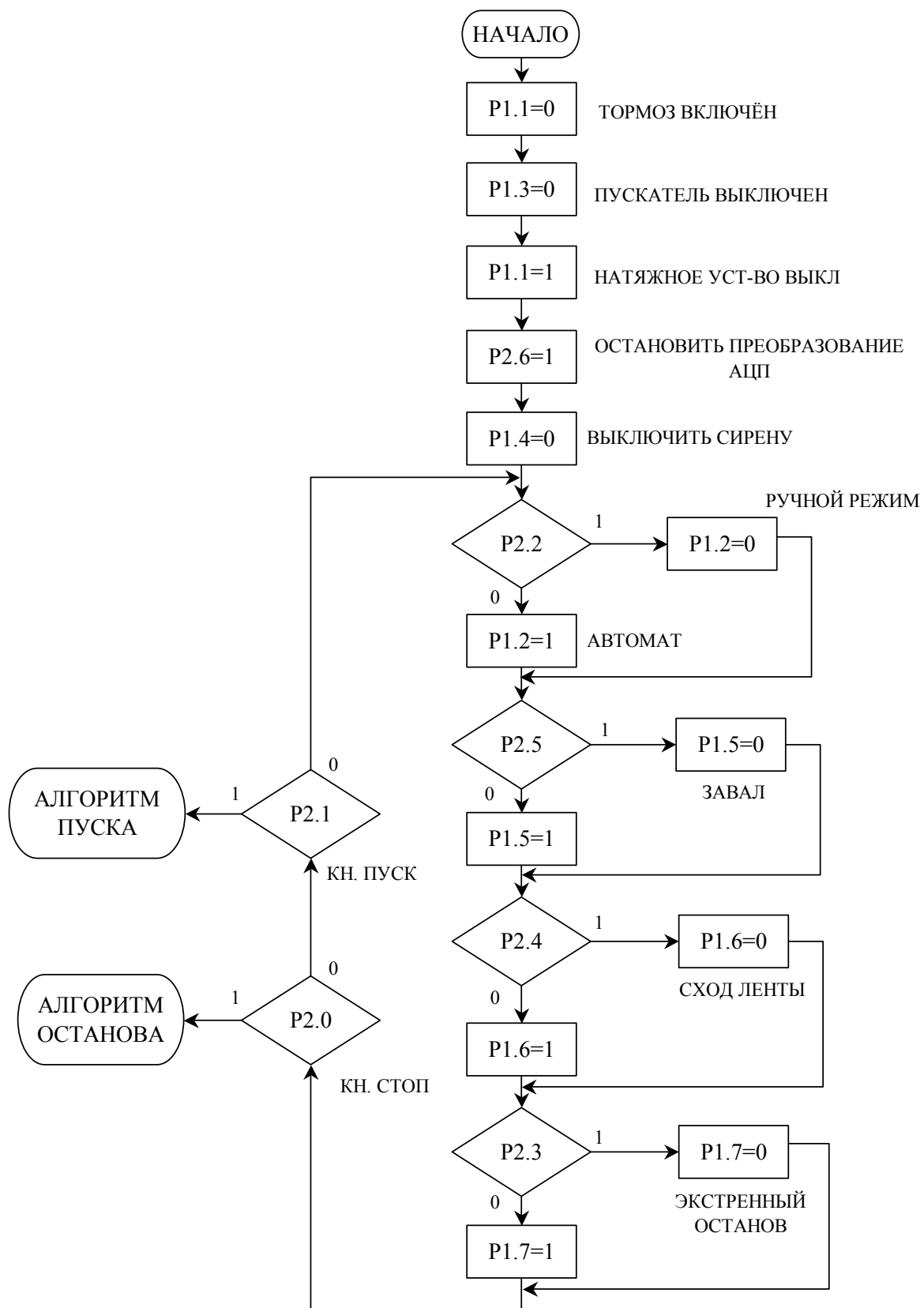


Рис. 7. Алгоритм предварительных установок



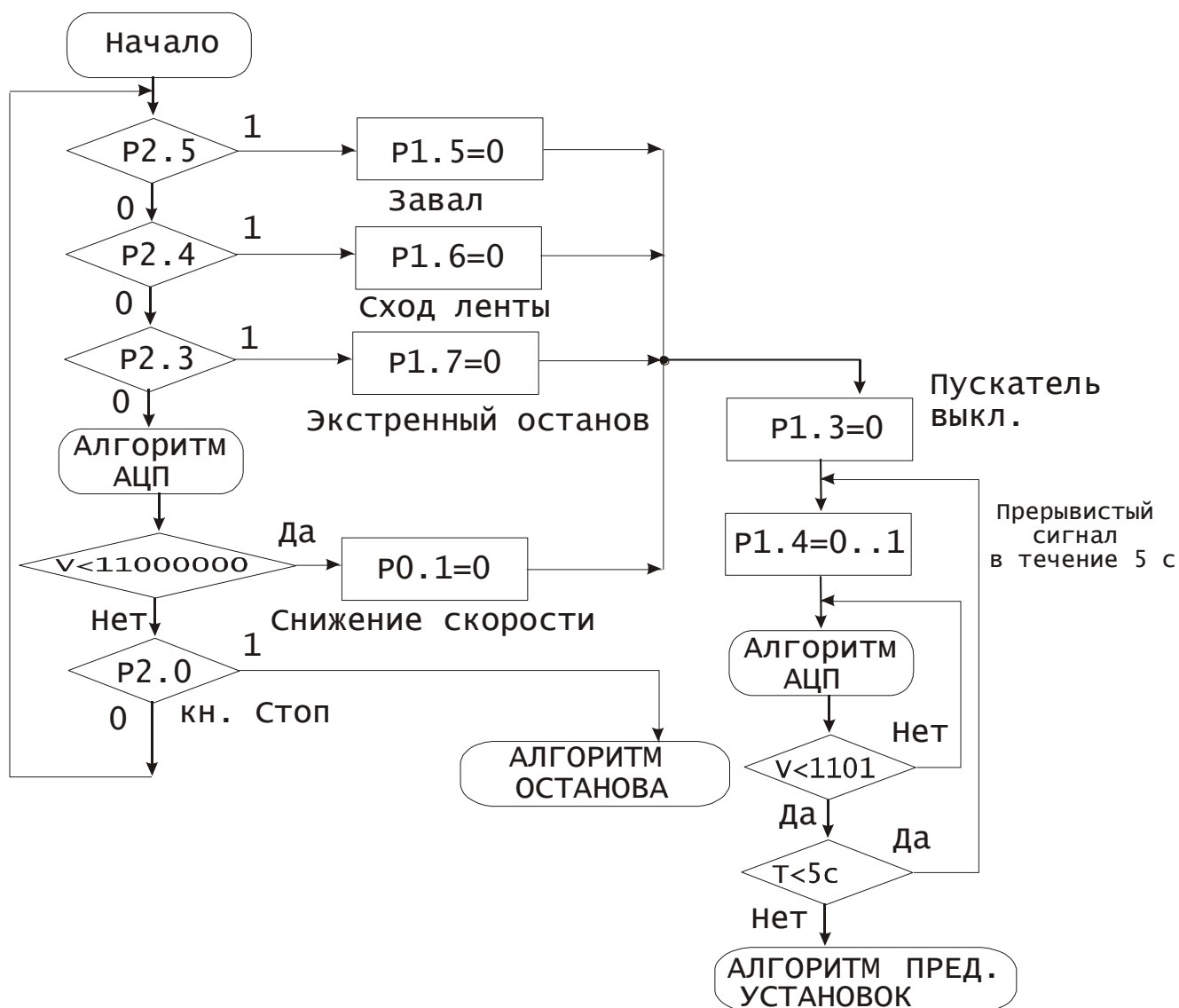


Рис. 9. Алгоритм автоматического контроля и защиты

Здесь производится контроль состояния датчиков завала, схода ленты и экстренного останова, чтение сигнала датчика скорости через АЦП и в случае аварийного режима включение аварийной звуковой и световой сигнализации и переход к алгоритмам останова и предварительных установок.

Алгоритмы чтения АЦП и останова конвейера представлены на рис. 10.

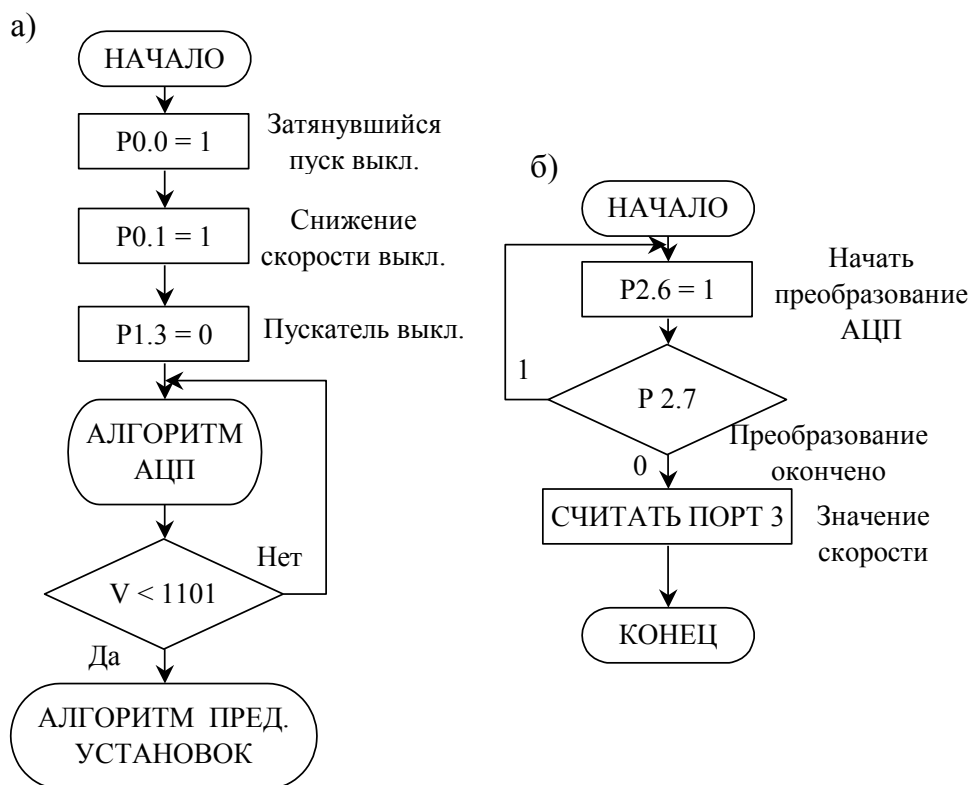


Рис. 10. Алгоритмы останова (а) и чтения АЦП (б)

В соответствии с приведенными выше алгоритмами составлена программа работы контроллера на языке программирования «С» в среде «Phiton». Последняя позволяет программировать различные типы контроллеров на семи различных языках, дает возможность работы с эмулятором контроллера для отладки программы.

Текст программы в связи с его большим объемом здесь не приводится.

## 4.2. Технические средства системы

### 4.2.1. Программируемый логический контроллер

Функции ПЛК в системе выполняет микроконтроллер АТ 89С51. Последний имеет следующие основные особенности:

- 8-разрядный процессор, оптимизированный для задач управления;
- широкие возможности побитовой обработки информации;

- встроенная FLASH – память программ;
- встроенная оперативная память;
- двунаправленные и индивидуально адресуемые линии ввода-вывода;
- 16-разрядные таймеры/счетчики (один или несколько);
- полнодуплексный UART;
- разветвленная структура прерываний;
- встроенный тактовый генератор;
- экономичные режимы IDLE и POWERDOWN;
- последовательный интерфейс SPI (AT 89S).

Для обеспечения экономии потребления энергии микроконтроллер имеет два программно-управляемых режима работы с пониженной мощностью: а) в режиме IDLE процессор включен, а оперативная память и встроенные периферийные устройства функционируют; б) в режиме POWERDOWN все устройства контроллера выключены, однако данные в оперативной памяти сохраняются.

Внешняя память данных может иметь объем до 64 Кбайт. Адресуется она так же, как и память программы, 8- или 16-разрядными адресами. Внутренняя память данных имеет объем 256 байтов.

Длительность машинного цикла контроллера при тактовой частоте 12 МГц составляет 1 мкс. Команда программы может быть выполнена в течение одного или нескольких машинных циклов.

Микроконтроллер может иметь 5 источников прерываний: 2 внешних прерывания, 2 прерывания по таймеру и прерывание от последовательного порта.

Последовательный порт контроллера – полнодуплексный, с буфером приемника. При тактовой частоте 12 МГц последовательный порт обеспечивает скорость обмена до 1 МБод.

Адресация портов микроконтроллера AT 89C51 показана на рис. 11. На этом микроконтроллере можно организовать 4 порта ввода-вывода, используя выходы 10–17 в качестве четвертого порта. Использование портов контроллера в системе управления показано на рис. 13.



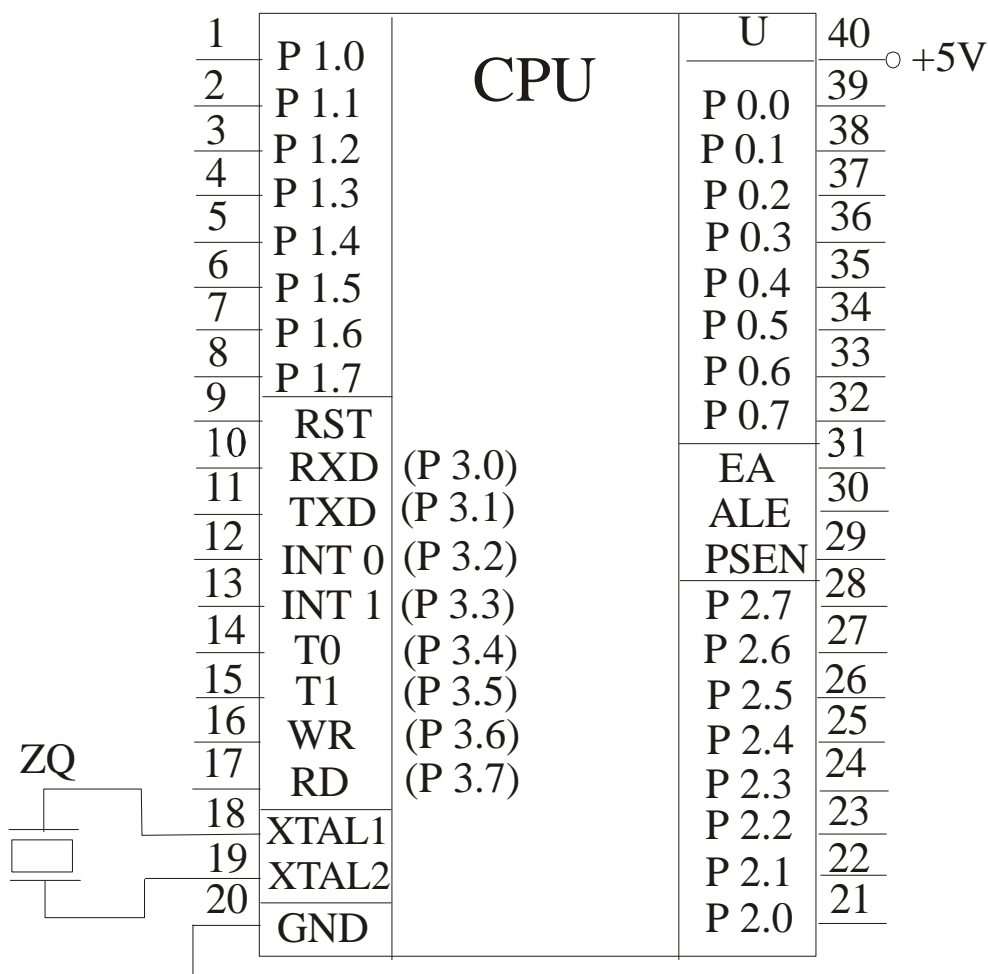


Рис. 11. Контроллер АТ 89С51 (адресация портов)

#### 4.2.2. Имитатор конвейерной линии

Имитатор предназначен для моделирования процессов, протекающих в реальной конвейерной линии.

Каждый конвейер представляется совместно с датчиком скорости одноемкостным звеном (RC-цепью) с передаточной функцией

$$W_{\text{к-дс}} = \frac{K}{T_p + 1}.$$

Время разгона конвейера принимается равным  $t_p \approx 3T$ , где  $T = RC$ .

Исполнительные элементы представлены следующим образом: пускатель – электромагнитным реле, натяжное устройство и тормоз – светодиодами зеленого свечения, сирены – зуммерами, представляющими собой сегнетоизлучатели со встроенными генераторами звуковой частоты.

Датчики завала, схода ленты, экстренного останова и затянувшегося пуска представлены выключателями-тумблерами.

Аварийная сигнализация о завале, сходе ленты, экстренном останове, затянувшемся пуске и снижении скорости осуществляется соответствующими светодиодами красного свечения.

Имитатор имеет приборное исполнение. Габаритные размеры корпуса 480×210×480 мм. Элементы управления (кнопки, переключатель режима управления), датчики-тумблеры, исполнительные и сигнальные элементы (светодиоды) размещены на лицевой панели имитатора (рис. 12).

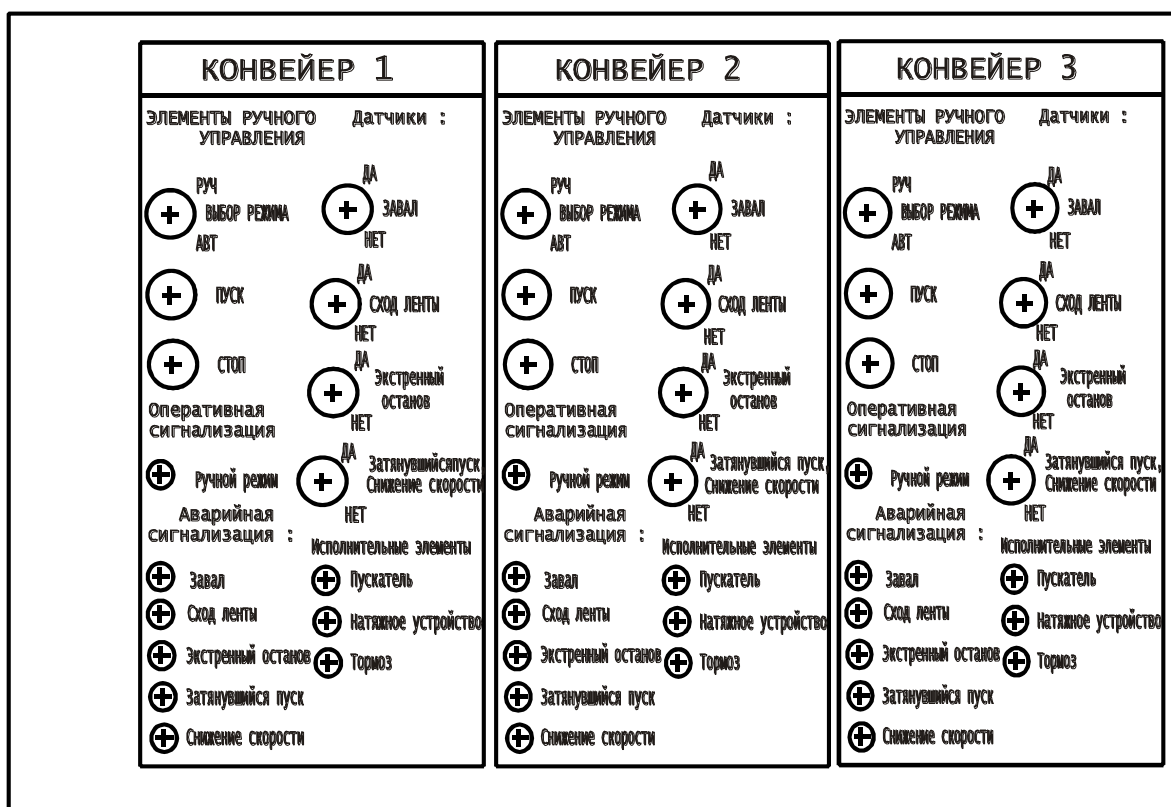


Рис. 12. Лицевая панель имитатора конвейерной линии

В корпусе имитатора расположены также блоки питания, АЦП для преобразования аналоговых сигналов датчиков скорости в цифровые, микроконтроллеры.

Элементы лицевой панели соединены с контроллерами через разъемы. Блок питания выполнен на отдельной печатной плате и соединен с функциональными блоками отдельными проводниками. АЦП собраны на отдельной плате печатным способом и соединены с контроллерами неразъемными шлейфами.

Контроллеры собраны на макетных платах, что позволяет легко изменять конфигурацию схемы при сборке и наладке.

Соединение с компьютером осуществляется через стандартный разъем COM порта (PIN 9).

#### **4.2.3. Система управления конвейером**

Принципиальная электрическая схема (ПЭС) системы управления конвейером приведена на рис. 13. Система реализована на базе микроконтроллера AT 89C51. Светодиоды VD48, VD49, VD50, VD51, VD52, VD54, VD55, VD56, VD57 индицируют, соответственно, завал, сход ленты, экстренный останов, затянувшийся пуск, снижение скорости, ручной режим, натяжное устройство включено, тормоз включен, пускатель включен.

Для усиления сигнала микроконтроллера служат буферные усилители DD14, DD15, которые представляют собой микросхемы с открытым коллектором серии DN7407 (отечественный аналог К155ЛП1). В цепи светодиодов включены балластные сопротивления R63–R70, предназначенные для ограничения токов через светодиоды и буферные усилители.

Пускатель конвейера имитирует реле К5, которое при включении своим контактом К5.2 подключает к питанию светодиод VD57, сигнализирующий о включенном состоянии, а другим контактом К5.1 подключает цепь R90 – C20 (конвейер – датчик скорости) к стабилизированному напряжению +4,7 В. Реле подключается к питанию +12 В при открытии транзистора VT5. Диод VD53 служит для исключения тока обратной полярности через реле и гашения перенапряжений при коммутации.

Стабилизированное питание +4,7 В обеспечивает цепь, образованная стабилитроном VD71 и резисторами R88, R89, подключенная к источнику +12В.

Имитация плавного снижения скорости конвейера реализована следующим образом: при отключении реле К5 посредством транзисторного ключа VT7 включается реле К6, которое своими контактами К6.1 подключает конденсатор C20 к резистору R87, вызывая тем самым его плавный разряд.



Имитация затянувшегося пуска или снижения скорости осуществляется при включении тумблера SA15. Происходит подключение резистора R91 к резистору R90, образуется делитель напряжения, и напряжение на конденсаторе не достигает максимального значения, соответствующего номинальной скорости ленты конвейера.

Подача звукового сигнала происходит при появлении сигнала на выводе 8 микросхемы 0015. При этом открывается транзистор VT6 и подключает зуммер HA2 к напряжению +5В.

Сигнал с датчика скорости (с конденсатора C20) подается через резистор R93 на вход АЦП, выполненного на микросхеме DA3 (КМП880 ПВ1). По принципу действия последняя реализует АЦП последовательного приближения. Согласно паспорту на микросхему при запуске цикла преобразования вход ее не должен быть закорочен либо заземлен, поэтому между 16-м и 17-м выводами включен высокоомный резистор R93. Схема АЦП имеет встроенный генератор опорного напряжения, поэтому 5 вывод замкнут на 12-й и через конденсатор C18 на корпус. Конденсатор C18 служит для защиты от высокочастотных помех. Цепь R95 – C19 – VD72 образует задающий тактовый генератор. Данное АЦП является 13-разрядным. Диапазон изменения входного сигнала от –10 В до +10 В.

В системе используются только 8 разрядов (с  $2^3$  до  $2^{10}$ ) в области положительных значений. В связи с этим, для исключения появления на выходе АЦП высших разрядов при нарастании входного сигнала, уровень последнего ограничивается стабилизированным значением 4,7 В. АЦП запускается при подаче с 27-го вывода микроконтроллера строб-импульса длительностью 2 мкс. Цикл преобразования длится до 70 мкс. По завершении цикла на 28-ом выводе АЦП появляется сигнал низкого уровня, означающий конец преобразования. Двоичный код скорости записывается в третий порт микроконтроллера, образуемый входами 10-17.

Цепь C17 – R92 предназначена для сброса состояний микроконтроллера при включении питания. Конденсатор C21 служит для защиты от высокочастотных помех.

Сигналы от кнопок «Пуск», «Стоп» и датчиков подключаются к порту P2 микроконтроллера через специальные цепи, которые защищают микроконтроллер от статического электричества.

Рассмотрим принцип действия защитных цепей на примере цепи R74 – R75 – VD58 – VD59. При появлении пика напряжения выше 5В открывается диод VD58, цепь замыкается через конденсатор блока питания, и напряжение гасится на резисторе R74. Если же на входе появляется пиковое напряжение отрицательной полярности, то открывается диод VD59, цепь также замыкается через конденсатор блока питания, и напряжение гасится на резисторе R75. Резистор R75 предназначен для установки в 0 порта P2 микроконтроллера при отсутствии входного сигнала (при отсутствии этого порт находится в неустойчивом состоянии, и на нем может появиться как логический 0, так и логическая 1).

Кнопки и тумблеры, подключенные к порту P2 микроконтроллера, имеют следующее назначение: SB5 – «Пуск», SB6 – «Стоп», SA11 – ручной/автоматический режим, SA12 – завал, SA13 – сход ленты, SA14 – экстренный останов.

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд представляет собой контейнер, в котором размещены имитатор конвейерной линии (ИКЛ) и персональный компьютер PentiumII. Последние связаны между собой разъемными соединениями.

Персональный компьютер включает в свой состав системный блок (СБ), мышь, клавиатуру и монитор.

Работа на стенде проводится в следующем порядке:

1. Открыть контейнер, вставить вилки питания в напольные розетки. Кнопкой 3 на распределительном шкафу включить контактор и подать тем самым на стенд напряжение питания.

2. Включить питание ИКЛ, СБ и монитора соответствующими выключателями.

3. Выбрать на рабочем столе монитора значок КСУ КЛ (компьютерная система управления конвейерной линией) и щелкнуть 2 раза левой кнопкой мыши. Появится на экране монитора диалоговое окно КСУ КЛ.

4. Проверить функционирование локальной системы управления конвейером 3. Для этого на лицевой панели ИКЛ в зоне «Конвейер 3» установить датчики в положение «Выкл», выбрать режим управления «Руч» и нажать кнопку «Пуск»: появится предупредительный звуко-

вой сигнал, включатся пускатель и натяжное устройство, отключится тормоз, т. е. произойдет пуск конвейера. Останов конвейера осуществляется кнопкой «Стоп».

Для проверки действия защиты при работе конвейера включить любой датчик: появится прерывистый звуковой сигнал, отключится пускатель, наложится тормоз и загорится соответствующий светодиод красным цветом, сигнализируя причину аварийного отключения конвейера.

5. Проверить функционирование централизованной системы управления конвейерами 1 и 2. Для этого установить на ИКЛ датчики этих конвейеров в положение «Выкл», переключатели режимов – в положение «Авт».

Нажать кнопку «Пуск» конвейера 1 или 2 на панели ИКЛ: появится предупредительный звуковой сигнал; затем включатся последовательно в работу конвейеры 1, 2. В диалоговом окне КСУ КЛ придут в движение изображения конвейеров 1 и 2 (анимация действия КЛ). Сигнальные элементы «Пускатель» на экране и панели зажгутся зеленым светом. Изменение скорости конвейеров при пуске покажут соответствующие указатели в диалоговом окне.

Кнопкой «Стоп» на любом конвейере ИКЛ можно отключить конвейерную линию.

Для проверки действия защиты следует включить любой датчик конвейеров 1 или 2 на панели ИКЛ: появятся прерывистый звуковой сигнал, надпись на экране «Линия остановлена», индикация красным цветом аварийной остановки. Указатели покажут снижение скорости до нуля.

6. Подготовить систему для повторного пуска. Для этого следует отключить аварийный датчик и нажать кнопку «Стоп» (квитировать срабатывание защиты) на панели ИКЛ.

7. Завершить работу на стенде. Для этого следует отключить ПК: щелкнуть мышью на панели «Выход из программы» в окне КСУ КЛ, щелкнуть кнопку «Пуск» на рабочем столе компьютера, выбрать меню «Завершение работы» и щелкнуть «Да» в этом меню. На экране появится надпись «Теперь питание компьютера можно отключить». После этого можно отключить питание СБ, монитора и ИКЛ их выключателями и закрыть контейнер. Следует также вынуть вилки из розеток и отключить контактор 3 в распределительном шкафу.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните принцип распределенного управления конвейерной линией.
2. Назовите функции управления, реализуемые КСУ КЛ.
3. Назовите функции автоматического контроля и защиты КСУ КЛ.
4. Как работает алгоритм управления пуском конвейера?
5. Как работает алгоритм контроля и защиты?
6. Как работает алгоритм предварительных установок? Его назначение.
7. Назначение и устройство имитатора конвейерной линии.
8. Назначение и адресация портов микроконтроллера AT 89C51.
9. Назовите элементы ПЭС системы управления конвейером, имитирующие датчики и исполнительные механизмы.
10. Назначение и устройство АЦП, используемого в системе управления конвейером.



## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13. АППАРАТУРА АУК-1М**

### **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия аппаратуры автоматизированного управления конвейерными линиями типа АУК-1М.

### **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с конструкцией аппаратуры АУК-1М, расположением ее блоков и органов управления на стенде. Изучить принцип ее действия.

2.2. Проверить работоспособность аппаратуры: осуществить пуск, оперативный и аварийный останов конвейерной линии, местное управление отдельным конвейером, действие средств защиты и сигнализации.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.2. Описать функции, выполняемые аппаратурой АУК-1М, и область ее применения.

3.3. Представить структурную схему аппаратуры АУК-1М, отражающую ее основные функции управления, защиты и сигнализации.

### **4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА АУК-1М**

#### **4.1 Общие сведения о конструкции комплекса**

Модернизированный комплекс АУК-1М предназначен для автоматизированного управления и контроля работы стационарных и полустационарных неразветвленных конвейерных линий, состоящих из ленточных и скребковых конвейеров.

Комплекс может применяться также для управления разветвленными конвейерными линиями, состоящими из двух-трех ответвлений, каждое из которых управляется как самостоятельная неразветвленная линия, имеющая до 10 конвейеров.

Взрывобезопасное исполнение аппаратуры и искробезопасные параметры цепей управления позволяют осуществлять управление, сигнализацию, контроль работы конвейерной линии и телефонную связь по двум изолированным друг от друга голым проводам и контуру «земля» или с помощью трех жил контрольного кабеля.

В состав аппаратуры АУК-1М входят: пульт управления ПУ; выносной прибор-указатель ВПУ; блоки управления БУ; блок концевого реле БКР; телефонные трубки; звуковые сигнализаторы СВ.1; датчики скорости ДКС (УПДС) и ДМ-2М; датчики схода ленты КСЛ-2; кабельтросовые выключатели КТВ-2, провододержатели; кнопочный пост управления КУ-93. Датчиком заштыбовки является гибкий электрод – конечный участок неэкранированного кабеля, например, ШРБ с жилами, очищенными от изоляции, длиной не менее 0,8 м. Длина всего кабеля определяется расстоянием от блока управления до точки контроля уровня транспортируемого материала в местах перегрузки его с конвейера на конвейер.

*Пульт управления ПУ* выполнен во взрывобезопасной оболочке, внутри которой закреплена выемная часть с элементами электрической схемы. Оболочка закрывается крышкой с расположенными на ней окном для контроля состояния сигнальной лампы и нажимными штоками трех кнопок: «Пуск», «Сигнал», «Стоп». Крышка имеет блокировочное устройство, не допускающее ее снятие при включенном блокировочном разъединителе.

*Выносной прибор-указатель ВПУ* выполнен в виде стального кожуха, в котором расположены: прибор-указатель количества включенных конвейеров, блок телефона и клеммники для подсоединения кабелем к пульту управления постом.

*Блок управления БУ* выполнен во взрывобезопасной оболочке, закрываемой крышкой. Нижняя часть крышки имеет пять нажимных штоков для кнопок: «Проверка», «Рем.-Авт.», «Разговор», «Сигнал», «Стоп». Верхняя часть крышки имеет смотровое окно для наблюдения за прибором настройки реле скорости.

*Блок концевого реле БКР выполнен в пластмассовом корпусе, в котором помещены концевое герконовое реле и элементы электронной схемы.*

## **4.2. Функции комплекса**

### **4.2.1. Функции управления**

1) автоматический последовательный пуск конвейеров, включенных в линию, в порядке, обратном направлению движения грузопотока, с необходимой выдержкой времени между пусками отдельных приводов;

2) пуск с пульта управления (ПУ) как всей, так и части конвейерной линии;

3) дозапуск с (ПУ) с подачей предупредительного звукового сигнала части конвейерной линии без отключения работающих конвейеров;

4) автоматический отсчет длительности предпускового сигнала при запуске конвейера в ремонтно-наладочном режиме («Рем»);

5) пуск и остановку любого привода конвейерной линии кнопками блока управления (БУ) при осмотрах, ремонтах и опробованиях (режим «Рем»);

6) включением и отключением привода конвейера со следующими режимами управления пускателями:

- управление одним пускателем;
- поочередная (по выбору) работа одного из двух пускателей;
- работы двух пускателей, включение которых сдвинуто по времени, а отключение – одновременно;

7) контроль заданного максимального времени запуска каждого конвейера;

8) автоматическое отключение привода конвейера при срабатывании средств его защиты и контроля и соответственно, отключении всех последующих конвейеров, работающих в режиме «Авт.» и падающих груз на аварийный конвейер;

9) оперативная остановка конвейерной линии с ПУ при работе в режиме «Авт.» и аварийная остановка каждой конвейера;

10) экстренное прекращение пуска с любой точки конвейерной линии воздействием на цепи аварийного отключения конвейера;

11) дистанционное управление конвейерной линией с пульта ПРЛ и выносного кнопочного поста;

12) дистанционное управление последним конвейером линии с кнопочного поста, установленного в концевой части конвейера.

#### **4.2.2. Функции защиты и блокировки:**

1) отключение конвейера при разрыве рабочего органа;

2) нулевая защита:

- в ПУ – при пуске и работе конвейерной линии;

- в БУ – при работе в режиме «Авт.» и «Рем.»;

3) отключение линии при работе в режиме «Авт.» и замыкании проводов 1 и 2 цепей управления;

4) невозможность включения конвейера при отсутствии напряжения питания на ПУ и соответственно, цепях реле сигнализации блоков управления;

5) отключения запускаемого привода конвейера в случае, если рабочий орган конвейера не развернулся в течение заданного времени;

6) исключение повторного запуска конвейера после аварийного отключения, вызванного затянувшимся пуском, пробуксовкой или порывом рабочего органа;

7) блокировка, исключающая возможность запуска любого конвейера линии в режиме «Рем.» при непрерывном воздействии на кнопки «Сигнал» и «Проверка» (автоматический отсчет времени предпускового сигнала начинается с момента отпускания кнопок);

8) блокировка конвейерной линии магистрального направления с конвейерной линией ответвления при работе с пультом ПРЛ.

#### **4.2.3. Функции сигнализации, индикации контроля и телефонной связи:**

1) предупредительный звуковой сигнал по линии, длительностью не менее 5 с, автоматически подаваемый при работе в режиме «Авт.» перед каждым пуском конвейерной линии, в режиме «Рем.» – перед пуском любого конвейера;

2) оперативная звуковая кодовая двусторонняя сигнализация, возможная как при работающей конвейерной линии;

3) непрерывный звуковой сигнал по всей линии в течении 5–35 с при автоматической аварийной остановке любого конвейера от заштыбовки мест пересыпа с конвейера на конвейер;

4) непрерывный звуковой сигнал по всей линии в течение 5–35 с при автоматической аварийной остановке любого конвейера, вызванной затянувшимся пуском, пробуксовкой или порывом рабочего органа;

5) сетевая индикация с помощью ламп белой, зеленой и красной в БУ, указывающая на исправное или аварийное состояние конвейера в режиме «Авт.»

6) индикация количества работающих конвейеров с помощью прибора указателя в ПУ;

7) контроль заштыбовки мест пересыпа;

8) контроль заданного времени запуска конвейера;

9) двусторонняя дуплексная телефонная связь между пультом и блоками управления конвейера;

10) самоконтроль цепей аварийного отключения;

11) экстренное прекращение пуска и аварийная остановка конвейера, осуществляемых обслуживающим персоналом как в режиме «Авт», так и в режиме «Рем».

#### **4.3. Принцип действия электрической схемы АУК-1М**

Электрическая принципиальная схема АУК-1М представлена схемами пульта управления и блока управления.

В *электрическую схему пульта управления* (рис. 1) входят: блок питания, выполненный на основе стабилизированного трансформатора  $T1$  с шестью вторичными обмотками; модуль реле времени БРВ.М, выполненный на транзисторах  $VT37–VT39$ , операционном усилителе  $A2$ , и входных электромагнитных реле  $K1$  и  $K5$  с времязадающими конденсаторами  $C19$ ,  $C20$ ; модуль реле сигнализации и нулевой защиты МСН, выполненный на транзисторах  $VT31–VT35$  и электромагнитных реле  $K2$ ,  $K3$ ; пусковое реле  $K4$ ; реле отключения линии  $K6$ .

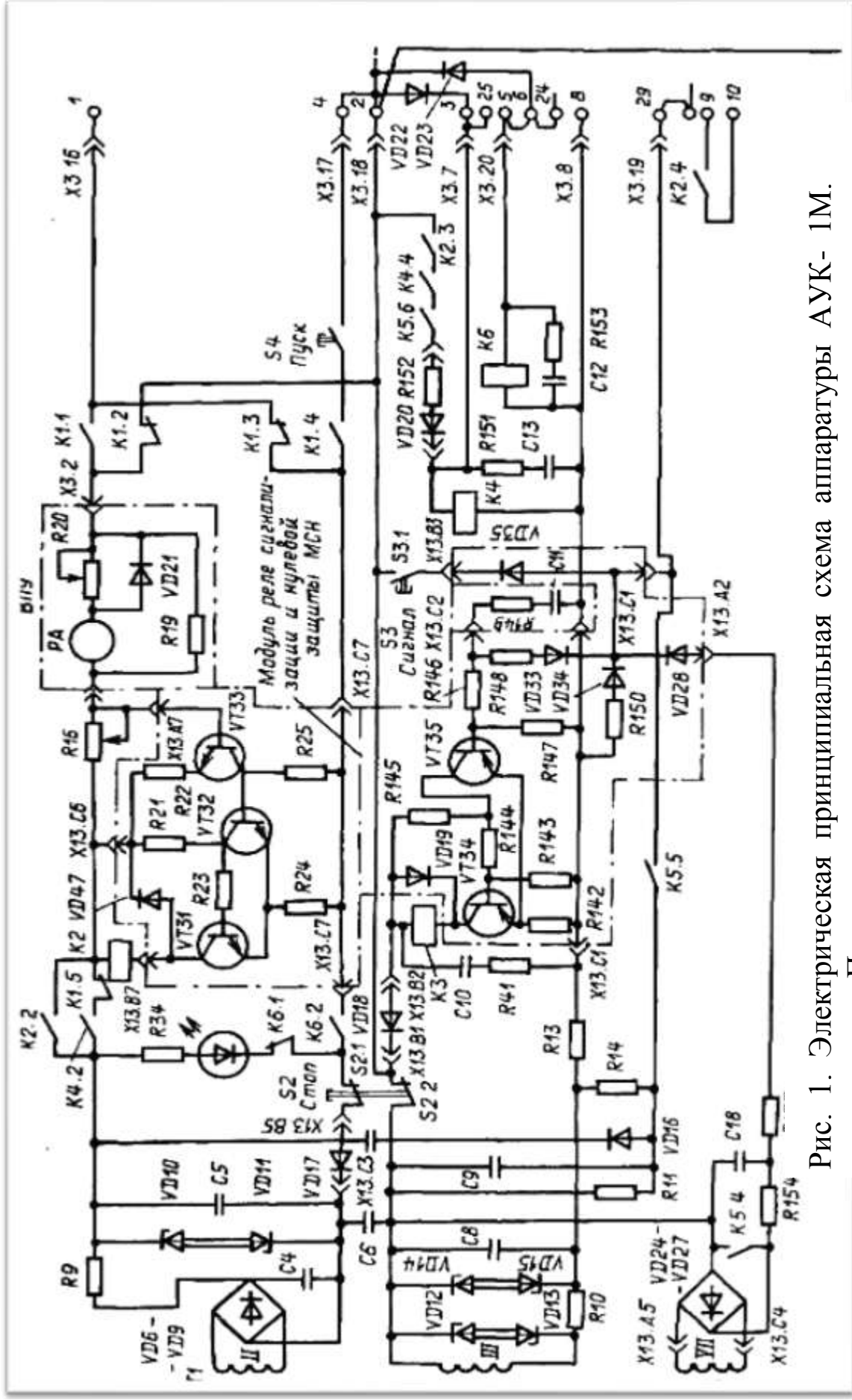


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема аппаратуры АУК-1М.

Пульт управления



*Выносной прибор-указатель ВПУ количества работающих конвейеров выполнен в виде отдельного блока с входящими в него настроечными резисторами  $R19$ ,  $R20$ , лампами подсветки  $HL1$ ,  $HL2$  и блоком телефона с усилителем на транзисторе  $VT3$ , на вход которого подключен микрофон  $U1$ , а нагрузкой является подключенный к выходной обмотке трансформатора  $T2$  телефон  $U2$ .*

*В электрическую схему блока управления (рис. 2) входят:*

- блок питания, выполненный на основе стабилизированного трехобмоточного трансформатора  $T3$ ;
- блок реле скорости и аварийной блокировки БРС, выполненный на транзисторах  $VT4$ – $VT9$ , электромагнитных реле скорости  $K9$  и аварийной блокировки  $K15$  с магнитной фиксацией якоря;
- модуль управления и сигнализации МУС, состоящий из двух автогенераторов на транзисторах  $VT18$ ,  $VT20$ , двух двухкаскадных усилителей соответственно на транзисторах  $VT23$ ,  $VT24$  и  $VT21$ ,  $VT22$  с выходными реле  $K8$ ,  $K7$  и схемы их защиты на транзисторах  $VT25$ ,  $VT26$  и  $VT19$ ;
- блок контроля заштыбовки БЗ, получающий питание от трансформатора  $T5$  и состоящий из трансформатора  $T6$ , усилителя на микросхеме  $A1$ , транзисторах  $VT10$ – $VT12$  и электромагнитном реле  $K12$ ;
- блок управления и телефона БУТ, состоящий из телефонного усилителя на транзисторе  $VT17$  и субблока дистанционного управления, выполненного на транзисторах  $VT13$ – $VT16$  и электромагнитных реле  $K13$ – $K19$ .

Рассмотрим назначение и принцип действия отдельных узлов и элементов принципиальной электрической схемы.



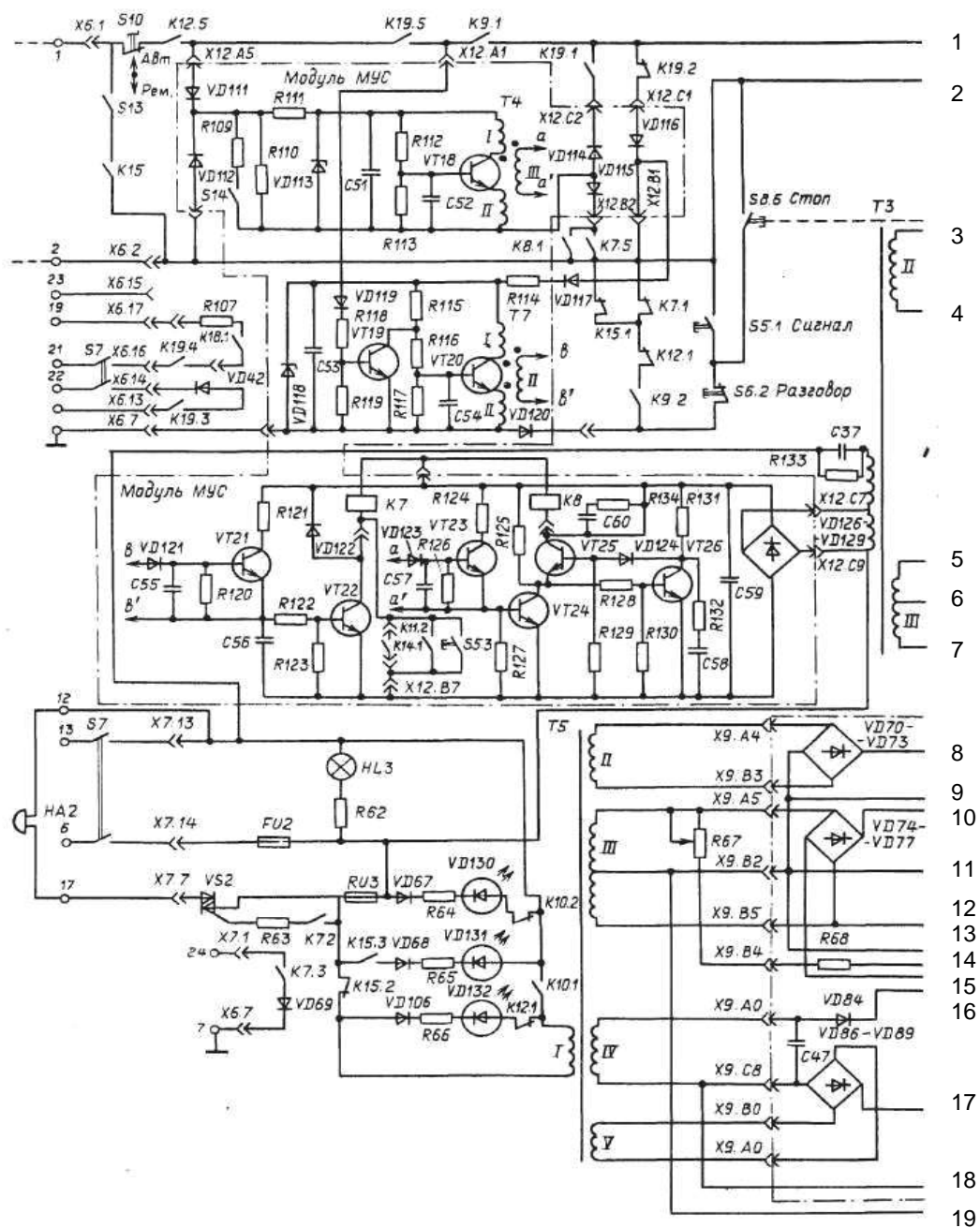


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема аппаратуры АУК-1М.  
Блок управления

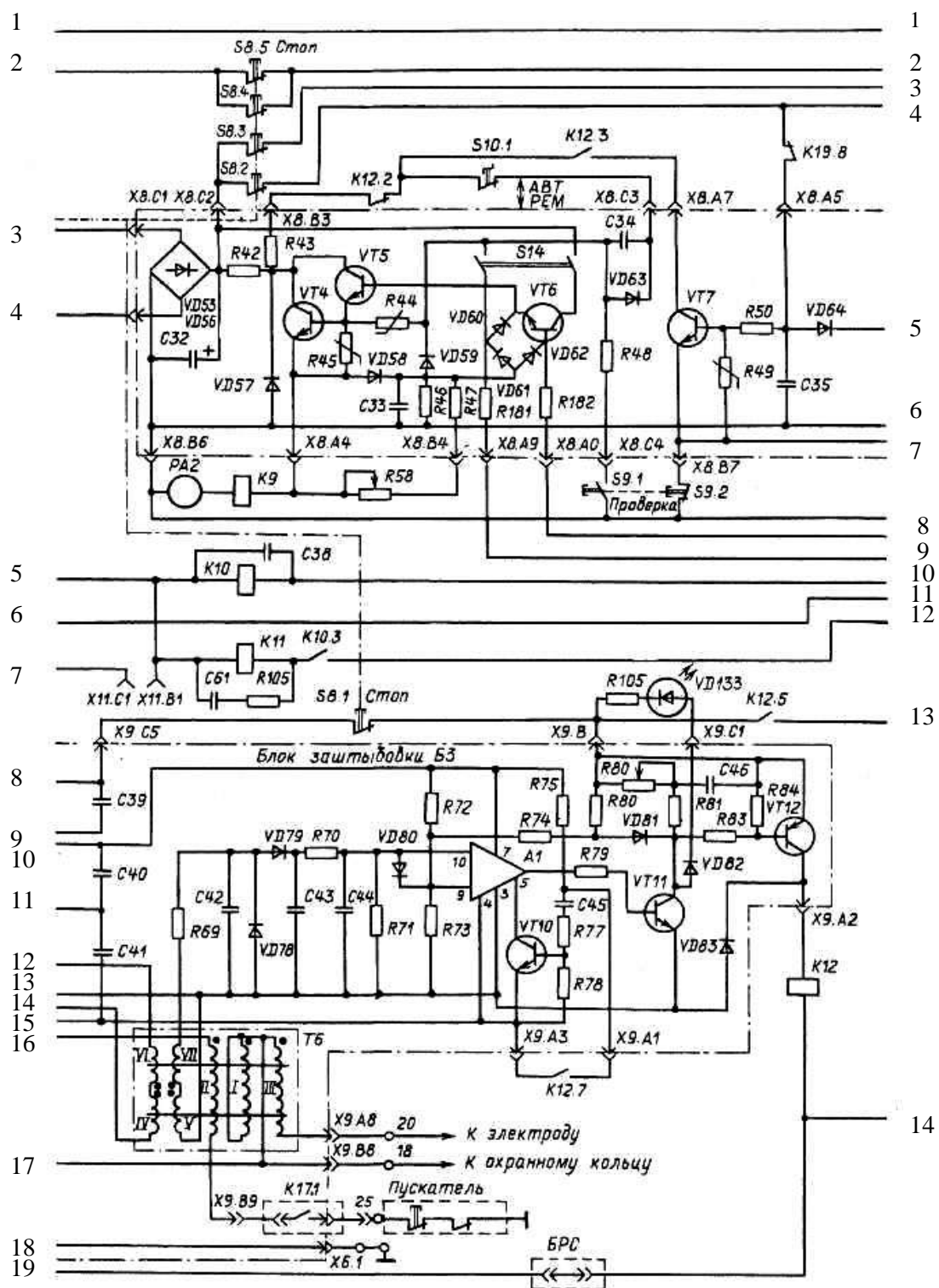


Рис. 2. Продолжение

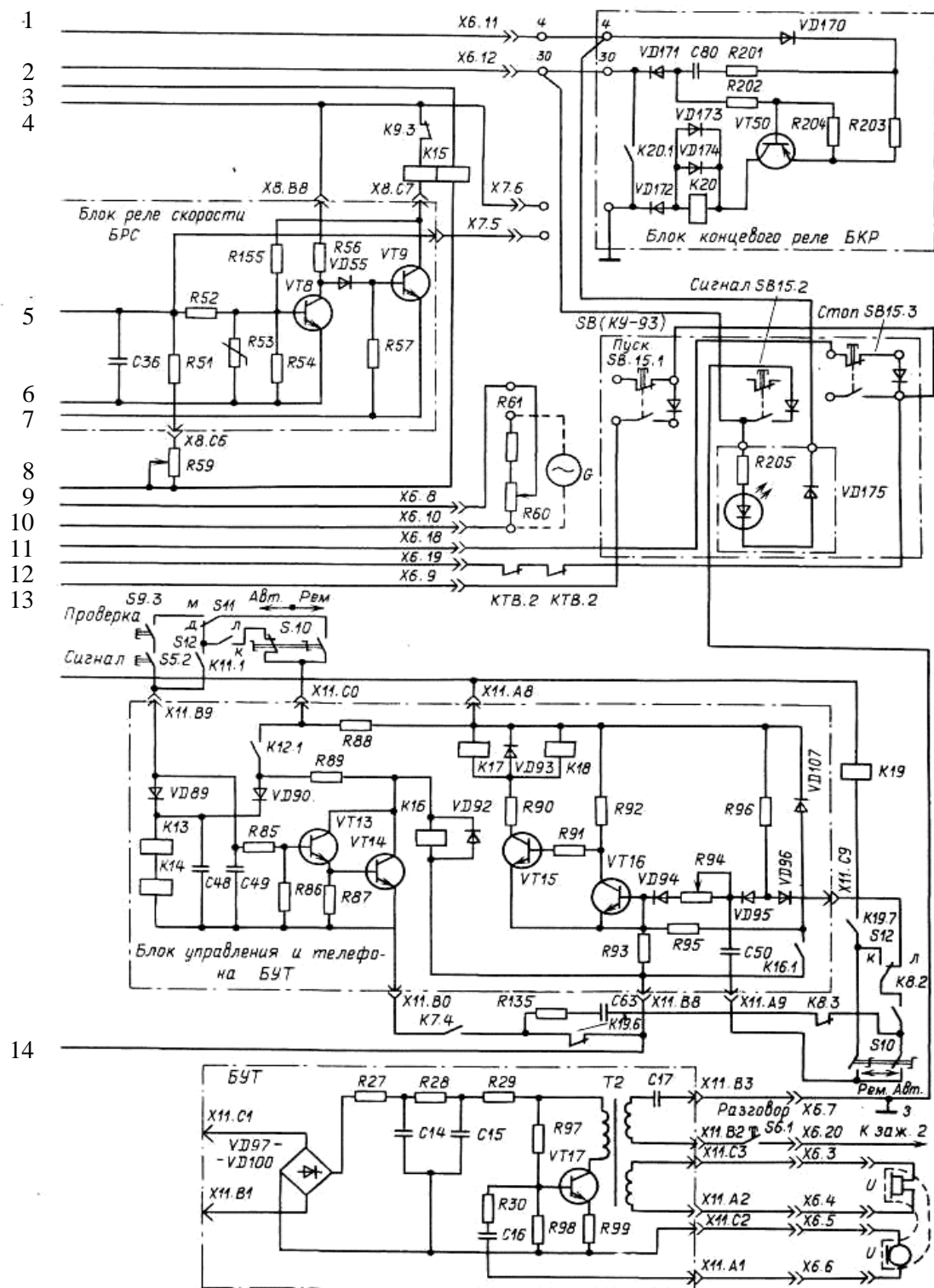


Рис. 2. Окончание

*Обмотки стабилизированного трансформатора Т1* в пульте управления обеспечивают: *I* – совместно с конденсатором *С3* резонансный режим стабилизации блока питания, а также через выпрямительный мост *VD43–VD46* – питание модуля БРВ.М, реле времени *K1* и реле *K5*; *II* – питание через выпрямительный мост *VD6–VD9* реле *K2* в пульте и входных цепей автогенераторов МУС реле управления *K8* всех блоков БУ конвейерной линии; *III* – питание реле *K3*, *K4* и *K6* пульта управления и входных цепей автогенераторов МУС реле включения сигнализации *K7* блоков управления конвейерной линии; *IV* – питание ламп подсветки прибора-указателя ВПУ; *V* – питание через выпрямительный мост *VD29–VD32* блока телефона ВПУ; *VI* – формирование с помощью выпрямительного моста *VD24–VD27* запирающего напряжения, снижающего уровень шумов в цепях телефонной связи.

*Блок реле времени БРВ.М* обеспечивает: выдержку времени (не менее 5 с) для подачи предупредительного звукового сигнала перед пуском линии; выдержку времени на запуск всей конвейерной линии; переключение рабочей полярности на пусковую и наоборот.

Блок БРВ.М состоит из узла формирования времени предпускового сигнала, выполненного на транзисторах *VT38*, *VT39*, резисторах *R169–R174*, конденсаторе *C20* и выходном реле *K1*, и узла отсчета времени на запуск конвейерной линии, выполненного на операционном усилителе *A2*, транзисторах *VT36*, *VT37*, конденсаторе *C19*, резисторах *R156–R158*, стабилитронах *VD39*, *VD40*, диодах *VD37*, *VD38*, *VD41* и выходном реле *K5*.

*Работа блока БРВ.М* происходит следующим образом. В исходном состоянии конденсаторы *C19* и *C20* заряжены, реле *K1* и *K5* отключены, усилитель *A2* открыт высоким потенциалом на входе *10*, транзисторы *VT39* и *VT36* открыты, а транзисторы *VT37* и *VT38* закрыты. При подаче команды на запуск конвейерной линии замыкается контакт *K4.1* и включается реле *K5*, контактом *K5.1* обеспечивается включение через симметричный тиристор *VSI* предпусковой звуковой сигнализации. Одновременно контактом *K5.3* прекращается заряд конденсатора *C20*, открывается через *K4.1* транзистор *VT37*, шунтирующий цепь заряда конденсатора *C19*. Через 6-8 с конденсатор *C20* разряжается на резисторы *R172*, *R173* и входную цепь транзистора *VT39*, что приводит к запиранию транзистора *VT39*, открыванию

транзистора VT38 и включению реле K7, которое своими контактами K1.1-K1.4 подает в линию пусковую полярность («+» на зажиме 1, «-» на зажиме 2), обеспечивая запуск конвейерной линии.

Одновременно с отпиранием транзистора VT37 начинает разряжаться конденсатор C19, отсчитывая выдержку времени на запуск всей конвейерной линии, устанавливаемую резистором R166. При этом операционный усилитель A2 остается открытым, пока потенциал на его входе 10 превышает потенциал на входе 9, создаваемый делителем напряжения на резисторах R159, R164. Как только это произойдет, транзистор VT36 запирается, реле K5 отключается, при этом отключаются реле K1 и K4, прекращается звуковая сигнализация, и в линию подается рабочая полярность («+» на зажиме 1, «-» на зажиме 2).

*Модуль реле сигнализации и нулевой защиты МСН* состоит из узла реле K3 и узла реле K2. Реле K3 совместно с реле K5 предназначены для формирования сигналов прекращения пуска конвейерной линии после запуска последнего конвейера, а также приема команд вызывной кодовой сигнализации с любого блока БУ по линии. В состав узла реле K3 входят следующие элементы: транзисторы VT34, VT35, резисторы R142–R150, диоды VD18, VD19, VD33, VD35, конденсаторы C10, C11 и реле K3.

Узел реле нулевой защиты K2 выполнен на транзисторах VT31, VT32, VT33, резисторах R21–R25, диоде VD47 и электромагнитном реле K2.

В исходном состоянии реле K2 отключено. При нажатии кнопки S4 «Пуск» включается реле K4 и своим контактом K4.2 включает реле K2 через контакт K1.5, открывающийся транзистор VT31, резистор R24, контакты K6.2, S2.1 «Стоп», диод VD17. Транзисторы VT32 и VT33 при нормальной работе остаются запертыми, что подбирается настройкой резистора R16. При замыкании проводов 1 и 2 в конце линии, сопротивление которой должно быть не более 60 Ом, возрастает ток и падение напряжения на резисторе R16 достигает величины, достаточной для открывания транзисторов VT33 и VT32. При этом запирается транзистор VT31 и отключается реле K2.

Узел реле K3 и K5 предназначен для формирования сигналов прекращения пуска конвейерной линии, а также приема команд вызывной кодовой сигнализации.

В исходном состоянии при наличии напряжения питания реле *K3* включено через открытый транзистор *VT34*. Транзистор *VT35* заперт, так как не проходит управляющий сигнал через эмиттер-базовый переход, а потенциал обмотки *УП* источника питания пульта *ПУ* запирает диоды *VD33* и *VD34*. При нажатии кнопки *S3* «Сигнал» на пульте или блоке управления либо при замыкании контакта реле *K20* в БКР шунтируется подпорное напряжение и замыкается цепь управления транзистором *VT35*: обмотка *III* трансформатора *T1*, резисторы *R10*, *R13*, *R142*, эмиттер-базовый переход *VT35*, резисторы *R146*, *R148*, диоды *VD33*, *VD35*, кнопки *S2* «Сигнал», *S1.2* «Стоп», обмотка *III* трансформатора *T1*. При этом отпирается транзистор *VT35* и запирается транзистор *VT34*, реле *K3* отключается, а *K5* включается. При отпускании кнопки *S2* «Сигнал» запирается транзистор *VT35*, открывается транзистор *VT34*, включается реле *K3* и отключается реле *K5*.

*Пусковое реле K4* служит для выполнения запуска конвейерной линии кнопкой *S4* «Пуск» пульта управления или с выносного кнопочного поста.

*Реле отключения линии K6* предназначено для дистанционного отключения конвейерной линии с выносного поста управления, а также для блокировки работы комплекса АУК-1М с другими аппаратами и механизмами.

*Обмотки стабилизированного трансформатора T3* в блоке управления обеспечивают: *I* – совместно с конденсатором *C37* и резистором *R133* резонансный режим стабилизации блока питания; *II* – питание через выпрямительный мост *VD53–VD56* блока реле скорости *K9* и аварийной блокировки *K15*; *III* – питание блока телефона, реле отключения конвейера *K10* и реле дистанционного включения конвейера *K11*.

*Модуль управления сигнализации МУС* состоит из двух автогенераторов и двух двухкаскадных усилителей, электромагнитных реле *K7* и *K8*. Автогенератор реле управления *K8* выполнен на транзисторе *VT18*, трансформаторе *T4* и включен через мостовую схему на диодах *VD111–VD115* между проводами управления 1, 2. Автогенератор реле включения сигнала *K7* выполнен на транзисторе *VT20*, трансформаторе *T7* и включен между проводами 2, «земля» через диод *VD117*. Трансформаторы *T4* и *T7* выполнены без магнитопровода и обеспечи-

вают бесконтактное разделение искробезопасных цепей пульта управления от искроопасных цепей выходных усилителей, выполненных на транзисторах *VT21-VT26* и нагруженных электромагнитными реле *K7, K8*.

Рассмотрим работу модуля МУС на примере работы автогенератора реле *K8*. При наличии в проводах *1, 2* выпрямленного сглаженного напряжения источника питания пульта ПУ автогенератор вырабатывает высокочастотный сигнал, который через обмотку *III* трансформатора *T4* и диод *VD123* попадает на вход двухкаскадного усилителя на транзисторах *VT23, VT24*; при этом включается реле *K8*, которое своим контактом *K.8.2* включает реле управления *K19* и пускатель конвейера. При снятии напряжений с проводов *1; 2* генератор прекращает работу, реле *K8, K19* отключаются и контактом *K19.3* отключается пускатель конвейера.

Защита реле *K8* от срабатывания при наличии на входе автогенератора помех переменного напряжения обеспечивается следующими элементами схемы: транзисторами *VT25, VT26*, резисторами *R128-R132*, стабилитроном *VD124*, конденсатором *C58*. В исходном состоянии при отсутствии входного сигнала транзисторы *VT23, VT24* заперты, а *VT26* открыт. Конденсатор *C58* разряжен через открытый транзистор *VT26*, а стабилитрон *VD124* заперт. При наличии на входе автогенератора постоянного напряжения высокая частота трансформируется на обмотку *III*, детектируется диодом *VD123*, интегрируется конденсатором *C57*. При этом открываются транзисторы *VT23, VT24*, запирается транзистор *VT26*, через резистор *R131* заряжается конденсатор *C58* до напряжения, равного величине открывания стабилитрона *VD124*, открывается транзистор *VT25* и срабатывает реле *K8*, удерживая свой якорь в притянутом состоянии до тех пор, пока на входе автогенератора имеется постоянное напряжение.

При поступлении на вход автогенератора реле *K8* пульсирующего или переменного напряжения частота пульсаций повторяется транзисторами *VT24, VT26*. С такой же частотой происходит заряд-разряд конденсатора *C58*, но величина напряжения на нем не достигает напряжения открывания стабилитрона *VD124* и транзистора *VT25*, поэтому реле *K8* остается выключенным.

Работа модуля МУС с реле *K7* отличается тем, что на вход автогенератора с выходным трансформатором *T7* подается пульсирующее

напряжение из линии провода 2, «земля». При этом нечувствительность выходного реле *K7* к пульсациям обеспечивается конденсатором *C56*, который создает задержку на удержание транзистора *VT22* в открытом состоянии. Реле *K7* включает и отключает своими контактами *K 7.2* через симметричный тиристор *VS2* питание звукового анализатора *HA2*.

Блок контроля заштыбовки *B3* совместно с электродным датчиком служит для контроля уровня транспортируемой горной массы в местах перегрузки с конвейера на конвейер. Превышение уровня горной массы (заштыбовка) контролируется методом измерения электрического сопротивления горной массы, находящейся между контактной частью электрода датчика и «землей».

Блок *B3* получает питание от трансформатора *T5*, обмотки которого *IV* и *V* имеют соответственно низкоомный и высокоомный входы блока *B3*.

Блок заштыбовки *B3* имеет два входа: высокоомный (зажимы 20-3) для контроля заштыбовки и низкоомный (зажимы 25-3) для подключения внешних цепей блокировки или защиты. Для исключения ложных срабатываний от утечек по поверхности электродного датчика зажим *18* подключается к охранному кольцу. Блок *B3* имеет задержку на отключение (1–3 с) и включение (0,8–1,5 с) реле *K12*.

В состав блока заштыбовки входят: трансформатор *T6*, выпрямители на диодах *VD70–VD73*, *VD74–VD77*, *VD83–VD86*; формирователь входного сигнала на резисторах *R69–R71*, конденсаторах *C42–C44*, диодах *VD78*, *VD79*, релейный узел операционного усилителя на микросхеме *A1*, резисторах *R72*, *R73*, диоде *VD80*; усилитель выходного сигнала микросхемы на транзисторе *VT11*; узел задержки на отключение реле *K12* на транзисторе *VT12* и конденсаторе *C46*; узел задержки на включение реле *K12* на транзисторе *VT10* и конденсаторе *C45*.

Трансформатор *T6* собран по схеме магнитного усилителя, обмотки которого выполняют следующие функции: *I* – подавление помех; *II* – формирование сигнала высокоомного входа; *IV* и *VI* – ввод в трансформатор заданного опорного сигнала; *V* и *VII* – подача выходного сигнала на вход формирователя.

В исходном состоянии (напряжение питания на схему подано, конвейер не работает, заштыбовки нет) на вход *10* микросхемы *A1*



обмоток *V* и *VII* трансформатора *T6* поступает сигнал, превышающий по уровню сигнал опорного напряжения на входе 9 микросхемы *A1*, которая находится в открытом состоянии. При этом транзисторы *VT11* и *VT12* поддерживаются в открытом состоянии, реле *K12* включено, конденсатор *C46* заряжен, конденсатор *C45* разряжен, транзистор *VT10* заперт.

При заштыбовке через обмотку *III* трансформатора *T6* проходит ток утечки, подмагничивающий его сердечник. Это приводит к уменьшению уровня сигнала на входе 10 микросхемы *A1* ниже величины сигнала на входе 9 и микросхема *A1* запирается. Отрицательным сигналом с ее выхода 5 запирается транзистор *VT11* и с выдержкой времени после разряда конденсатора *C46* запирается транзистор *VT12* и отключается выходное реле *K12*. Возврат микросхемы *A1* в открытое состояние происходит после уменьшения тока в цепи электрода датчика заштыбовки и возрастания до установленного резистором *R67* значения сигнала на входе 10 усилителя *A*. Однако на выходе микросхемы *A1* положительный сигнал появляется с выдержкой времени, определяемой временем заряда конденсатора *C45* током через входную цепь транзистора *VT10*, шунтирующего выходной каскад микросхемы *A1*.

*Блок реле скорости и аварийной блокировки БРС* обеспечивает следующие функции: выдержку времени между пусками конвейеров, включенных в линию (до 5 с); контроль движения тягового органа конвейера; контроль снижения скорости ленты ниже 75 % от номинального значения; выдержку времени на отключение реле скорости (2–5 с); выдержку времени на подачу звукового сигнала при аварийном отключении и заштыбовке (5–35 с); контроль заданного времени запуска конвейера (5–25 с); аварийное отключение конвейера при затянувшемся пуске, при пробуксовке или обрыве тягового органа конвейера; блокировку от повторного автоматизированного пуска конвейера после его аварийного отключения.

*Блок управления и телефона БУТ* служит для местного и дистанционного управления конвейером и телефонной связи. Блок БУТ состоит из: реле дистанционного включения *K17*; узла отсчета времени (узел *K16*); узла усилителя телефона; узла сдвига по времени между пусками электродвигателей двухприводного конвейера и задержки

на отключение реле  $K12$  от действия блокировочных устройств (узел  $K17, K18$ ).

В зависимости от положения конвейера в линии предусмотрено два *режима дистанционного управления*:

дистанционное управление в режиме «Рем» с выносного кнопочного поста любым линейным или концевым (подлавным) конвейером линии вне блокировочной зависимости от впереди расположенного конвейера;

дистанционное управление концевым (подлавным) конвейером в режиме «Авт» с выносного кнопочного поста, расположенного в концевой части конвейера (под лавой) с сохранением блокировочной зависимости от впереди расположенного конвейера.

Схемой комплекса обеспечивается также *местное управление* (непосредственно кнопками блока управления БУ) линейным или концевым конвейером.

Настройка схемы на требуемую разновидность режима управления отдельным конвейером осуществляется с помощью переключателя режима работы  $S10$  «Авт-Рем» (автоматический или ремонтно-наладочный) и тумблеров  $S12$  (задает положение конвейера в линии:  $L$  – линейный;  $K$  – концевой) и  $S11$  (задает вид управления конвейера:  $M$  – местное;  $D$  – дистанционное).

Рассмотрим работу схемы автоматизации конвейерной линии, состоящей из ленточных конвейеров с управлением от пульта управления.

Исходное состояние схемы. На пульт и блоки управления подано напряжение питания 36 В от трансформаторов магнитных пускателей на первичные обмотки трансформаторов  $T1$  и  $T5$ . В пульте управления через открытый транзистор  $VT34$  включается реле  $K3$ , которое размыкает контакт  $K3.1$  в цепи  $K5$  и замыкает контакт  $K3.2$  в цепи заряда конденсатора  $C20$  через резистор  $R174$ . При этом открывается транзистор  $VT39$ , запирается транзистор  $VT38$ , поэтому реле  $K1$  будет отключено. Одновременно заряжается конденсатор  $C19$  через резисторы  $R160, R161, R163$  и диод  $VD41$ , обеспечивая на входе 10 и выходе 5 микросхемы  $A2$  высокий положительный потенциал и открытое состояние транзистора  $VT36$ . На транзисторы  $VT31, VT32$  и  $VT33$  напряжения питания не подведено, реле  $K2$  и  $K4$  отключены. Во всех блоках управления реле  $K10$  и  $K12$  включены, реле  $K7, K8, K9$ ,

*K15, K11, K13, K14, K16, K17, K18 и K19 отключены. В блоке БРС конденсаторы C35, C36 заряжены, транзисторы VT7 и VT8 открыты, транзисторы VT4, VT5, VT6 и VT9 заперты. В блоках заштыбовки микросхема A1, транзисторы VT11 и VT12 открыты, конденсатор C46 заряжен, транзистор VT10 заперт, реле K12 включено.*

*Работа схемы в автоматическом режиме. При кратковременном нажатии кнопки S4 «Пуск» пульта управления включается реле K4 по цепи: обмотка III трансформатора T1, кнопки S2.2 «Стоп», кнопка S4 «Пуск», диод VD22, зажим 3, обмотка реле K4, резисторы R13, R10, обмотка III. Реле K4 своим контактом K4.2 подает питание на модуль МНС, обеспечивая включение реле K2 через открытый транзистор VT31, контактом K4.1 включается реле K5 через открытый транзистор VT36, контактом K4.4 обеспечивается самоблокировка через контакты K5.6, K2.3, резистор R152 и диод VD20. Контактными K5.1 и K5.2 подается питание на звуковой сигнализатор предупредительной сигнализации. Размыкающим контактом K5.3 начинается отсчет выдержки времени предупредительной сигнализации, определяемой временем разряда конденсатора C20. Контакт K5.5 подается питание от обмотки III T1 по линии: 2 – «земля» на входы транзисторов VT19, обеспечивающих работу генераторов МУС и включение реле K7 во всех блоках управления.*

*Предупредительная сигнализация включается контактами K7.2 и K7.3 вдоль всей конвейерной линии.*

*Через 5 с в пульте управления отпирается транзистор VT38 и включается реле K1, которое переключает своими контактами K1.1–K1.4 цепь рабочей полярности на пусковую («+» на проводе 1, «–» на проводе 2).*

*В блоке управления первого конвейера включается генератор МУС на транзисторе VT18 по цепи: плюс провода 1, контакт S10, контакт K12.5, диод VD111, резисторы R111, R112, база-эмиттерный переход VT18, диод VD115, контакт K7.5, минус провода 2. Реле K8 срабатывает и контактом K8.2 включает реле K19, контактом K8.1 обеспечивает блокировку работы генератора после отключения предупредительной звуковой сигнализации. Контактными K19.3 и K19.4 обеспечивается включение пускателей привода первого конвейера, контактами K19.5 и K19.1 подготавливается цепь блокировки питания генератора МУС при переключении пусковой полярности на рабо-*

чую, контактом *K 19.8* размыкается цепь заряда конденсаторов *C35*, *C36* и начинается отсчет выдержки времени на включение реле скорости *K9* и аварийной блокировки *K15*. После окончания пускового процесса конвейера и разряда конденсатора *C35* открываются транзисторы *VT4*, *VT5*, *VT6* и срабатывает реле *K9*, которое контактом *K9.1* разрешает пуск второго конвейера и т. д., после запуска последнего конвейера пусковая полярность подводится к блоку БКР, открывается транзистор *VT50*, включается реле *K20*, которое своим контактом закорачивает цепь: провод 2 – «земля» что равносильно нажатию кнопки *S5.1* «Сигнал». При этом реле *K3* в пульте управления отключается, и своим контактом *K3.2* отключает реле *K1* и *K5*. Контакты реле *K5.1*, *K5.2* и *K5.5* отключают предпусковую сигнализацию, а контакты *K1.1–K1.4* переключают пусковую полярность на рабочую («+» на проводе 2, «–» на проводе 1). После окончания пуска питание модуля управления МУС каждого последующего блока управления осуществляется через контакты реле *K9*, *K19* предыдущего блока управления. Этим обеспечивается блокировка последовательности включения и отключения конвейеров в линии. Количество работающих конвейеров определяется по прибору *РА* пульта *ВПУ*.

В случае необходимости запуска части конвейерной линии оператор следит по прибору-указателю за количеством включенных конвейеров и при достаточном количестве нажимает кнопку *S3* «Сигнал», отключается реле *K3* и затем *K1*, прекращающее запуск. Дозапуск оставшихся конвейеров производится повторным нажатием кнопки *S4* «Пуск» на пульте.

*Оперативный останов конвейерной линии* осуществляется нажатием кнопки *S2* «Стоп» на пульте управления, при этом отключаются реле *K2*, *K3*, *K4* в пульте и генераторы реле управления *K8* всех блоков управления, что приводит к остановке всей линии.

При аварийном режиме работы (затянувшийся пуск конвейера, снижение скорости тягового органа на 25 % и более) реле скорости *K9* соответствующего блока управления не срабатывает или отключается, вызывая срабатывание реле аварийной блокировки *K15*. При этом контактом *K15.2* отключается напряжение с трансформатора *T5*, отключаются реле *K12*, *K19*, а контактом *K15.3* включается светодиод *VD131* световой индикации об аварии, контактом *K15.1* подготавливается цепь прерывистой звуковой сигнализации. Пускатель аварий-

ного конвейера отключается контактом *K19.3*, контактами *K19.5*, *K9.1* отключаются генераторы модулей МУС и затем реле *K8* и *K19* блоков управления всех последующих конвейеров, которые также отключаются.

Реле *K12* замыкает свои контакты *K12.1*, *K12.2*, включаются светодиод *VD132* реле *K9* по цепи: плюс выпрямителя *VD53-V56*, резисторы *R42*, *R43*, контакт *K12.2*, переключатель *S10.1*, конденсатор *C34*, база-эмиттерные переходы транзисторов *VT4*, *VT5*, обмотка реле *K9*, миллиамперметр *PA2*, минус мостового выпрямителя *VD53-V56*. Реле *K9* включается на время заряда конденсатора *C34* (до 35 с) и замыкает своим контактом *K9.2* цепь, параллельную кнопке *S5.1* «Сигнал». При этом отключается реле *K3* и включается *K5* в пульте, последнее своим контактом *K5.5* обеспечивает включение автогенератора сигнализации модуля МУС и реле *K7* в режиме прерывистой звуковой сигнализации.

Прерывистость сигнала достигается работой реле *K3*, *K7* и *K5* в режиме релейного генератора, при этом задержка на отключение реле *K7* определяется временем разряда конденсатора *C56* на резисторы *R122*, *R123* и открытый база-эмиттерный переход транзистора *VT22*.

*При завале мест перегрузки* с конвейера на конвейер и замыкании электрода датчика через обмотку *III* трансформатора *T6* проходит оперативный ток контроля, которой намагничивает сердечник *T6*, что приводит к резкому изменению сигнала на обмотках *VII*, *V*, запирацию микросхемы *A1*, транзисторов *VT11*, *VT12* и отключению с выдержкой времени реле заштыбовки *K12*. При этом аналогично описанному выше отключаются аварийный и последующие конвейеры и включается звуковой сигнал непрерывистого фона.

*Аварийный останов и экстренное прекращение пуска* производятся замыканием накоротко голых проводов или воздействием на кабель-тросовые выключатели КТВ-2 при управлении по жилам контрольного кабеля. Это приводит к отключению реле *K10*, которое контактами *K10.2* включает красный светодиод *VD1*, *K10.1* – снимает напряжение питания с трансформатора *T5*, при этом отключаются реле *K12*, *K19*. На пульте управления отключается реле *K3*, которое отключает *K5*, обеспечивая включение аварийной сигнализации. Реле *K19* отключает пускатели привода конвейера.

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд (рис. 3) для изучения комплекса АУК-1М выполнен на его серийных элементах: пульте управления (ПУ), двух блоках управления (БУ1), (БУ2) и датчиках ДМ2, КСЛ-2, КТВ-2.

Конвейеры № 1, № 2 представлены асинхронными двухфазными электродвигателями М1, М2, сопряженными через барабаны в виде беличьего колеса с датчиками скорости типа ДМ2. Электродвигатели с датчиками скорости размещены на отдельной панели. Пускатели П1, П2 представлены на стенде электромагнитными реле.

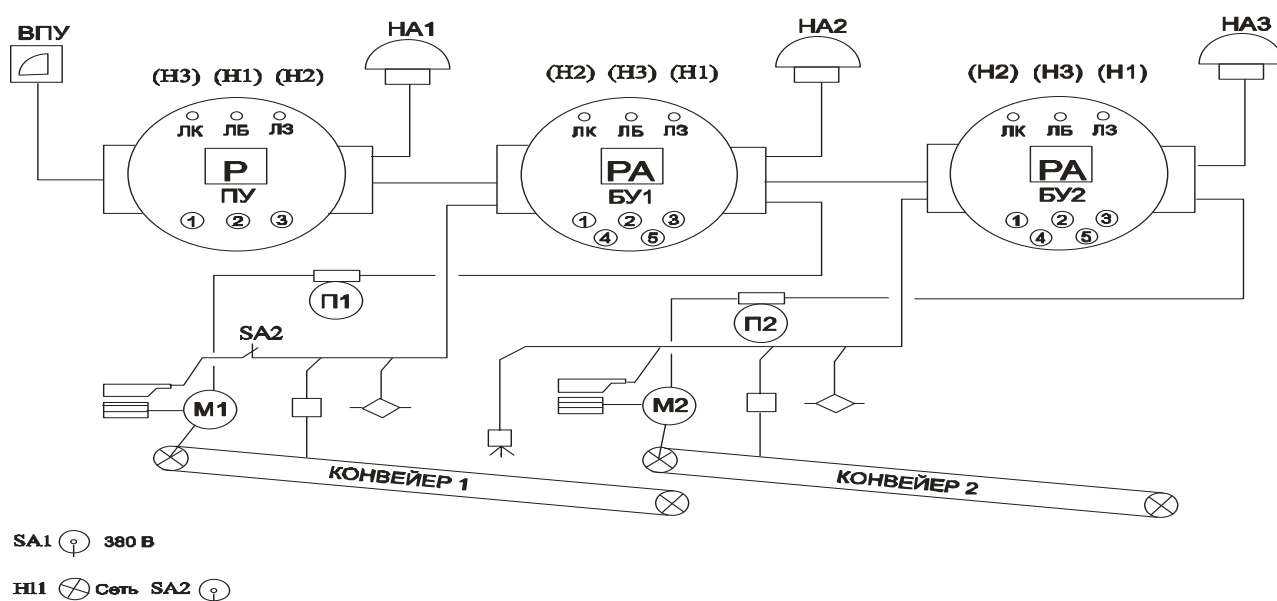

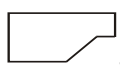
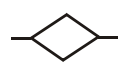


Рис. 3. Структурная схема лабораторного стенда аппаратуры АУК-1М: ПУ – пульт управления линией; БУ – блок управления конвейером; НА1, НА2, НА3 – сирены; РА – миллиамперметр настройки реле скорости; ВПУ – выносной прибор-указатель; П – пускатель; М – электродвигатель конвейера; Р – прибор указатель числа работающих конвейеров; ЛК, ЛБ, ЛЗ – сигнальные лампы, красная, белая, зеленая; 1, 2, 3 – кнопки ПУ: «Пуск», «Сигнал», «Стоп»; 1, 2, 3, 4, 5 – кнопки в БУ: «Проверка», «Рем.-Авт.», «Разговор», «Сигнал», «Стоп»; , ,  – датчики: заштыбовки, скорости ДМ2, схода ленты КСЛ-2, экстренного останова КТВ-2; SA1 – выключатель питания стенда; HL1 – сигнальная лампа «Сеть включена»; SA2 – имитация обрыва ленты конвейера № 1

На передней панели лабораторного стенда расположены:

- 1) структурная схема стенда АУК-1М;
- 2) органы управления (кнопки), сигнальные лампы и приборы контроля (указатель числа работающих конвейеров Р и миллиамперметры РА настройки реле скорости) пульта управления и блока управления (БУ1) и (БУ2).
- 3) кнопка (датчик) заштыбовки (завала) места перегрузки транспортируемого на конвейерах материала;
- 4) тумблер (SA1) включения напряжения (~380 В), и сигнальная лампа «сеть».
- 5) лампы сигнализирующие включение конвейеров, тумблер (SA2), имитирующий обрыв ленты.

На верхней панели стенда размещены панель электродвигателей конвейеров с датчиками скорости, датчики схода ленты КСЛ-2 и кабельтросовые выключатели экстренного останова КТВ-2 по одному на каждый конвейер.

### **Порядок выполнения работы на стенде**

1. Включить тумблером SA1 питание ~380 В.
2. Осуществить оперативный пуск конвейеров в режиме «Авт.», установив предварительно переключатели режимов в БУ в указанное положение: нажать кнопку ПУСК, на пульте – появится звуковой предупредительный сигнал и через 5 с после этого должен включиться конвейер № 1. При достижении заданной скорости (см. показание стрелки РА в блоке БУ1) конвейером № 1 включиться конвейер № 2. Число включившихся конвейеров фиксируется прибором (Р) на пульте.
3. Осуществить оперативный останов конвейерной линии – нажать кнопку СТОП на пульте управления. При нажатии кнопки СТОП на БУ, остановится конвейер, управляемый этим блоком и последующие за ним. Осуществить аварийный останов конвейера с помощью воздействия на КТВ-2 или КСЛ-2;
4. Осуществить местное управление отдельным конвейером:
  - а) переключатель режимов установить в положение «Рем.» (ремонтно-наладочный режим) – в БУ загорится красная лампа Н2;

б) одновременно нажать кнопку «Проверка» и «Сигнал» в БУ – появится звуковой сигнал. После погасания лампы Н2 эти кнопки отпустить. Через 5–6 с включится конвейер. Процесс разгона (увеличения скорости) конвейера наблюдать по прибору РА (при номинальной скорости стрелка прибора установится в зоне 10–15 мА);

5. Проверить действие звуковой сигнализации:

а) нажатием кнопки сигнал на ПУ либо кнопки Сигнал любого БУ осуществить кодовую двухстороннюю сигнализацию;

б) отключить тумблер SA2 в цепи датчика скорости конвейера № 1 (имитировать обрыв ленты конвейера) должен появиться аварийный прерывистый звуковой сигнал в течении 5–35 с.

в) включить датчик (нажать кнопку) заштыбовки (имитировать завал места перегрузки материала с конвейера № 2 на конвейер № 1) должен появиться непрерывный звуковой сигнал в течении 5–35 с;

6. проверить действие световой сигнализации в БУ:

а) при аварийном отключении конвейера с помощью КСЛ-2 или КТВ-2 должна загореться лампа Н1, а при заштыбовке – лампа Н2;

б) при аварийном отключении конвейера с помощью тумблера SA2 (датчика скорости) должны загореться лампы Н1 и Н2, сигнализируя о недопустимом снижении скорости или обрыв ленты.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

Ниже приведены основные вопросы, на которые следует ответить при подготовке работы к защите.

1. Устройство и назначение пульта управления.
2. Устройство и назначение, блока управления.
3. Параметры конвейеров, контролируемые датчиками.
4. Функции управления комплекса АУК-1М.
5. Виды автоматических защит и блокировок в электрической схеме АУК-1М.
6. Виды автоматической сигнализации в схеме.
7. Принцип последовательного пуска конвейеров.
8. Принцип местного управления конвейером в ремонтно-наладочном режиме.



## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батицкий В. А. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП в горной промышленности / В. А. Батицкий, В. И. Куроедов, А. А. Рыжков. – Москва: Недра, 1991. – 303 с.
2. Толпежников Л. И. Автоматическое управление процессами шахт и рудников. – М.: Недра, 1985. – 352 с.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14. МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМ АГРЕГАТОМ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и технические средства микропроцессорного управления насосным агрегатом.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться со структурой и алгоритмами микропроцессорной системы управления насосным агрегатом (МСУ НА).

2.2. Изучить принципиальную электрическую схему МСУ НА.

2.3. Провести лабораторные испытания МСУ НА.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА**

3.1. Назначение и структурная схема МСУ НА.

3.2. Алгоритм управления насосным агрегатом.

3.3. Схема подключения к микроконтроллеру датчиков и исполнительных элементов (пусковой аппаратуры).

## **4. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МСУ НА**

### **4.1. Структура, функции и алгоритмы**

Структурная схема системы управления насосным агрегатом водоотлива приведена на рис. 1. Управляющее устройство системы выполнено на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) типа AT89C51. На входы ПЛК поступает информация от следующих датчиков:

ДВУ – датчик верхнего уровня воды в водосборнике;

ДНУ – датчик нижнего уровня воды в водосборнике;

ДД – датчик давления заливки;

ДПЗ – датчик положения задвижки;

ДНП – датчик наличия потока;

ДТП – датчик температуры подшипников;

ДЭЗ – датчик срабатывания электрозащиты.

Командные сигналы при ручном управлении система получает от кнопок местного управления С (стоп) и П (пуск). Переключатель ВР служит для выбора режима управления «Авт.» или «Руч.».

ПЛК формирует на выходе сигналы управления исполнительными элементами (пусковой аппаратурой) и сигнализацией:

ПЗН – управление пускателем ПЗН заливочного насоса ЗН;

ВВ – управление высоковольтным выключателем ВВ электродвигателя насоса Н;

ПЗ – управление пускателем ПЗ задвижки З<sub>НГ</sub> в нагнетательном ставе;

ЗС – звуковая сигнализация;

СС – световая сигнализация.

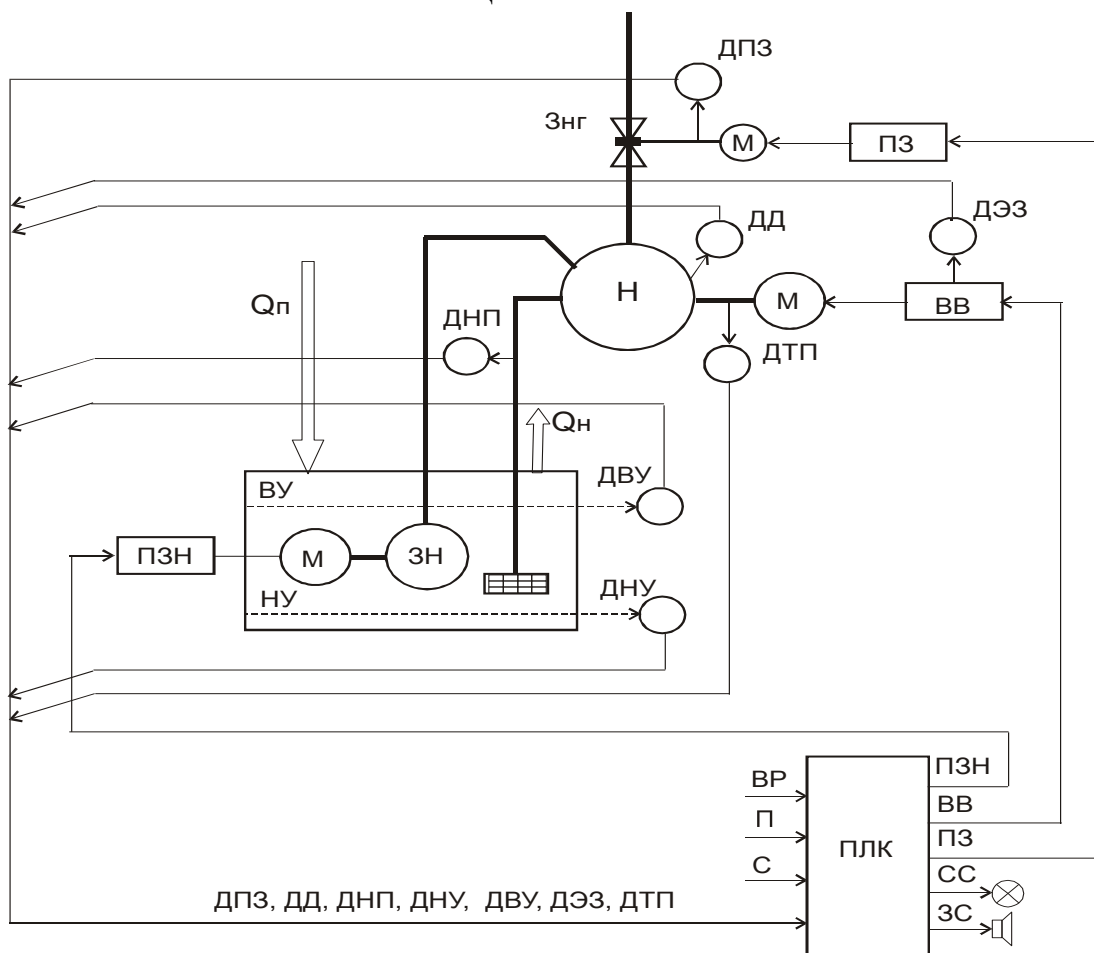


Рис. 1. Структурная схема системы управления насосным агрегатом водоотлива

Система обеспечивает выполнение функций управления, контроля, защиты, блокировки и сигнализации.

### ***Функции управления***

Автоматическое управление насосным агрегатом НА в функции уровня воды в водосборнике.

Дистанционное и местное управление пуском и остановом НА при уровне воды, большем нижнего уровня (НУ), а также выбор режима управления («Авт.», «Руч.»).

Автоматическое включение в работу НА при достижении верхнего уровня (ВУ).

Автоматическое отключение НА при достижении нижнего уровня.

Автоматическая заливка насоса (Н) перед его включением в работу с помощью погруженного заливочного насоса (ЗН).

Автоматическое управление задвижкой в нагнетательном ставе (открытие задвижки перед включением насоса, закрытие её в момент отключения насоса).

### ***Функции контроля***

1. Автоматический контроль заливки по времени и давлению.
2. Дискретный автоматический контроль:
  - нижнего и верхнего уровня воды в водосборнике;
  - положения задвижки («открыто», «закрыто») в нагнетательном ставе;
  - наличия потока воды в насосе;
  - температуры подшипников насоса;
  - давления заливки;
  - состояния средств электрозащиты в высоковольтном выключателе (ВВ).

### ***Функции защиты, блокировки и сигнализации***

1. Аварийное отключение насоса при недопустимом снижении потока воды в насосе, при перегреве подшипников насоса, при срабатывании средств электрической защиты электродвигателя насоса.

2. Автоматическая блокировка на включение насоса при отсутствии заливки, при заклинивании задвижки.

3. Световая сигнализация режима управления («Руч.» и «Авт.»), автоматического отключения насоса по сигналу датчика нижнего уровня.

4. Световая и звуковая сигнализация аварийного отключения насоса при прекращении потока, при перегреве подшипников насоса, при срабатывании электрической защиты электродвигателя насоса.

5. Световая и звуковая сигнализация о блокировке на включение насоса при отсутствии заливки, при заклинивании задвижки.

6. Световая и звуковая сигнализация при достижении верхнего уровня воды в водосборнике.

В соответствии с вышеизложенными функциональными требованиями организован алгоритм управления насосным агрегатом (рис. 2).

Перед запуском насосного агрегата необходимо убедиться в исправности светозвуковой сигнализации и датчиков аварийных режимов. Алгоритм тестового режима приведён на рис. 3.

В случае срабатывания датчиков аварийного состояния насосного агрегата контроллер переходит в режим защиты и сигнализации. Алгоритм аварийной сигнализации приведён на рис. 4.

В соответствии с алгоритмами составлена программа на языке программирования «С» в среде «Phuton», которая создана для программирования различных типов микроконтроллеров на семи различных языках; также данная среда даёт возможность работы с эмулятором микроконтроллера для отладки программы, в том числе пошаговой. Текст программы в методических указаниях не приводится в связи с большим его объёмом.

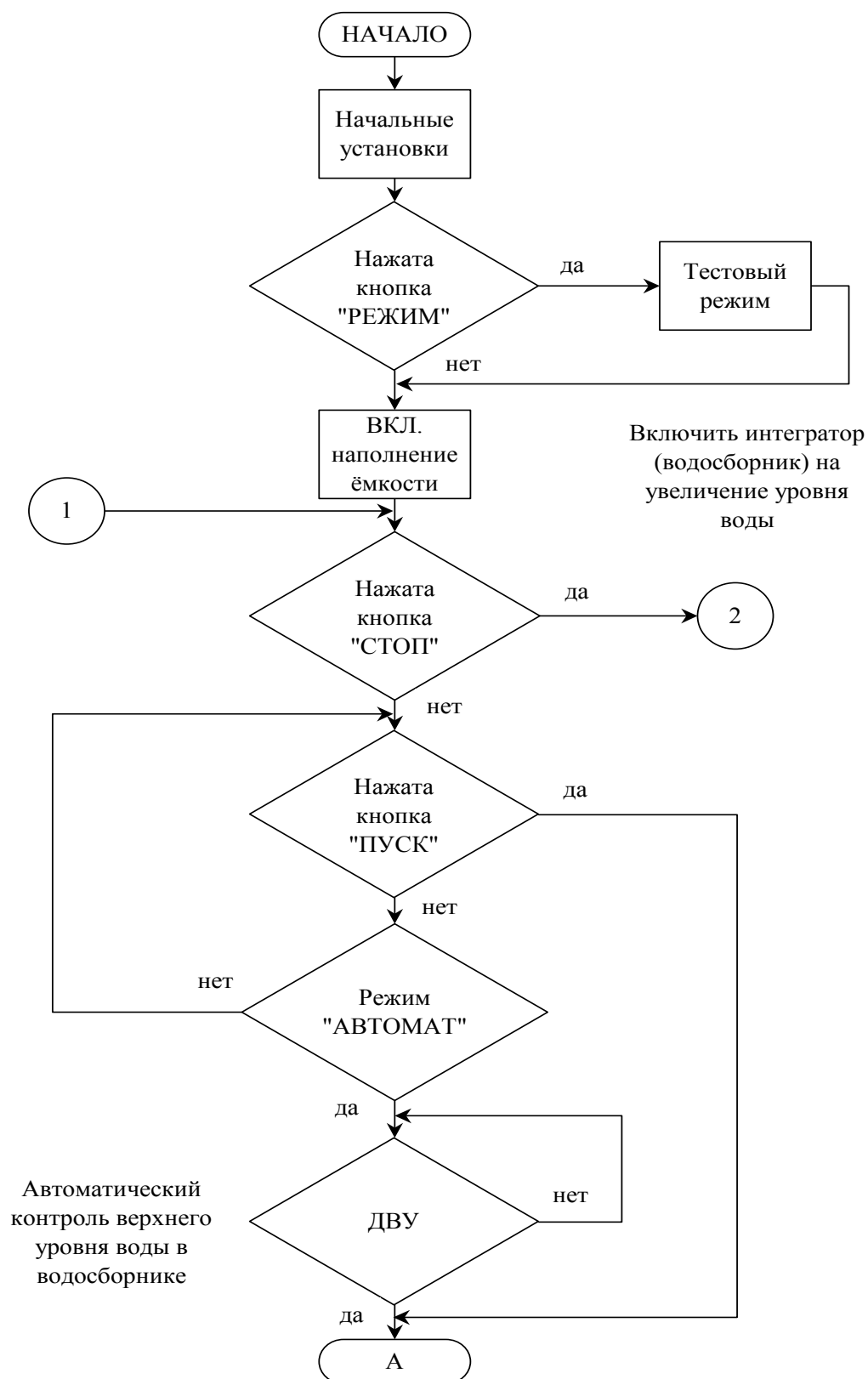


Рис. 2. Алгоритм управления насосным агрегатом

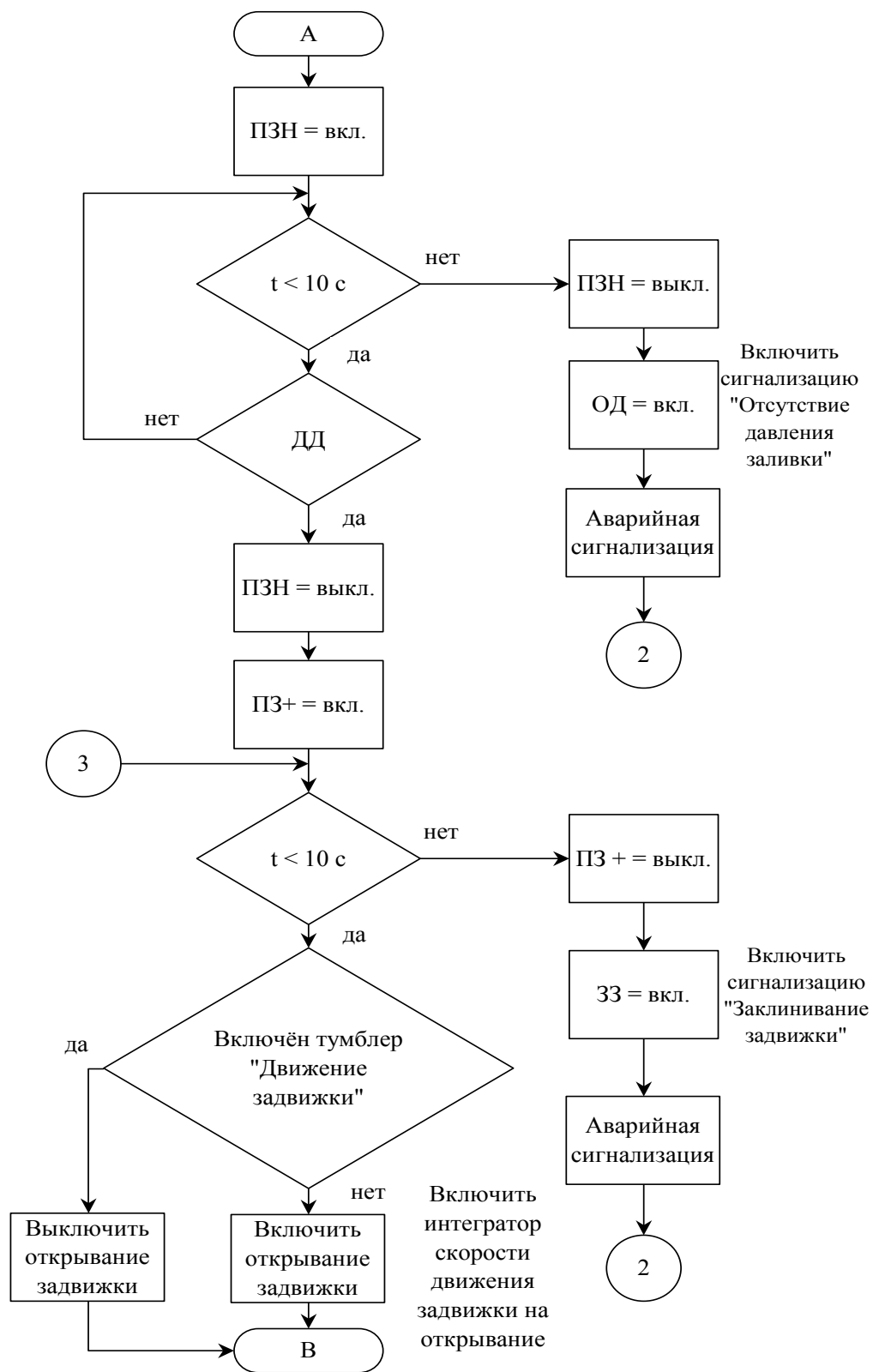


Рис. 2. Продолжение

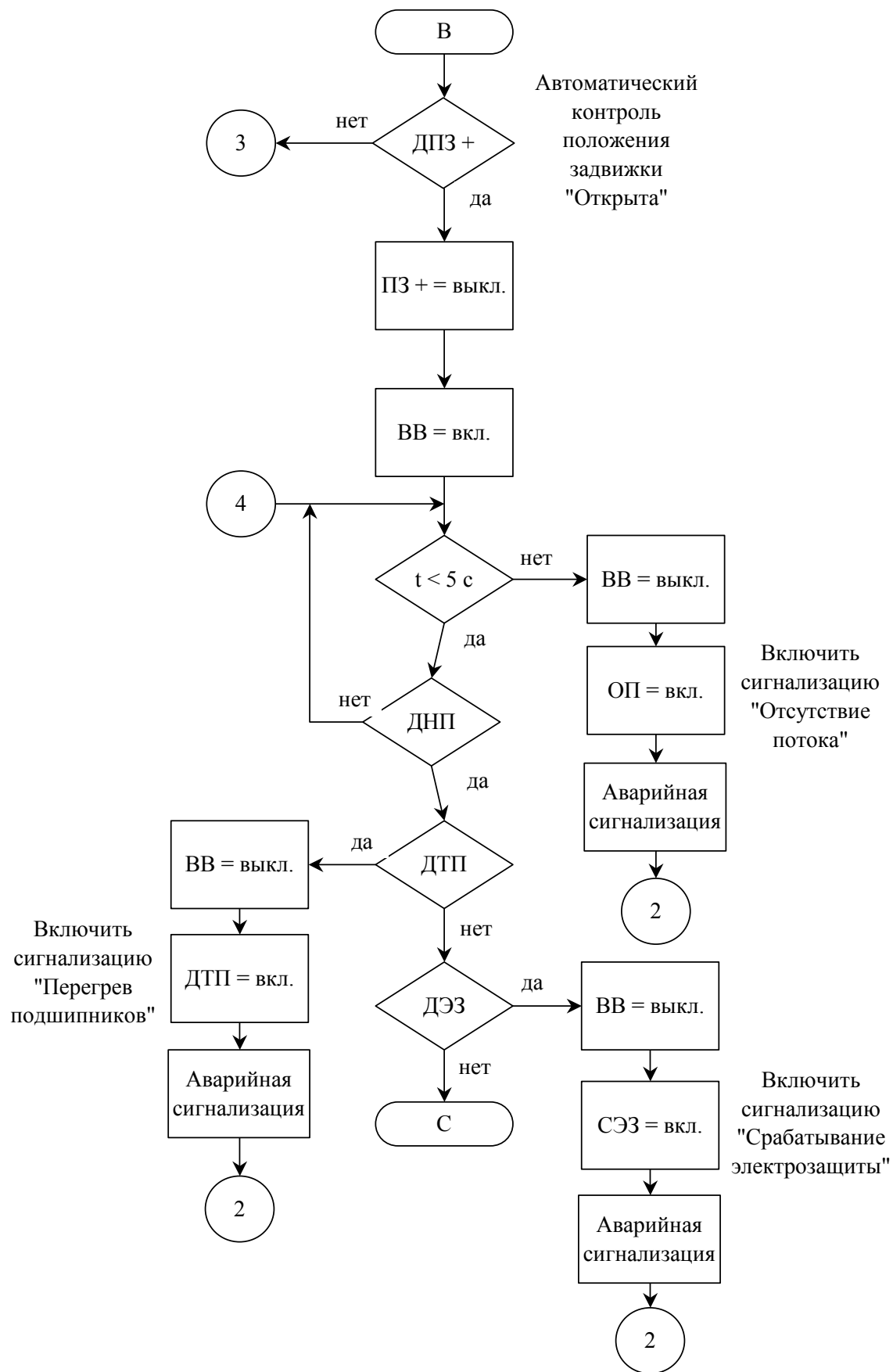


Рис. 2. Окончание





Рис. 3. Алгоритм тестового режима

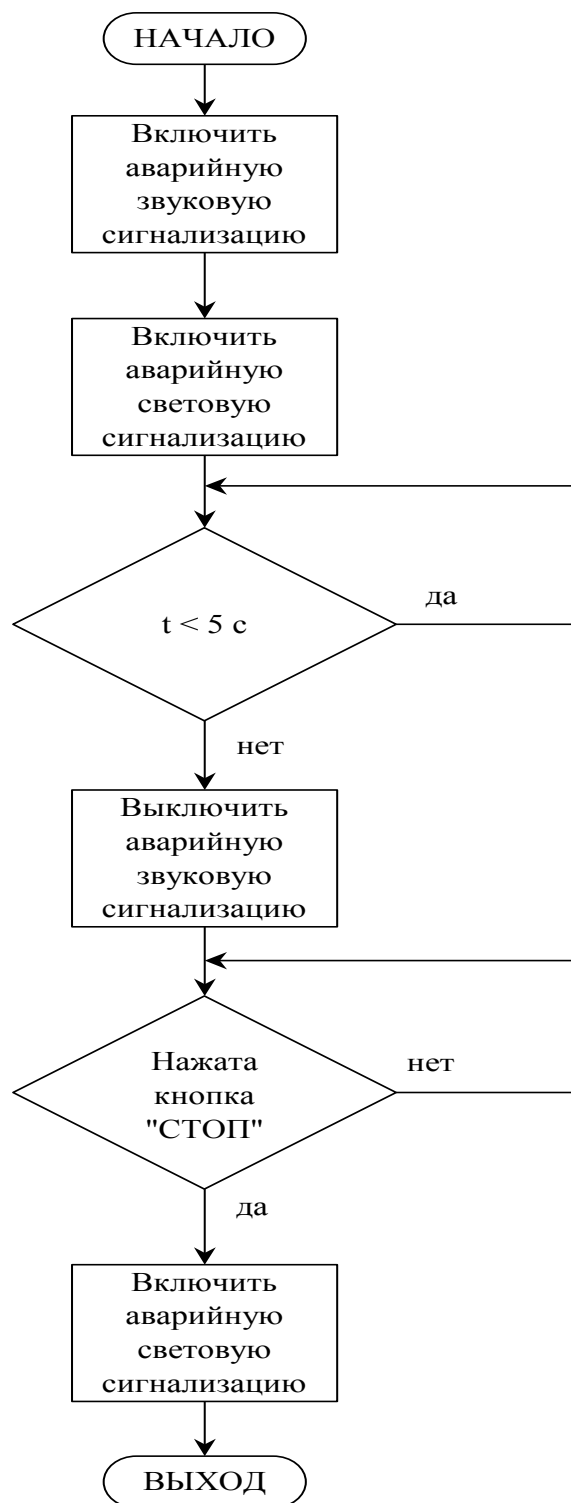


Рис. 4. Алгоритм аварийной сигнализации

## 4.2. Принципиальная схема системы

Для моделирования процессов, протекающих в реальном насосном агрегате, используется имитационная модель, построенная с учетом следующих положений:

1. Датчики нижнего, верхнего уровней и датчики положения задвижки «закрыто», «открыто» реализуются программно, т. е. они срабатывают автоматически.

2. Исполнительные механизмы (элементы) представлены устройствами индикации срабатывания их пускателей – светодиодами. Пускатели имитируются электромагнитными реле.

3. Датчики аварийных режимов представлены кнопками или тумблерами, т. е. они срабатывают при ручном воздействии.

4. Заполнение или откачка водосборника, открытие или закрытие задвижки имитируются работой соответствующих интеграторов потока и скорости.

5. Уровень воды в водосборнике и положение задвижки отображаются стрелочными индикаторами.

Система имеет блочное исполнение. Все элементы управления, индикации и световой сигнализации вынесены на лицевую панель блока, внешний вид которой представлен на рис. 5.

Принципиальная электрическая схема управления насосным агрегатом приведена на рис. 6. Она функционально выполнена на одной печатной плате. Трассировка печатной платы выполнена в программе ACCELEDA 15. Использование печатной платы позволяет резко снизить паразитные наводки на компоненты системы, что повышает устойчивость её работы.

Питание схемы осуществляется от однофазной сети переменного тока 220 В, 50 Гц. В приборе использован унифицированный малогабаритный трансформатор Т1.

Через тумблер SA1 напряжение питания подаётся на трансформатор Т1. На диодный мост VD5 поступает напряжение 12 В, а на диод VD6 – напряжение 24 В.

Выпрямленное и сглаженное конденсаторами С7 и С8 напряжение используется для питания реле К1–К4, имитирующих работу пускателей.



Рис. 5. Лицевая панель блока системы управления

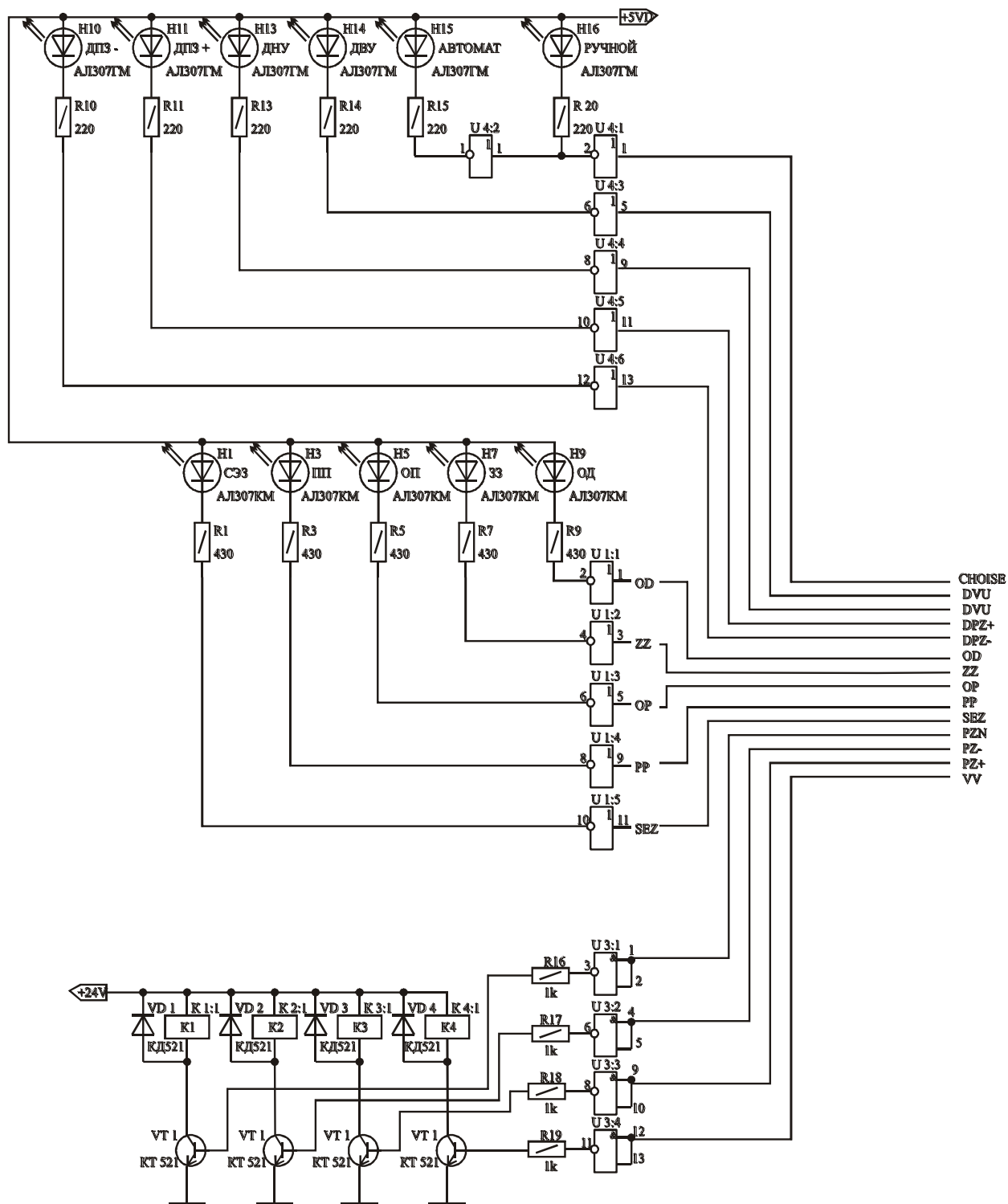


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема системы управления насосным агрегатом

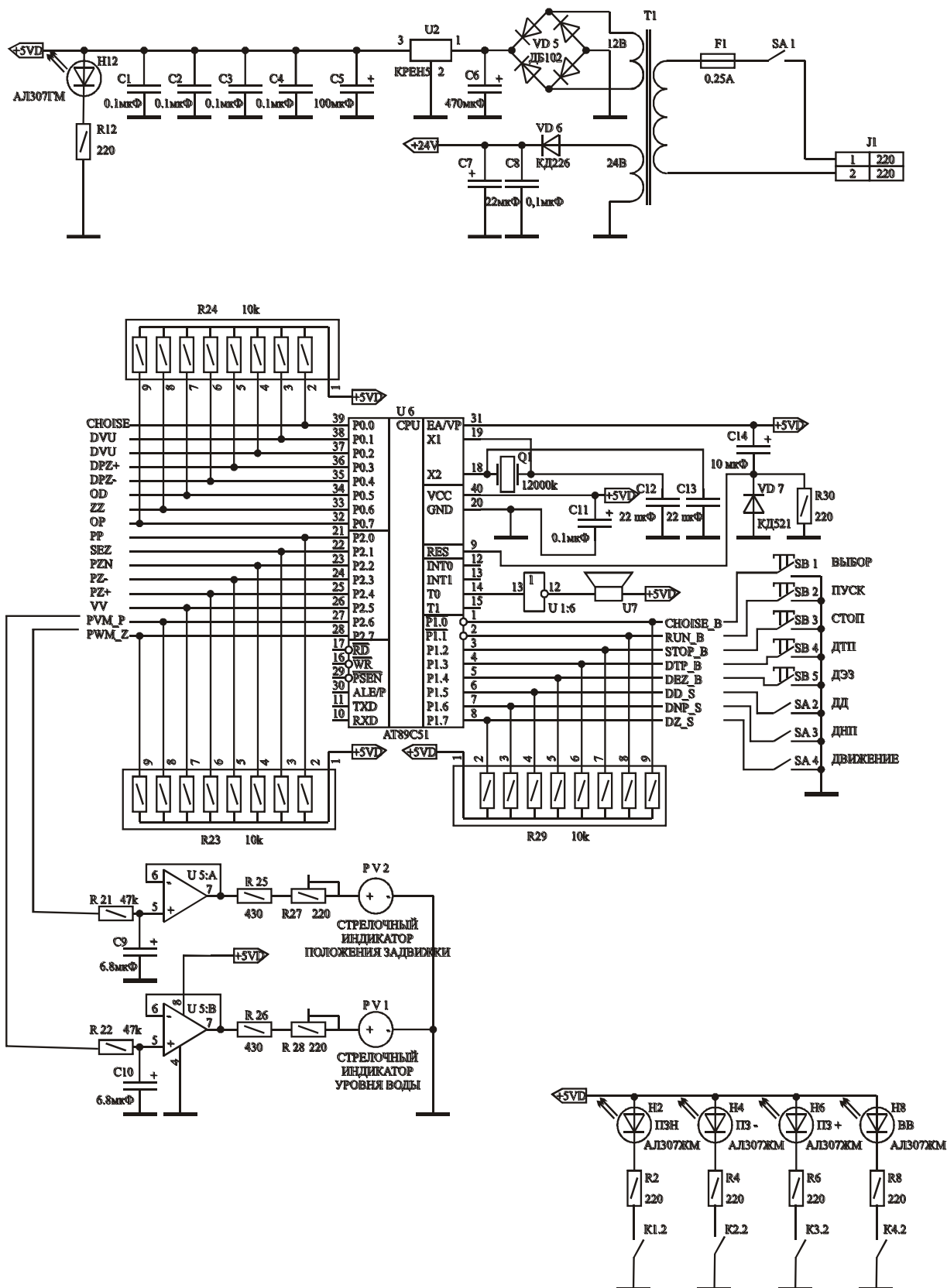


Рис. 6. Окончание

Выпрямленное и сглаженное конденсатором С6 напряжение поступает на интегральный стабилизатор U1 типа КРЕН5. Это напряжение используется для питания остальной части имитатора. С выхода микросхемы получаем стабилизированное напряжение 5 В.

Конденсаторы С1-С4, С11 установлены возле выводов питания всех использованных микросхем для исключения помех по шинам питания.

Светодиод Н12 сигнализирует о наличии питания имитатора.

Для индикации режимов работы предназначены светодиоды Н1-Н11, Н13-Н16, включение которых означает:

- Н1 – сработала электрозащита (СЭЗ);
- Н2 – пускатель заливочного насоса (ПЗН);
- Н3 – перегрев подшипников (ПП);
- Н4 – пускатель закрытия задвижки (П –);
- Н5 – отсутствие потока (ОП);
- Н6 – пускатель открытия задвижки (П +);
- Н7 – заклинивание задвижки (ЗЗ);
- Н8 – высоковольтный выключатель (ВВ);
- Н9 – отсутствие давления (ОД);
- Н10 – датчик положения задвижки «открыто» (ДПЗ –);
- Н11 – датчик положения задвижки «закрыто» (ДПЗ +);
- Н13 – датчик нижнего уровня (ДНУ);
- Н14 – датчик верхнего уровня (ДВУ);
- Н15 – режим «Автомат»;
- Н16 – режим «Ручной».

Светодиоды Н2, Н4, Н6 и Н8 включаются через контакты реле К1, К2, К3 и К4 соответственно. Для управления светодиодами Н1, Н3, Н5, Н7, Н9, Н10, Н11, Н13–Н16 использованы микросхемы U1 и U4 типа К155ЛН2, представляющие собой шесть инверторов с открытым коллекторным выходом. В цепи светодиодов включены балластные резисторы R1–R15, R20, предназначенные для ограничения токов через светодиоды и выходы инверторов.

Для управления реле К1–К4 использованы транзисторы VT1–VT4 и четыре инвертора микросхемы U3. Это сделано для того, чтобы не вывести из строя микросхему высоким напряжением, питающим обмотки реле.

Подача звукового сигнала происходит с помощью зуммера U7 типа HCM1206, подключенного к микроконтроллеру через один из инверторов микросхемы U1. Звук получается подачей микроконтроллером последовательности нулей и единиц на вход инвертора с частотой 2500 Гц, что близко к частоте собственного резонанса излучателя U7, составляющего 2400 Гц.

Тактовая частота микроконтроллера задаётся внешним кварцевым генератором Q1 и составляет 12 МГц, т. е. период выполнения команд микроконтроллером составляет 1 мкс.

Сброс микроконтроллера в начальное состояние происходит с помощью цепочки C14, VD7 и R30.

Имитация датчиков аварийного режима реализована с помощью кнопок SB4, SB5 и тумблеров SA2–SA4, которые означают следующее:

SB4 – датчик температуры подшипников (ДТП);

SB5 – датчик электрозащиты (ДЭЗ);

SA2 – датчик давления заливочного насоса (ДД);

SA3 – датчик наличия потока (ДНП);

SA4 – датчик заклинивания задвижки (запрета ее движения).

Кнопкой SB1 производится выбор ручного или автоматического режима. Предназначение кнопки SB2 «ПУСК» в том, чтобы включать откачку жидкости из ёмкости в ручном режиме в любой момент времени. Кнопка SB3 «СТОП» отключает откачку и закрывает задвижку в ручном режиме в любой момент времени.

Для управления стрелочными индикаторами уровня воды PV1 и положения задвижки PV2 использована широтно-импульсная модуляция (ШИМ).

ШИМ-сигнал представляет собой такую последовательность импульсов, у которой период  $T$  (соответственно и частота, в нашем случае 15 Гц) остаётся неизменным, а изменяется длительность импульса  $t$  (рис. 7). Для получения постоянного напряжения из ШИМ-сигнала используются интегрирующие цепочки R21, C9 и R22, C10, постоянная времени которых, вычисляемая по формуле  $0,7RC$ , в три раза больше периода  $T$  импульсного сигнала. На выходе интегрирующих цепочек получаем аналоговое напряжение, пропорциональное отношению длительности  $t$  к периоду  $T$  ШИМ-сигнала. Чем больше длительность  $t$ , тем выше напряжение на выходе интегрирующей це-



пи. Операционные усилители U5:A и U5:B в данном случае используются для согласования высокого входного сопротивления, необходимого для нормальной работы интегрирующих цепей и низкого выходного сопротивления, обусловленного выбранными стрелочными индикаторами. Резисторные цепочки R25, R27 и R26, R28 необходимы для преобразования выходного напряжения с операционных усилителей в ток управления стрелочными индикаторами.

В тестовом режиме с помощью подстроечных резисторов R27, R28 стрелки индикаторов устанавливаются в крайнее правое положение.

Для крайнего правого положения стрелок индикаторов ШИМ-сигнал имеет форму типа «меандр» (длительность  $t$  импульса такого сигнала равна половине его периода  $T$ ). От  $t = 0$  до  $t = T/2$  используется 128 шагов, что позволяет наблюдать на стрелочных индикаторах относительно плавное движение стрелок. Время заполнения ёмкости выбрано равным 100 с, время откачки ёмкости – 20 с. Время открытия и закрытия задвижки выбрано равным 7 с.

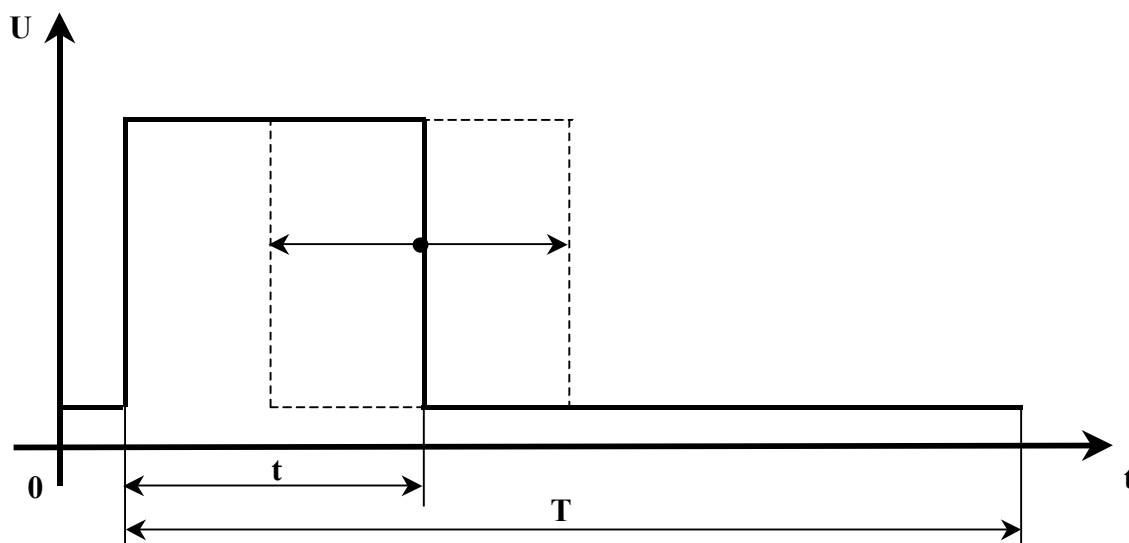


Рис. 7. Выходной сигнал широтно-импульсного модулятора (ШИМ-сигнал)

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ

5.1. Включить тестовый режим (нажать кнопку «Режим» и включить питание прибора). Будет осуществлена проверка работы светодиодов индикации, стрелки индикаторов установятся в крайнее правое положение. При нажатии кнопки «Пуск» произойдёт проверка светозвуковой сигнализации. Выход из тестового режима происходит при нажатии кнопки «Стоп».

5.2. Проверить работу системы в нормальном режиме (нажать повторно кнопку «Режим», загорится светодиод «Автомат»). При этом отклонение стрелки прибора PV1 будет отображать наполнение водосборника (оно начинается с момента включения питания). При достижении водой верхнего уровня загорается светодиод «Датчик верхнего уровня», включается пускатель заливочного насоса, загорается светодиод «Пускатель заливочного насоса» и в течение 5 с происходит проверка заливки насоса. При загорании светодиода датчика «Давление заливки насоса» отключается пускатель заливочного насоса (гаснет светодиод «Пускатель заливочного насоса») и включается пускатель привода задвижки на открытие (загорается светодиод «Пускатель задвижки открыть»). Начнётся движение стрелки прибора PV2, имитирующее перемещение задвижки. В конце движения загорится светодиод «Задвижка открыта». Отключится пускатель задвижки, включится высоковольтный выключатель, загорится светодиод «Высоковольтный выключатель насоса». Стрелка прибора PV1 начнёт возвращаться в исходное положение. При достижении нижнего уровня сработает датчик НУ (загорится светодиод «Датчик нижнего уровня»), включится привод движения задвижки на закрытие (загорится светодиод «Пускатель задвижки закрыть»), начнётся движение стрелки прибора PV2 в исходное положение. В конце этого движения загорится светодиод «Задвижка закрыта», отключится высоковольтный выключатель. Далее процесс повторяется и возникает автоколебательный режим работы системы.

5.3. Проверить работу системы в аварийных ситуациях. Аварийный режим возникает при срабатывании одного из датчиков: ОД, ОП, ЗЗ, ПП, СЭЗ.

5.3.1. При отсутствии давления заливки (тумблер «Давление заливки» устанавливается в левое положение) через 10 с после включе-

ния ПНЗ включится аварийная световая и звуковая сигнализация и ПНЗ отключится. Для выхода из этого аварийного режима следует нажать кнопку «Стоп», после исчезновения звукового сигнала система возвращается в режим ручного управления.

5.3.2. Аналогично работает защита при исчезновении потока откачиваемой жидкости в насосе (тумблер «Наличие потока» устанавливается в левое положение). Аварийный сигнал появляется через 3 с. В результате закроется задвижка и отключится высоковольтный выключатель.

5.3.3. При заклинивании задвижки (тумблер управления движением задвижки установить в правое положение) стрелка индикатора PV2 остановится, сработает звуковая сигнализация и загорится светодиод «Заклинивание задвижки». При отключении этого аварийного режима кнопкой «Стоп» система включит привод задвижки на закрытие.

5.3.4. При перегреве подшипников (нажать кнопку «Температура подшипников») отключается высоковольтный выключатель, загорается светодиод «Перегрев подшипников» и включается звуковая сигнализация. Из этого аварийного режима система выводится при нажатии кнопки «Стоп».

5.3.5. Электрозащита работает аналогично защите от перегрева подшипников при нажатии кнопки «Электрическая защита».

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите основные элементы микропроцессорной системы управления насосным агрегатом.

2. Функции, выполняемые в системе управления микропроцессорным контроллером.

3. Принципы имитации процессов заполнения и откачки водосборника и движения задвижки.

4. Назовите датчики системы, реализованные программным способом.

5. Назовите функции, реализуемые алгоритмом управления насосным агрегатом.

6. Назначение и работа алгоритма тестового режима.

7. Как работает алгоритм аварийной сигнализации?

8. Какими элементами имитируется в системе пусковая аппаратура насосного агрегата?

9. Как осуществляется в системе индикация уровня воды и положения задвижки?

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принцип действия систем автоматизации цементных мельниц, выполненных на базе: а) аналоговых регуляторов; б) управляющей вычислительной машины (УВМ).

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

2.1. Записать функции и составить структурную схему системы автоматического регулирования цементной мельницы, используя ФСА последней (рис. 1).

2.2. Записать функции и представить структурную схему системы управления цементной мельницы с УВМ.

## **3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ МЕЛЬНИЦ**

### **3.1. Технологические основы автоматизации процесса помола исходных компонентов цемента**

Из бункеров тарельчатыми питателями через загрузочную воронку исходные материалы подаются в шаровую трубную мельницу, в которой измельчаются и смешиваются. Полученный в результате измельчения и смешения клинкера и добавок цемент попадает в приемный бункер пневмовинтового насоса, с помощью которого направляется далее на склад готовой продукции. Каждая цементная мельница оборудуется системой аспирации, предназначенной для вентиляции мельницы и создания условий, исключающих выбивание пыли через неплотности, образуемые в местах сопряжений, например между вращающейся цапфой мельницы и аспирационной коробкой, выбивание пыли через загрузочную точку, смотровые люки и т. п.

При обычной работе системы аспирации вместе с воздушным потоком выносятся мелкие фракции измельчаемого материала. При этом общее количество выведенного из мельницы материала составляет небольшой процент. Это объясняется тем, что средняя доля ра-

бочего воздуха, несущего частицы измельченного материала, невелика. Из аспирационного потока пыль в основном выводится из шахтной аспирационной коробки в приемный бункер пневмовинтового насоса. Дальнейшая очистка аспирационного воздуха от пыли осуществляется с помощью фильтров, из которых пыль через ячейковые затворы также поступает в приемный бункер пневмовинтового насоса.

Измельчение материалов в цикле однократного прохождения его по мельнице обусловлено некоторой простотой обслуживания основного оборудования. Однако мельницы при ручном их управлении требуют от обслуживающего персонала постоянного внимания к качеству помола материала. Это объясняется повышенной «чувствительностью» процесса ко всем изменениям и отклонениям режима помола, которые происходят как от внешних факторов (изменения гранулометрического состава материалов, влажности и др.), так и от внутренних (изменения шаровой загрузки мельниц по причине истирания шаров, несоблюдения загрузки шарами заданных размеров и т. п.).

Устранить эти причины можно технологической наладкой агрегатов и соблюдением технологической дисциплины.

Как было указано выше, исходные материалы подвергаются предварительному дроблению и сушке. Технологическими нормами установлено, что крупность материалов, подаваемых в цементную мельницу, не должна превышать заданных размеров: для твердых материалов (активных или инертных) размеры кусков не должны быть более 10 мм, а для мягких (гипса, трепела, опоки) – 30 мм.

Влажность материалов, подаваемых в мельницу, также не должна превышать следующих величин: для клинкера – 0,5 %, для гипса – 10 %, для шлака гранулометрического и природных пуццолановых добавок – 2 %, для известняков, мергеля (пластичного) – 1 %.

Изменение физико-механических характеристик исходных компонентов (гранулометрического состава, влажности, размолоспособности и др.) приводит к отклонению режима помола от номинального значения.

Технологическая наладка каждого агрегата должна выполняться в соответствии с технической характеристикой по паспорту. Загрузка мелющими телами должна быть такой, при которой выполнялось бы

условие максимальной его производительности при заданной тонкости помола.

Характеристики многокамерной шаровой трубной мельницы могут изменяться также из-за перераспределения в процессе помола материала между камерами.

Как известно, в шаровой трубной мельнице обеспечивается поддержание уровня загрузки в первой камере мельницы. Однако при наличии двух и более камер поддержание уровня загрузки первой камеры не учитывает возможности измельчения материала в последующих. Так, с увеличением крупности подаваемого в мельницу материала для удержания заданного уровня загрузки в первой камере подача исходных материалов на вход в мельницу уменьшается, что приводит к уменьшению поступления материала в последующие камеры и к его переизмельчению; с уменьшением крупности подаваемого в мельницу материала подача исходных материалов увеличивается, что приводит к более грубому помолу. Как видно из описания работы цементной мельницы и факторов, влияющих на изменение режима измельчения, для поддержания выбранного технологического режима требуются технологический контроль и автоматическое регулирование ряда параметров.

### **3.2. Функциональная схема автоматизации процесса помола в цементной мельнице с аналоговыми регуляторами**

Схемой (рис. 1) предусматриваются контроль, автоматическое регулирование, дистанционное управление и сигнализация. На схеме приняты следующие обозначения: 1а, 2а, 3а, 5а – исполнительные механизмы; 1б, 2б, 3б – датчики наличия материала на тарелках питателей; 1в, 2в, 3в, 5в – магнитные усилители; 1г, 2г, 3г, 5г – регуляторы (расхода исходных компонентов и разрежения в мельнице); 1д, 2д, 3д, 5д – задатчики; 1е, 2е, 3е, 5е – приборы-указатели положения регулирующих органов исполнительных устройств системы управления (указатели расхода компонентов цемента и воздуха вентиляции мельницы); 4а – микрофон электроакустического устройства контроля уровня загрузки мельницы; 4б – прибор-указатель уровня загрузки мельницы (массы компонентов цемента в первой камере); 4в – прибор, регистрирующий расход клинкера и уровень загрузки мельницы;

5б – датчик разряжения в мельнице; б – измеритель тонкости помола цемента; 1, 2, 3, 4 – магнитные пускатели электродвигателей тарелок питателей и вентилятора; КН1, КН2, КН3, КН4 – кнопки управления электродвигателями 1Д, 2Д, 3Д, 4Д исполнительных устройств; НЛ1, НЛ2, НЛ3, НЛ4 – лампы сигнальные включения электродвигателей; НЛ5, НЛ6, НЛ7 – лампы сигнальные отсутствия материала на тарелках питателей; 1ПР, 2ПР, 3ПР, 4ПР – переключателей выбора режима управления исполнительными механизмами (ДИСТ/АВТ); 1КУ, 2КУ, 3КУ, 4КУ – ключи ручного управления ИМ (Больше/Меньше).

### **3.2.1. Контроль параметров**

Управление процессом помола, осуществляемое обслуживающим персоналом вручную в период пуска и вывода мельницы на номинальный режим, или управление с отключенной автоматикой, а также настройка САР требуют контроля, который осуществляется с помощью показывающих и автоматических самопишущих приборов. Например, контроль уровня загрузки мельницы материалом позволяет машинисту вручную вести процесс помола в нужном режиме, судить о прекращении поступления материала в мельницу, о перегрузке мельницы материалом и др.

Как видно из описания цементной мельницы, в процессе ее работы могут изменяться следующие параметры: расход клинкера, расход гипса и добавок, уровень загрузки материалом первой камеры мельницы, тонкость помола цемента на выходе из мельницы, разрезание в мельнице и др.

Уровень загрузки первой камеры мельницы измеряется электроакустическим устройством по частоте шума камеры мельницы.

В качестве дозаторов компонентов цемента применяются тарельчатые питатели. Количество питателей устанавливается по числу компонентов: клинкера, гипса и добавок.



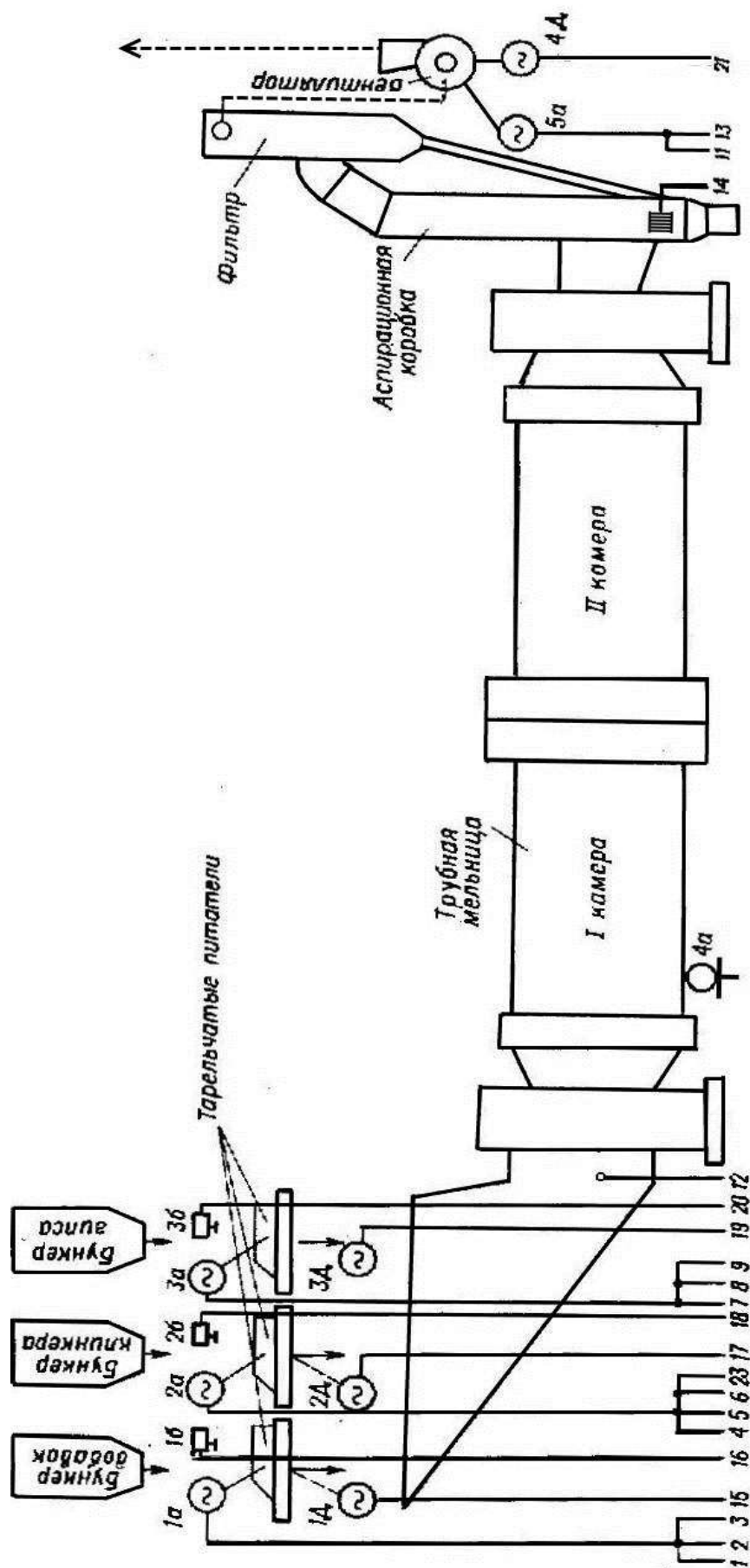


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации цементной мельницы

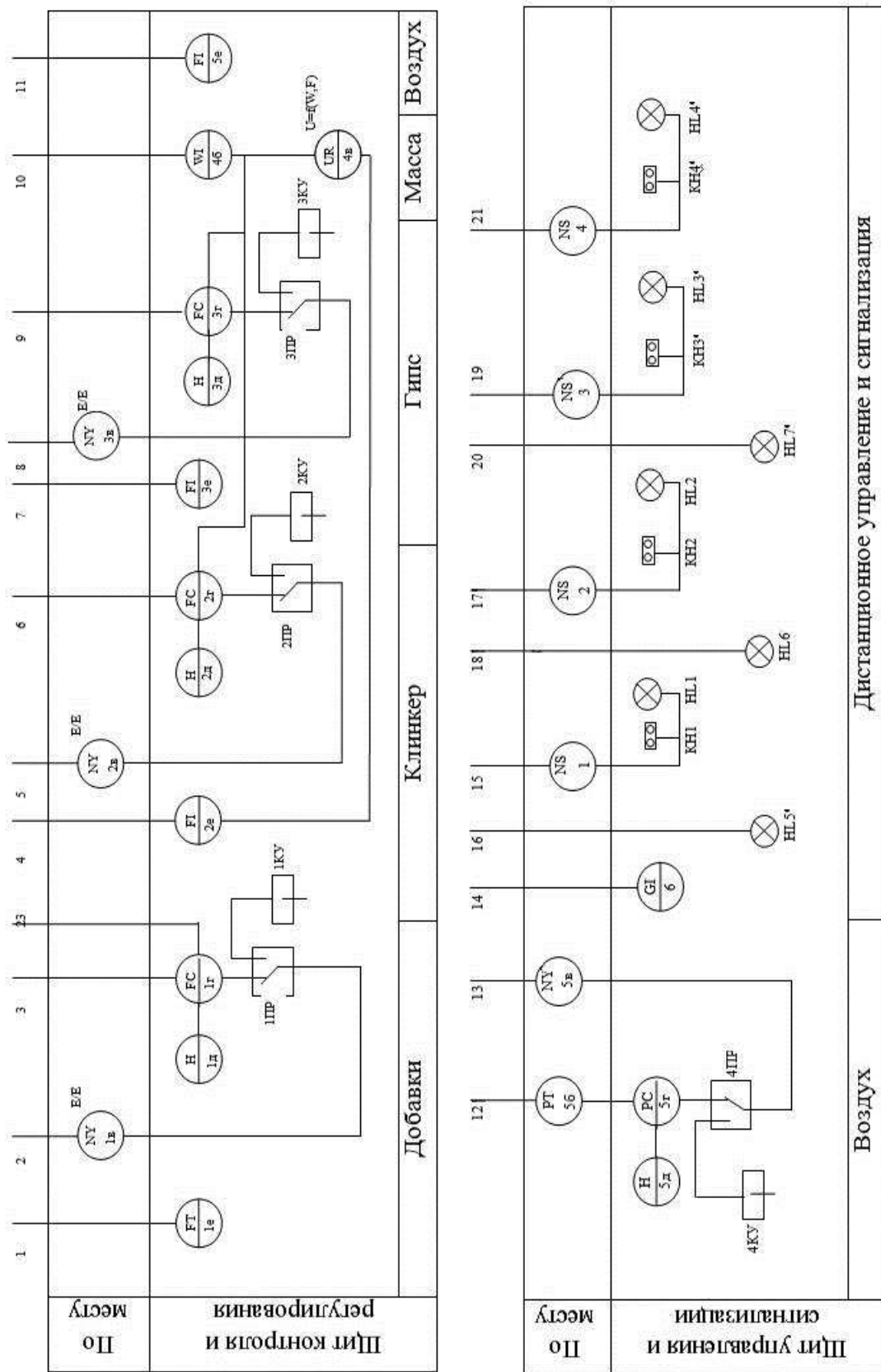


Рис. 1. (Продолжение)

Тонкость помола измельченного материала на выходе мельницы определяется ситовым анализом или с помощью автоматического анализатора.

### **3.2.2. Автоматическое регулирование**

Для стабилизации режимов помола в шаровых многокамерных цементных мельницах, работающих в открытом цикле, применяются системы, обеспечивающие:

1) автоматическое регулирование уровня загрузки мельницы материалом (в том числе с коррекцией по тонкости помола);

2) автоматическое регулирование соотношения исходных материалов;

3) автоматическое регулирование разрежения в мельнице. Автоматическое регулирование уровня загрузки мельницы осуществляется путем воздействия на подачу исходных материалов: клинкера и гипса. При изменении уровня материала в мельнице сигнал, пропорциональный частоте шума первой камеры мельницы, поступает, от прибора 4б на электронные регуляторы 2г и 3г, которые воздействуют на исполнительные механизмы 2а и 3а, сочлененные с ножами тарельчатых питателей клинкера и гипса. От индуктивных датчиков исполнительных механизмов 2а, 3а на входы регуляторов 2г, 3г поступают также сигналы обратных связей по расходу клинкера и гипса.

При изменении уровня загрузки мельницы срабатывают регуляторы 2г, 3г и включают свои исполнительные механизмы. При этом ножи тарельчатых питателей устанавливаются в новое положение, изменяя расход клинкера и гипса с сохранением их заданного соотношения.

Регулирование расхода добавок осуществляется в соответствии с расходом клинкера в заданном соотношении отдельным регулятором 1г, на вход которого подается сигнал от индуктивного датчика исполнительного механизма 2а. На вход этого регулятора поступает также сигнал обратной связи от индуктивного датчика исполнительного механизма 1а, сочлененного с ножом тарельчатого питателя добавок (обратная связь по расходу добавок).

С изменением подачи клинкера срабатывает регулятор добавок и включает свой исполнительный механизм. Исполнительный меха-

низм 1а перемещает нож тарельчатого питателя в новое положение, при котором сохраняется заданное соотношение расхода клинкера и добавок.

Система автоматического регулирования загрузки первой камеры мельницы учитывает лишь динамические характеристики первой камеры. В многокамерной мельнице могут возникать дополнительные возмущения, которые приводят к изменению тонкости помола на выходе из мельницы.

В двухкамерной мельнице, например, с увеличением крупности материалов на входе в мельницу время измельчения их увеличится и САР уровня загрузки мельницы уменьшит подачу материалов в нее. Это приведет к более длительному прохождению материала через вторую камеру и к его переизмельчению. При подаче в мельницу мелкого материала произойдет обратное явление. В связи с этим требуется перенастройка САР уровня загрузки мельницы или введение коррекции. На практике она производится обслуживающим персоналом вручную. Автоматический ввод коррекции может быть осуществлен при непосредственном автоматическом контроле тонкости помола материала на выходе из мельницы непрерывно или периодически. В рассматриваемой системе автоматизации (рис. 1) коррекция САР уровня осуществляется оператором по данным прибора б.

### **3.2.3. Дистанционное управление**

При автоматизации помольных агрегатов вся измерительная и регулирующая аппаратура размещается на цеховых щитах. На этих щитах и на пультах управления размещаются также ключи и переключатели управления, указатели положения и другая аппаратура.

На схеме рис. 1 показано дистанционное управление подачей каждого из компонентов в мельницу (ключи управления 1КУ, 2КУ, 3КУ), а также электродвигателями тарельчатых питателей (кнопки КН1, КН2, КН3) и вентилятора (КН4). Переключение с автоматического регулирования на дистанционное управление и обратно осуществляется переключателями 1ПР, 2ПР, 3ПР, 4ПР. При переходе на дистанционное управление переключатель устанавливается в положение «ДИСТ». При повороте ключа управления в положение «Больше» или «Меньше» нож тарельчатого питателя переводится и устанавливается по указателю 1е, 2е, 3е в нужное положение. Обслу-

живающий персонал пользуется системой дистанционного управления в период пуска агрегатов и выхода из строя автоматики.

#### **3.2.4. Сигнализация**

От надежной работы помольного агрегата, его вспомогательного оборудования зависит качество цемента. Прекращение подачи материала в мельницу, вызванное по причине его зависания в бункере или вынужденного останова электропривода тарельчатого питателя, приводит к нарушению технологического режима, к изменению химического состава цемента. Предусмотренная схемой сигнализация останова электропривода тарельчатого питателя (лампы HL1, HL2, HL3), а также отсутствия подачи материала из бункера на тарелку питателя (лампы HL5, HL6, HL7), своевременно предупреждает обслуживающий персонал.

Дополнительно предусматривается также сигнализация изменения температуры подшипников мельницы, останова мельницы и др.

### **3.3. Система управления цементной мельницей открытого цикла при помощи управляющей вычислительной машины**

При описании работы схемы автоматизации процесса помола в цементной мельнице открытого цикла было дано обоснование необходимости управления процессом помола по тонкости помола. Применение только САР уровня загрузки материалом первой камеры мельницы, без корректирующего воздействия по тонкости помола цемента на выходе из нее, объясняется прежде всего сложным характером динамических характеристик объекта регулирования по каналу «тонкость помола цемента на выходе мельницы – подача исходных материалов в мельницу» (большое время запаздывания такой системы – до 20 мин и большая величина постоянной времени – до 15 мин). Это затрудняет решение вопроса по использованию системы регулирования на основе применения аналоговых регуляторов. Подобные задачи могут быть решены с использованием управляющей вычислительной машины. На рис. 2 показана двухкаскадная схема регулирования: один каскад (промежуточный) – по уровню загрузки материалом первой камеры мельницы, второй каскад (выходной) – по

отклонению тонкости помола цемента от заданного значения на выходе из мельницы. В качестве датчиков применяются: в промежуточном контуре – электроакустическое устройство ЭУ, в выходном – автоматический прибор тонкости помола цемента ПТП.

На схеме (см. рис. 2) приняты следующие обозначения:  $f$  – величина частоты шума камеры мельницы;  $\mu$  – величина тонкости помола;  $U$  – вектор управляющего воздействия; 1 – вычисление управляющего воздействия промежуточного каскада; 2 – учет инерционности мельницы; 3 – задержка на время запаздывания; 4 – выделение чистого возмущения; 5 – статистический прогноз возмущения; 6 – вычисление управляющего воздействия выходного каскада; 7 – суммирование управляющих воздействий; ПТП – прибор измерения тонкости помола; УСО – устройство связи с объектом; ЭУ – электроакустическое устройство изменения уровня загрузки камеры мельниц.

В качестве управляющей вычислительной машины в рассматриваемой системе управления могут быть применены различные промышленные компьютеры либо программируемые логические контроллеры. Сигналы от датчиков загрузки мельницы, тонкости помола, расхода исходных материалов поступают на УВМ через устройство УСО.

Вычисление управляющего воздействия промежуточного каскада производится вычислительной машиной по алгоритму управления, соответствующему работе регулятора загрузки первой камеры мельницы.

Вычисление управляющих воздействий выходного каскада осуществляется и выбирается УВМ по алгоритму управления, в основу которого входит статистический расчет, учитывающий инерционность мельницы. УВМ по программе выполняет определенную последовательность математических операций.

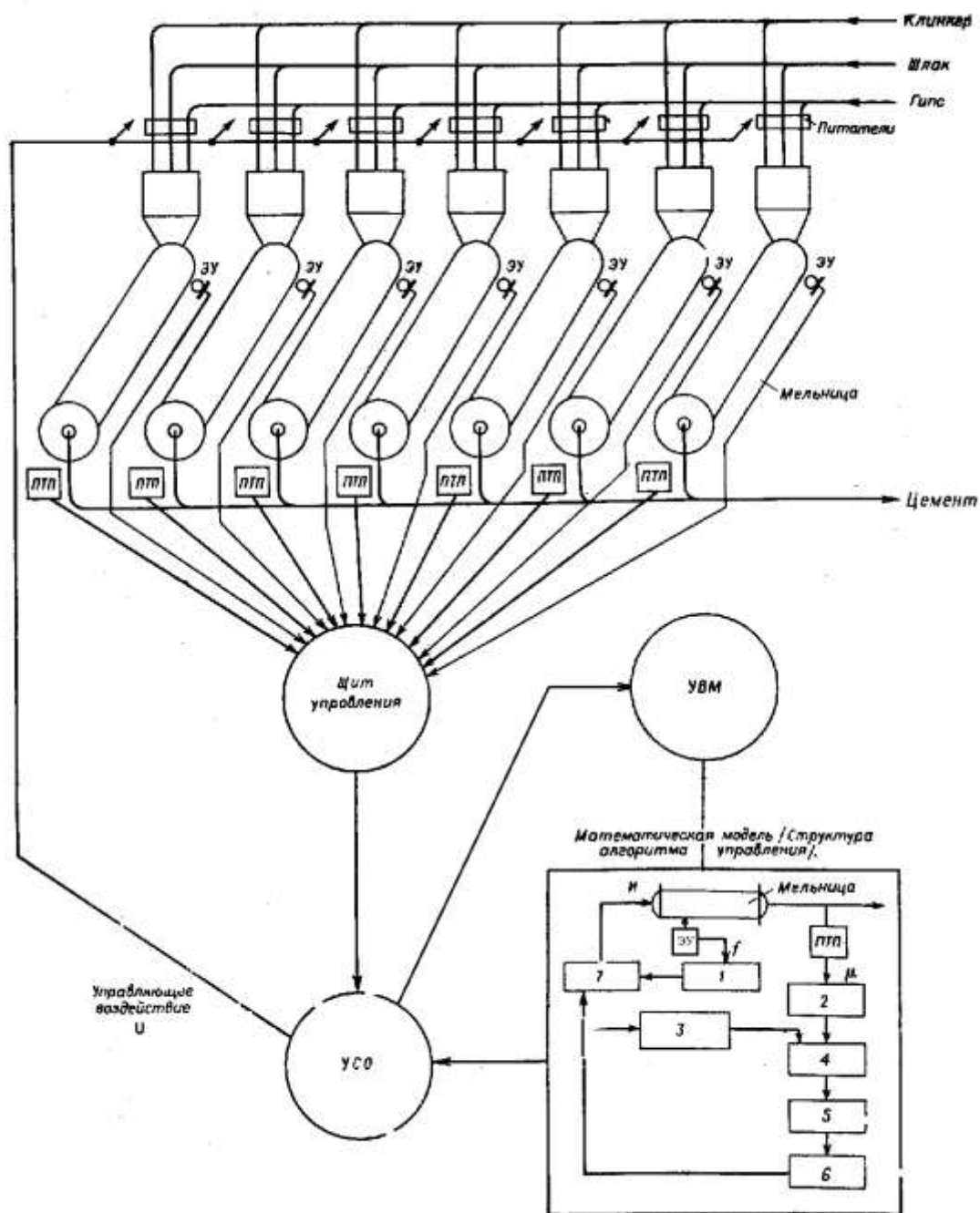


Рис. 2. Система управления цементными мельницами с использованием управляющей вычислительной машины

Суммированное управляющее воздействие от УВМ через устройство связи с объектом УСВ передается на исполнительные механизмы питателей.

#### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Функции автоматического контроля в системах автоматизации цементных мельниц (ЦМ).
2. Регулируемые параметры в системах автоматизации ЦМ.
3. Назначение вторичных приборов в аппаратной системе управления ЦМ (СУЦМ).
4. Автоматические регуляторы в СУЦМ.
5. Исполнительные механизмы в СУЦМ.
6. Виды сигнализации в СУЦМ.
7. Система автоматического регулирования разряжения в ЦМ.
8. Назначение УВМ в СУЦМ.



# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ЗАВОДАХ ЖБИ И БЕТОННЫХ ЗАВОДАХ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия систем автоматизации термовлажностной обработки железобетонных изделий (ЖБИ) и бетонного завода-автомата

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА**

- 2.1. Система автоматизации пропарочной камеры ямного типа
- 2.2. Структурная схема завода-автомата

## **3. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ**

### **3.1. Автоматизация пропарочных камер**

Основной задачей автоматизации пропарочных камер является автоматическое программное управление тепловым режимом в камере с целью получения необходимой прочности железобетонных изделий при минимальных затратах энергии и времени. Наряду с этим осуществляется автоматический контроль параметров пара, подводимого к камере и находящегося внутри нее.

В качестве примера рассмотрим систему автоматизации пропарочной камеры ямного типа, представленную на рис. 1.

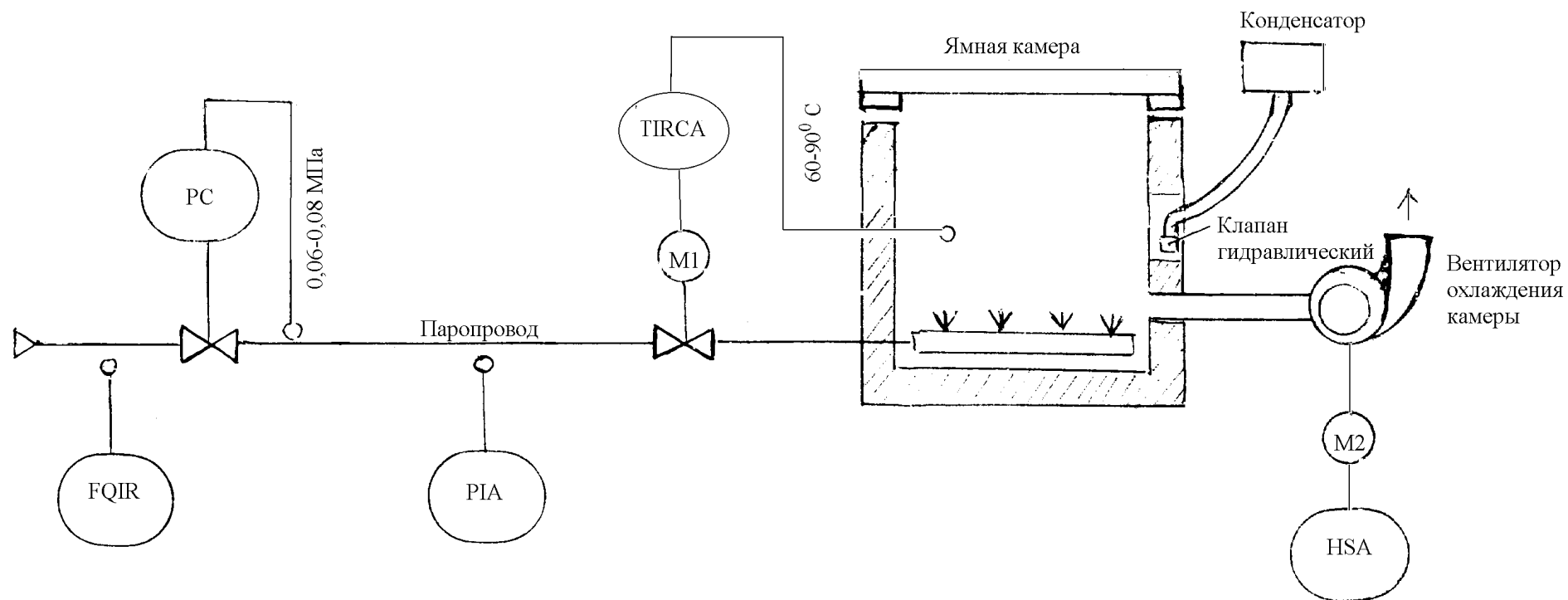


Рис. 1. Система автоматизации пропарочной камеры ямного типа

Камера с изделиями нагревается паром через перфорированную трубу, расположенную внизу камеры. Давление пара в подводящей магистрали стабилизируется регулятором прямого действия. Датчик температуры паровоздушной среды (терморезистор) устанавливается в рабочем пространстве камеры. Управление подачей пара осуществляется электродвигательным исполнительным механизмом М1, охлаждение камеры - вентилятором с электродвигателем М2. Цикл управления состоит из двух этапов: 1) тепловая обработка изделий; 2) охлаждение камеры.

Система автоматизации обеспечивает следующие функции:

1) автоматический контроль (индикация и регистрация) параметров – температуры паровоздушной среды, давления и расхода пара;

2) автоматическую сигнализацию о работе вентилятора, об отклонении давления пара от заданных значений (давление нормальное, понижено, низкое);

3) автоматическое программное регулирование температуры паровоздушной среды в камере;

4) дистанционное управление электродвигателем вентилятора охлаждения камеры.

Автоматическое регулирование теплового режима в камере может обеспечиваться как дискретными, так и непрерывными регуляторами, а также микропроцессорными средствами.

На заводах ЖБИ для автоматизации процессов тепловой обработки применяются промышленные регуляторы температуры типа ПРТЭ-2М, ЭРП-61, системы централизованного контроля и программного управления тепловлажностной обработки изделий ПУСК-3П, СКР-Ж. Разработана микропроцессорная система управления, позволяющая обслуживать до 16 пропарочных камер. Система представляет собой сеть микроконтроллеров на базе однокристальных ЭВМ серии КР1816 и одной центральной микроЭВМ.

### **3.2. Автоматизация процессов термовлажностной обработки изделий в кассетах**

В настоящее время широкое распространение получили кассеты с двухсторонним обогревом каждого изделия и кассеты, в которых паровые отсеки обогревают два изделия.

При автоматизации кассетных установок предусматривается автоматический контроль параметров пара и программное регулирование температуры пара в тепловых отсеках кассет.

Условием эффективности автоматизации тепловой обработки в кассетах является стабилизация давления пара на отводе паровой магистрали. Регулирование процесса непосредственно по температуре бетона в кассетах затруднено. Недостаточно эффективным является и регулирование режима по температуре среды в отсеках, так как датчики при этом измеряют температуру, не соответствующую средней температуре бетона. Поэтому в качестве регулируемого параметра берется температура конденсата, отводимого из паровых отсеков. Автоматическая система контроля и регулирования термовлажностной обработки железобетонных изделий в кассетных установках (рис. 2) выполнена на современной аппаратуре – комплексе технических средств локальной информационно-управляющей системы (КТС ЛИУС). Она осуществляет двухпозиционное регулирование по отклонению.

Сигнал от терморезистора ТР преобразуется в частоту блоком ППНС. Затем сигнал передается на коммутатор частотных сигналов адреса БКСА. В этом блоке вырабатываются адреса датчика и приемника. Из блока БКСА через групповой коммутатор БКСГ сообщение поступает на частотно-цифровой преобразователь БПСЦ4, где информация кодируется и обрабатывается.

Частотный сигнал от ППНС поступает также и в блок вычисления регулирующего воздействия БРСР. В этот же блок поступают частотные сигналы от блока задания программы БДСЦ. Задания программ формируются в нормальном двоичном коде с числом слов, равным 12, и числом разрядов в слове, равным 10.

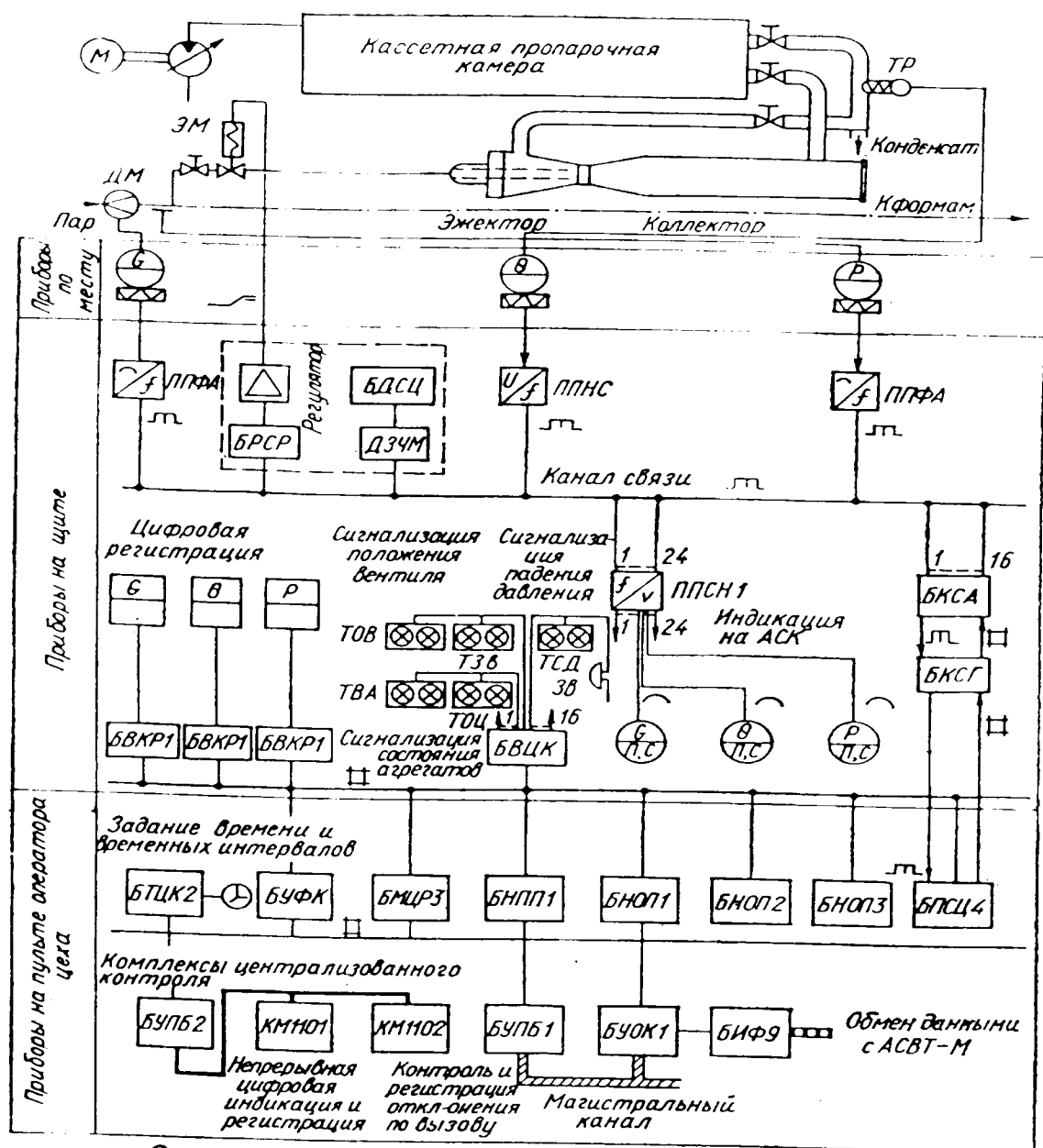


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации кассетной установки с использованием аппаратуры КТС ЛИУС

Сигнал от БДСЦ подается на БРСР через дистанционный задатчик ДЗЧМ. В блоке вычисления БРСР сравниваются сигналы от программного блока и от терморезистора ТР. Вычисленное отклонение усиливается, формируется закон регулирования, и управляющий импульс воздействует через исполнительный механизм на электромагнитный клапан ЭМ.

В этой системе измеряется также давление пара на входе в пропарочную камеру и расход пара. Сигналы от соответствующих датчиков блоками ППФА преобразуются в частотные сигналы, которые проходят через коммутатор адреса БКСА и групповой коммутатор БКСГ. Получившие адреса сообщения сигналы кодируются в блоке БПСЦ4 и в закодированном виде перерабатываются в блоках обработки информации: БНОП, БНПП1, БМЦРЗ, БУФК. Для дальнейшей обработки информация поступает в АСВТ-М и магистральный канал.

Через соответствующие блоки вывода ППСН1, БВЦК и БВКР1 информация отображается на приборах системы АСК, через блок вывода БВЦК – на приборах системы УЛТ, а через БВКР1 сигнализируются события и состояния в системе.

В системе предусмотрены блок времени, датчики ручного ввода информации и системные комплексы КТС ЛИУС, позволяющие осуществлять централизованный контроль и управление технологическими процессами.

Нормальный технологический режим термовлажностной обработки изделий в кассетах возможен при давлении пара после группового регулятора не менее 0,15 МПа ( $1,5 \text{ кгс/см}^2$ ). При этом давление пара у наиболее удаленной кассеты при открытом вентиле составляет примерно 0,09 МПа ( $0,9 \text{ кгс/см}^2$ ). В случае падения давления пара ниже 0,1 МПа срабатывает реле давления, которое включает звуковой и световой сигналы. Своими размыкающимися контактами реле давления разрывает цепи питания программного регулятора температуры, электромагнитных клапанов и аварийного реле времени. При этом автоматически удлиняется время термообработки изделий, так как электромагнитные клапаны кассет открываются, а лекала регуляторов температуры останавливаются. При восстановлении рабочего давления пара схема автоматически включается.

Автоматизация процесса тепловой обработки позволяет снизить расход пара по сравнению с ручным управлением на 22–25 %.

Аналогичные системы автоматизации процесса термовлажностной обработки железобетонных изделий осуществляются в

горизонтальных формах с термоподдонами, матрицах, объемно-формирующих установках и пакетирующих.

#### 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ БЕТОННЫХ ЗАВОДОВ

Особое значение в строительстве имеет правильная организация бетонного хозяйства. Для снабжения товарным бетоном и раствором различных строительных объектов в настоящее время создаются бетонные и бетонорастворные заводы производительностью от 6 до 500 м<sup>3</sup>/ч. В зависимости от назначения, бетонные заводы бывают временные, стационарные, сборно-разборные и передвижные. По компоновке оборудования бетонные заводы классифицируются на высотные и ступенчатые. Кроме того, различают заводы по приготовлению мокрой и сухой бетонной смеси. Последние применяются для строительства с разбросанным фронтом укладки бетона. Бетон в этом случае готовят в пунктах укладки или в автобетономешалках в процессе транспортировки.

Технологическая схема типового бетонного или бетонорастворного завода состоит из следующих частей: отделения приемки материалов, тракта подачи заполнителей, тракта подачи цемента, тракта подачи жидких компонентов, дозирочно-смесительного отделения, тракта выдачи бетона.

**Тракт подачи заполнителей** состоит из автоматизированного склада заполнителей и транспортной системы (ленточных конвейеров и поворотной воронки), обеспечивающей наполнение расходных бункеров дозирочно-смесительного отделения.

**Тракт подачи цемента** включает силосные цементные склады и пневматический транспорт (аэрожелоб, пневмовинтовой насос и винтовой эрлифт).

**Дозировочно-смесительное отделение** содержит комплект весовых дозаторов непрерывного действия и бетоносмесители непрерывного действия. Каждый бетоносмеситель снабжен бункером-накопителем.

**Тракт выдачи бетонной смеси** включает систему заказа марки и количества замесов, автомобильные весы, выдвижной желоб и светофорную сигнализацию.

Основным технологическим оборудованием бетонных заводов являются дозаторы, смесители и весовая платформа.

**Весовые дозаторы** непрерывного действия предназначены для подачи постоянного количества материала в единицу времени. Регулирование производительности дозаторов непрерывного действия осуществляется двумя способами: 1) изменением количества подаваемого на конвейерную ленту материала при постоянной скорости перемещения ленты конвейера; 2) изменением скорости конвейерной ленты при постоянном наполнении конвейера материалом.

В настоящее время выпускаются различные дозаторы непрерывного действия. Дозатор для заполнителей 0633Д с консольной подвеской и постоянной скоростью конвейерной ленты применяется на передвижных бетоносмесительных установках. Дозатор для заполнителей С313АИ с параллельной подвеской весового конвейера, движущегося с постоянной скоростью, используется в стационарных установках. Производительность дозатора регулируется вибрационным электромагнитным питателем. Дозаторы типа С781 предназначены для дозирования цемента и работают с регулируемой скоростью весового конвейера. Регулирование достигается изменением передаточных отношений вариаторов. Аналогичный дозатор типа С864 предназначен для дозирования песка и щебня. Для дозирования жидкостей выпускаются насосы-дозаторы плунжерного типа Б7 и Б3 и цифровой дозатор типа ДАТ-1.

**В смесительных машинах** непрерывного действия загрузка барабанов, перемешивание и выгрузка готовой смеси ведутся одновременно и непрерывно. В смесителях типов С543Б-03 и С543Б-02 смесь выгружается через копильник, а в смесителе типа С473-1 – без копильника. В смесителе С314А смесь выгружается непосредственно через торец барабана.

На бетонных заводах непрерывного действия для взвешивания отпускаемого потребителям товарного бетона, транспортируемого на автомашинах, применяется **автоматическая весовая**



**платформа** типа С710-100 грузоподъемностью 15 т и точностью взвешивания 1–2 %.

Для обеспечения высокого качества и стабильности продукции строятся автоматизированные бетонные заводы, наиболее совершенными из которых являются бетонные заводы-автоматы. В качестве примера рассмотрим типовой проект бетонного завода-автомата непрерывного действия производительностью 60 м<sup>3</sup>/ч. Структурная схема завода-автомата представлена на рис. 3. Управление технологическим процессом осуществляется при помощи перфокарт ПК. Система автоматического управления охватывает следующие процессы:

- приемку материалов, поступивших на завод,
- загрузку в расходные бункера заполнителей, цемента и жидких компонентов;

- дозирование различных марок бетонной смеси с коррекцией по влажности материала;

- перемешивание;

- выдачу готовой бетонной смеси и ее учет.

Управление этими процессами осуществляется двумя самостоятельными системами:

- автоматической системой подачи компонентов бетонной смеси;

- автоматической системой приготовления и выдачи бетонной смеси.

Автоматическая система подачи компонентов бетонной смеси обеспечивает:

- поочередный выбор расходного бункера под загрузку;
- исключение любого бункера из схемы автоматической загрузки;

- контроль движения материалов;

- очистку ленты конвейера от подаваемого материала после заполнения очередного бункера;

- контроль соответствия подаваемого материала положению воронки;

- информационную световую и звуковую сигнализацию.

Система допускает режим ручного управления при нормальной работе или при пусконаладочных работах. Система за-

грузки бункеров осуществляет автоматический запрос и распределение материалов по расходным бункерам. При опорожнении одного из бункеров система автоматически устанавливает поворотную воронку над пустым бункером и запускает конвейерный тракт подачи необходимого материала. Система в принципе выполняет задачу поддержания расходных бункеров в заполненном состоянии.

Схема управления механизмами загрузки расходных бункеров осуществляет следующие операции:

- определение нижнего и верхнего уровней материала в бункерах;

- загрузку бункеров в последовательности их порядковых номеров;

- нахождение опорожненных емкостей;

- определение направления движения загрузочного устройства к посту загрузки;

- перемещение поворотной воронки в требуемое положение после заполнения загружаемого бункера до верхнего уровня.

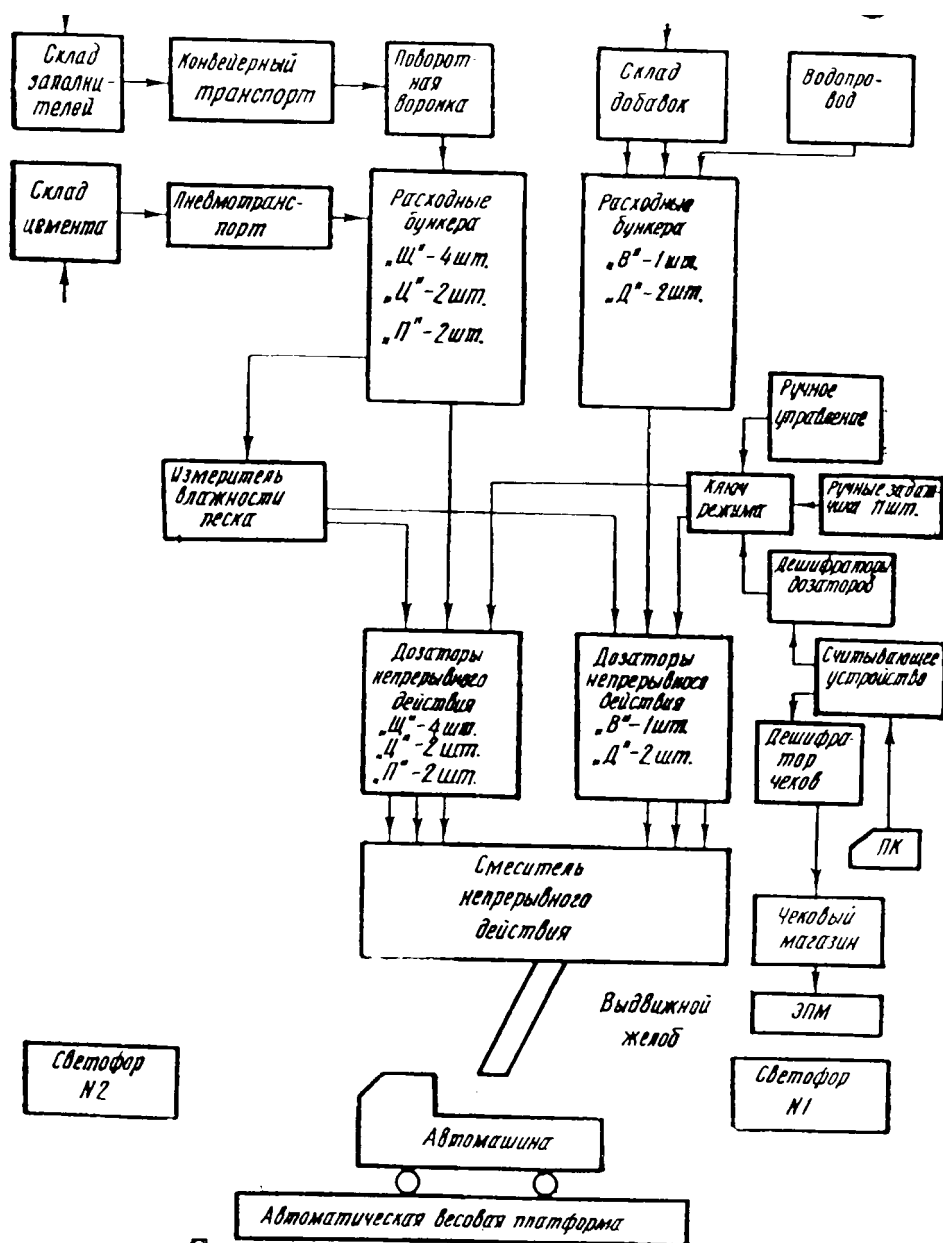


Рис. 3. Структурная схема бетонного завода автомата

В схеме предусматриваются также:

- сигнализация о работе тракта подачи заполнителей, об уровне материала в бункере и аварийная сигнализация в случае незапуска тракта при наличии запроса;
- возможность исключения загрузки какого-либо бункера;
- режим ручного управления;
- управление гидрообеспыливанием.

Цемент со склада силосного типа может подаваться в расходные бункера двумя способами – механическим и пневматическим. На бетонном заводе принята пневматическая система. При помощи пневмоподъемника смесь цемента с воздухом подается в трубопровод под давлением 0,2–0,6 МПа (2–6 кгс/см<sup>2</sup>). Аэрированный цемент проходит циклон, фильтр, попадает в шнек с приводным шибером и распределяется по расходным бункерам. Марка цемента для подачи и соответствующий бункер выбираются ключами. Запрос на подачу цемента осуществляется указателями нижнего уровня. Если запрос поступил от указателей уровня двух бункеров, предпочтение отдается бункеру с меньшим порядковым номером. Фильтр, механизм встряхивания и вентиляторы циклона включаются от группового реле.

После заполнения загружаемого бункера до верхнего уровня отключается сигнал запроса. Прекращается подача цемента, а после продувки пневмопривода останавливаются механизмы загрузки. В системе предусмотрена сигнализация о наличии в бункерах цемента.

Система автоматического управления обеспечивает выполнение следующих операций:

- автоматическое приготовление нужной марки бетонной смеси по заданной программе;

- выдачу необходимого заказа (массы бетона), ограниченного грузоподъемностью автомашины;

- подачу светофорных сигналов водителю машины;

- очистку смесителя от бетона после каждой загрузки автомашины;

- выдачу чека с указанием даты и времени отпуска, марки и массы бетона;

- подачу аварийных световых и звуковых сигналов, позволяющих оператору обнаружить неполадки.

Рассмотрим работу системы в автоматическом режиме. При включении системы на пульте оператора появляется сигнал «Автоматика включена», а на въездном светофоре № 1 «Опусти перфокарту». Перфокарты ПК находятся у водителя и определяют необходимую марку и количество бетонной смеси. По вертикали на перфокарте наносится информация о составляющих бетонной

смеси. По горизонтали пробиты отверстия, соответствующие значениям масс компонентов для получения заданной марки бетона.

При получении сигнала «Опусти перфокарту» водитель вводит ее в программно-считывающее устройство. В зависимости от сочетания отверстий на перфокарте сработают определенные реле, которые пошлют сигналы через коммутатор на дешифраторы дозаторов.

Одновременно при опускании перфокарты в считывающее устройство на светофоре № 1 загорается зеленый свет. Автомашина для взвешивания и загрузки въезжает на весовую платформу и медленно едет до тех пор, пока на выездном светофоре № 2 не загорится красный свет, что свидетельствует о правильном положении автомобиля. При этом красным светом загорится и светофор №1.

Пустая машина взвешивается, масса ее автоматически записывается, а по массе определяется марка автомашины (ЗИЛ, КамАЗ и др.).

В период въезда и взвешивания пустой машины дешифратором дозатора расшифровывается код перфокарты. В соответствии с рецептурой марки бетона, записанной на перфокарте, дешифратор дозатора посылает команды на автоматическую перестройку программ всех дозаторов, которая осуществляется на их холостом ходу.

При переключении ключа режима рецептура дозаторов может быть также задана ручными задатчиками.

На типовых бетонных заводах-автоматах приняты следующие системы автоматического регулирования дозаторов непрерывного действия. На дозаторах крупного щебня устанавливаются датчики массы или датчики скорости и изодромные автоматические регуляторы. Регулирование производительности дозатора осуществляется изменением скорости весового конвейера с помощью цепного вариатора. Обратная связь осуществляется тахогенератором. В дозаторах песка и мелкого щебня производительность дозаторов изменяется величиной открытия регулирующей заслонки расходного бункера. Схема автоматического регулирования дозатора цемента аналогична схеме для крупного щебня.

Выходное воздействие регулятора осуществляется на шнековый питатель дозатора. В дозаторах воды и хлористого кальция автоматические регуляторы изменяют частоту вращения поршневого насоса. Датчиком служит контрольный расходомер. Дозирование сульфитно-спиртовой барды осуществляется электроприводом вентиля трубопровода. Датчиком расхода является ротометр. Для дозирования жидкости также применяется автоматический цифровой дозатор жидкости типа ДАТ-1.

После перестройки дозаторов и взвешивания пустой машины начинается процесс дозирования материалов и включается смеситель. В процессе дозирования все материалы постоянно подаются в смеситель непрерывного действия. При этом осуществляется контроль подачи материала каждым из работающих дозаторов. Нарушение работы одного из них вызывает отключение всех остальных дозаторов.

После того как перфокарта будет вынута из считывающего устройства, снова появляется сигнал «Опустить перфокарту». Если опустить следующую перфокарту, то программа, записанная на ней, не будет выполняться до тех пор, пока не закончится выполнение предыдущего задания.

Окончание процесса взвешивания бетона вызывает отключение всех дозаторов и сброс всех дешифраторов на нуль. Тогда начинает считываться информация со следующей перфокарты. При этом на светофоре № 2 загорается желтый свет. Смеситель дорабатывает находящийся в нем бетон и через заданную выдержку времени промывается и отключается. После этого на светофоре № 2 загорается зеленый свет, а на светофоре № 1, если опущена очередная карта, - желтый.

При выезде нагруженной машины светофор № 2 гаснет, а светофор № 1 горит зеленым светом, разрешающим въезд на весовую платформу следующей машине.

Время загрузки каждой машины контролируется реле времени. Если загрузка за расчетное время не прекратилась, то произойдет автоматическое отключение подачи бетона в машину, предохраняя ее от перегрузки.

При несоответствии состояния механизмов автоматической системы заданной программе появляется звуковой сигнал и соответствующая лампочка начинает гореть мигающим светом.

При выезде с завода водитель получает чек с напечатанной датой и временем выдачи бетонной смеси, маркой и количеством бетона. Чек водителю заменяет путевой лист. Он печатается на пишущей машинке ЭПМ, управляемой диодно-матричным дешифратором чеков. На районных бетонных заводах в последнее время вместо перфокарт применяют жетоны. Для этого устанавливаются жетонные аппараты.

## **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Функции систем автоматизации пропарочных камер ямного типа.

2. Как осуществляется программное авторегулирование температуры в пропарочных камерах ямного типа?

3. Задачи автоматизации процесса термовлажностной обработки ЖБИ в кассетных установках (автоматический контроль и регулирование).

4. Назовите элементы технологической схемы типового бетонного завода и их назначение.

5. Автоматическая система подачи компонентов бетонной смеси и её функции.

6. Автоматическая система приготовления и выдачи бетонной смеси и её функции.

7. Поясните работу бетонного завода-автомата в автоматическом режиме.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17. УСТРОЙСТВА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИМИ СТАНКАМИ**

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения систем числового программного управления (ЧПУ) металлорежущими станками и устройство ЧПУ типа 2P22.

## **1. СОДЕЖАНИЕ ОТЧЁТА**

1.1. Назначение и структура типовой системы ЧПУ и функции её элементов.

1.2. Состав и функции устройства 2P22.

1.3. Пульт управления и приборный блок УЧПУ типа 2P22.

## **2. СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ЧПУ**

### **Общие положения**

В металлорежущих станках широкое распространение получило числовое программное управление. Согласно ГОСТ 20523–80 ЧПУ определяется как управление обработкой на станке по управляющей программе, в которой данные записаны в цифровой (числовой) форме. Управляющее устройство в ЧПУ называется устройством ЧПУ, а система, определяемая как совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технологических и программных средств, обеспечивающих ЧПУ, называется системой ЧПУ.

Использование ЧПУ особенно эффективно при мелкосерийном производстве и частой смене номенклатуры обрабатываемых деталей. В этом случае применение традиционных методов автоматизации, характерных для крупносерийного и массового производств, оказывается нецелесообразным, а обработка на универсальных станках, соответствующих единичному производству, требует большой трудоемкости. Системы ЧПУ в станках позво-



ляют повысить производительность и точность обработки, обеспечить гибкость производства, сократить сроки его подготовки и создать высокий технико-экономический эффект. Повышение производительности труда обеспечивается за счет сокращения вспомогательного и машинного времени обработки, автоматизации установочных перемещений, исключения разметочных и измерительных работ. Точность обработки возрастает за счет уменьшения числа установок деталей при обработке, устранения ошибок оператора, возможных при ручной обработке. Применение станков с ЧПУ экономически целесообразно при комплексном оснащении ими участка, цеха, завода, особенно в тех случаях, когда производится сложная и разнообразная обработка, операции по настройке занимают много времени, машинное время мало по сравнению с вспомогательным, обрабатываются сложные детали в условиях мелкосерийного производства, требуется сократить период освоения производства.

Современные системы ЧПУ содержат в своей структуре микроЭВМ и образуют производственные модули (технологические ячейки), автоматизированные участки, автоматические линии и др.

Системы ЧПУ металлорежущими станками классифицируются по различным признакам (рис. 1). По виду рабочих движений станка системы ЧПУ могут быть разделены на позиционные, контурные и комбинированные.

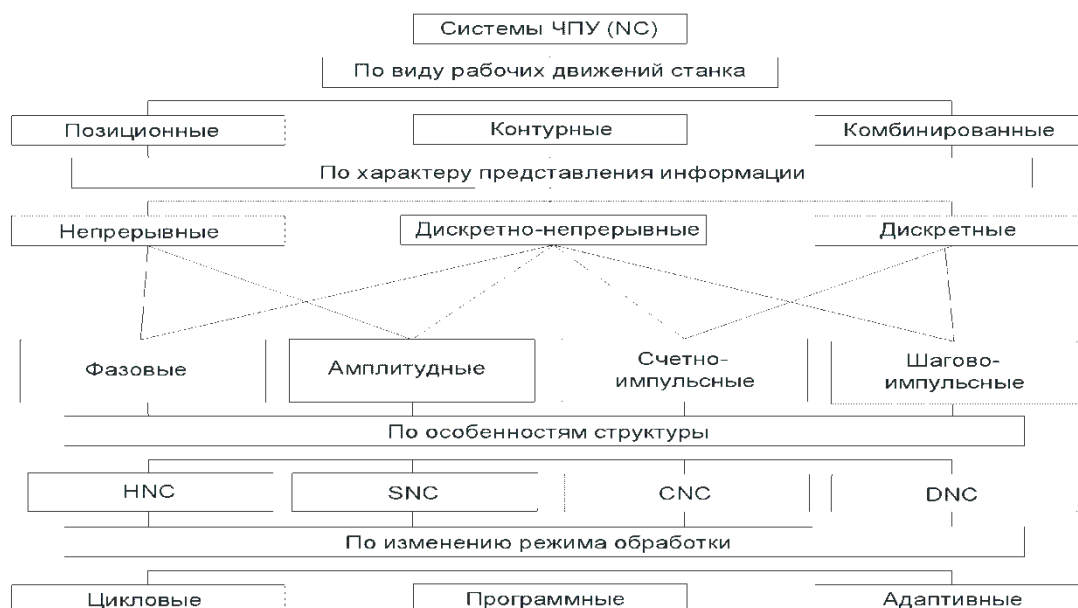


Рис. 1. Классификация систем ЧПУ

*Позиционные системы ЧПУ* позволяют производить относительное перемещение инструмента и заготовки от одной точки (позиции) к другой. Такое управление используется в сверлильных, расточных и других станках, на которых обработка выполняется после установки инструмента в заданной позиции. Поскольку основной задачей для таких систем является перемещение инструмента (детали) в заданные координаты, их называют также системами координатного управления и управления положением.

*Контурные системы ЧПУ* позволяют производить обработку криволинейных поверхностей при фрезеровании, точении, шлифовании и других видах металлообработки

программируется траектория перемещения режущего инструмента, поэтому их часто называют системами управления движением.

*Комбинированные системы ЧПУ* представляют собой сочетание позиционных и контурных и называются также универсальными. Они находят применение в многооперационных станках, где требуется позиционно-контурное управление.

При обозначении модели станка с ЧПУ, оснащенного позиционной системой, к ней добавляют индекс «Ф2», оснащенного контурной системой – индекс «Ф3» и комбинированной – индекс «Ф4». Индекс «Ф1» в обозначении модели станка свидетельствует об оснащении станка цифровой индикацией и ручным управлением.

По характеру информации, записанной на программоносителе, различают системы непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные. В непрерывных системах программа записывается непрерывной. Если применяется система с фазовой модуляцией, то программа представляется синусоидальным напряжением, фаза которого пропорциональна программируемым перемещениям; в системах с амплитудной модуляцией перемещениям пропорциональна амплитуда этого напряжения. В дискретных (импульсных) системах информация о перемещениях задается соответствующим числом импульсов. Если механизм перемещения оснащен датчиком импульсов и для учета перемещения используется счетная схема, то систему называют счетно-импульсной. Если исполнительным устройством является шаговый двигатель, то систему называют шагово-импульсной.

По особенностям структуры системы ЧПУ разбиты на четыре группы, имеющие сокращенное международное обозначение: HNC, SNC, CNC, DNC. Системы HNC (Handnumericalcontrol) представляют собой разновидность систем ЧПУ с ручным заданием программы с пульта управления. Системы SNC (Speichernumericalcontrol) обладают памятью для хранения управляющих программ. Системы CNC (Computernumericalcontrol) содержат в своем составе микроЭВМ для программирования алгоритмов работы и выполнения процесса управления. Системы DNC (Directnumericalcontrol) служат для прямого цифрового управления группой станков, осуществляя хранение программ и их выдачу по запросам станочных систем ЧПУ типов SNC и CNC.

По изменению режимов обработки системы ЧПУ подразделяются на цикловые, программные и адаптивные. Цикловые системы осуществляют движения с повторяющимися циклами. В них применяется кулачковое, аппаратное, микропрограммное и

программируемое управления. При кулачковом управлении используют для задания режимов штекерные панели, аппаратное управление осуществляют при помощи релейно-контактной или бесконтактной аппаратуры. Для микропрограммного управления применяют запоминающие устройства микрокоманд, а программируемое управление режимами обработки основано на использовании средств программируемой логики.

В программных системах ЧПУ изменение режимов обработки осуществляется программными средствами с использованием программноносителя или памяти ЭВМ. Применение адаптивного управления позволяет производить автоматическое изменение режима обработки независимо от программы.

Числовое программное управление обеспечивает управление по нескольким координатам, поэтому его широко применяют на многооперационных станках (обрабатывающих центрах) с автоматической сменой инструмента и обрабатываемых деталей.

Среди многооперационных станков наибольшее распространение получили станки для обработки корпусных деталей. С помощью ЧПУ на них осуществляется перемещение заготовки по трем координатным осям, а на станках с поворотным столом осуществляется также и ее вращение. Многооперационные станки снабжены специальными магазинами (до 100 и более), в которых помещается режущий инструмент. Смена инструмента станка производится по команде от системы за 3...5 с.

Для оперативной смены обработанных деталей многооперационные станки оснащают столами-спутниками. При обработке заготовки на столе-спутнике, расположенном на столе станка, на другом столе-спутнике, находящемся на вспомогательном столе, меняют заготовку. Автоматическая смена столов-спутников по командам системы ЧПУ позволяет уменьшить в технологическом цикле время на установку и снятие детали до 30...45 с.

В системах с ЧПУ применяются линейные и круговые интерполяторы, преобразующие информацию, заданную кодом программы, в информацию, представленную в унитарном коде. Важной характеристикой устройств ЧПУ является дискретность задания и отработки перемещений, достигающая 0,001 мм (0,001\*).

В настоящее время системами ЧПУ оснащаются практически все виды металлорежущих станков.

### **Задачи ЧПУ**

Устройство ЧПУ является управляющим по отношению к станку. В то же время оно само является объектом управления при взаимодействии с окружающей средой, в качестве которой выступает оператор, ЭВМ верхнего уровня и т. д. Если рассматривать с этих позиций задачи, которые оно должно решать, то можно выделить следующие задачи:

*Геометрическая задача* – взаимодействие УЧПУ со станком для управления формообразованием детали. Решение данной задачи заключается в отображении геометрической информации чертежа в совокупность таких движений рабочих органов станка, которые материализуют чертеж в изделие.

*Логическая задача* заключается в управлении дискретной электроавтоматикой, т. е. автоматизацией на станке вспомогательных операций (зажим инструмента, смена инструмента и т. д.).

*Технологическая задача* заключается в управлении рабочим процессом и достижении требуемого качества обработки деталей с меньшими затратами.

*Терминальная задача* заключается во взаимодействии УЧПУ с окружающей средой.

### **Принцип работы станков с ЧПУ**

Рассмотрим работу станков с системой ЧПУ по упрощенной схеме (рис. 2), включающей основные блоки систем ЧПУ и основные элементы кинематической схемы станка. Система ЧПУ состоит из устройств ввода информации, блока запоминания информации БЗИ, блока интерполяции БИ, блока управления приводами подач в виде цифроаналоговых преобразователей ЦАП и двух следящих приводов по осям  $X$  и  $Y$  станка. Следящие приводы состоят из усилителей мощности  $УМ_X$  и  $УМ_Y$ , сравнивающих устройств  $УС_X$  и  $УС_Y$ , датчиков обратной связи в виде вращающихся трансформаторов  $ВТ_X$  и  $ВТ_Y$ , кинематически связанных с ходовыми винтами станка, и двигателей подач  $M_X$  и  $M_Y$ , которые

приводят во вращение ходовые винты станка. В результате вращения винтов перемещаются стол станка и его ползун с фрезой, совместное движение которых определяет конфигурацию изготавливаемой детали согласно заложенной программе.

Все современные устройства ЧПУ выполняются на базе какой-либо микроЭВМ или микропроцессоров (одного или нескольких), позволяющих значительно увеличить степень автоматизации станка, т. е. обеспечить: индикацию большого числа параметров на экране дисплея, быстрое диагностирование неисправностей и удобное редактирование программ, запоминание большого объема управляющих программ и т. д.

### **Состав системы ЧПУ**

Все устройства ЧПУ имеют развитую цикловую автоматику с большим числом входов-выходов, а также связь с ЭВМ высшего уровня, необходимую при создании гибких производственных систем.

Вместе с тем наблюдается разделение устройств ЧПУ по числу управляемых координат, связанное с их назначением: для токарных станков обычно требуется две координаты; для обычных фрезерных – три; для фрезерных станков, предназначенных для объемной обработки, – пять; для многооперационных станков – от четырех до восьми. В настоящее время созданы устройства ЧПУ на 10–12 координат для управления ГПМ. Число координат весьма существенно влияет на конструкцию и стоимость устройства ЧПУ.

Типовая универсальная система ЧПУ (рис. 3) состоит из двух основных устройств: устройства числового программного управления, конструктивно оформленного в виде отдельного шкафа или пульта и исполнительных устройств с приводами и датчиками обратной связи, размещенными на станке. Основные блоки системы ЧПУ описаны ниже.

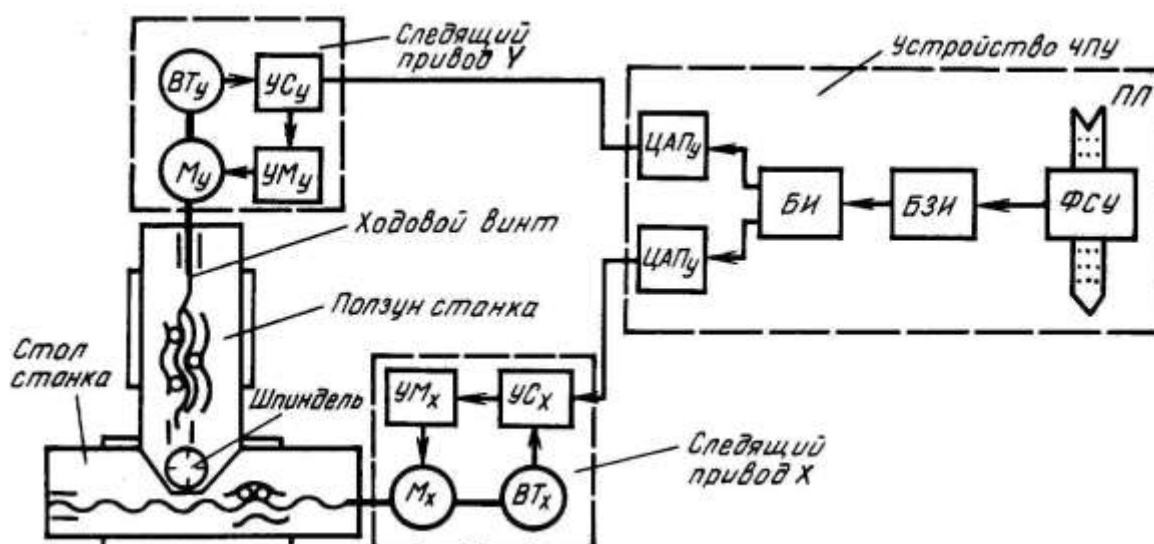


Рис. 2. Упрощенная схема станка с ЧПУ

**Устройство ввода информации** вводит числовую информацию с программносителя.

**Блок запоминания считанной информации.** Помимо запоминания входной информации в этом блоке выполняются ее контроль и формирование соответствующего сигнала в момент обнаружения ошибки. Этот блок, как правило, имеет возможность получать информацию от ЭВМ верхнего уровня, что необходимо при объединении станков в ГПС.

**Пульт управления и индикации** служит для связи человека-оператора с системой ЧПУ. С помощью этого пульта проводится пуск системы и ее останов, переключение режимов работы с автоматического на ручной и т. д., а также коррекция скорости подачи и размеров инструментов и изменение начального положения инструмента по всем или некоторым координатам. На этом пульте находится световая сигнализация и цифровая индикация о состоянии системы.

В современных ЧПУ индикация обычно осуществляется с помощью встроенного дисплея, позволяющего выводить значительно большее число параметров, а также проводить отработку программ непосредственно на станке.

**Блок интерполяции** формирует частичную траекторию движения инструмента между двумя или более заданными в программе точками. В большинстве случаев используют линейную и

круговую интерполяцию, хотя иногда применяют винтовую или цилиндрическую интерполяцию.

**Приводы подач**, чаще всего следящие, служат для обеспечения перемещения управляемых элементов станка (столов, суппортов, кареток и т. п.) с необходимой скоростью и точностью при заданном моменте. Под следящим приводом будем понимать систему, состоящую из двигателя (электрического, гидравлического), усилителя мощности, снабжающего этот двигатель необходимой энергией, которая регулируется в широких пределах, датчика обратной связи по положению, служащего для измерения фактического перемещения (или положения) управляемого объекта, и сравнивающего устройства, сравнивающего фактическое положение объекта с заданным и выдающего сигнал ошибки, поступающий на вход усилителя мощности, в результате чего угловая скорость вала двигателя оказывается пропорциональной ошибке системы. В процессе работы эта система перемещает управляемый объект таким образом, чтобы поддерживать минимальное значение ошибки. Если ошибка по каким-либо причинам превышает заранее установленный допустимый предел, то система ЧПУ автоматически отключается с помощью специальных устройств защиты.

**Блоки управления приводами подач** служат для преобразования информации, получаемой с выхода интерполятора, в форму, пригодную для управления приводами подач, так, чтобы при поступлении каждого импульса управляемый объект перемещался на определенное расстояние, называемое ценой импульса, которая обычно составляет 0,01 или 0,001 мм. В зависимости от типа приводов (замкнутые или разомкнутые, фазовые или амплитудные), применяемых на станках, блоки управления существенно различаются.

В разомкнутых приводах, использующих шаговые двигатели, блоки управления представляют собой специальные кольцевые коммутаторы, на выходе которых включены мощные усилители, питающие обмотки шаговых двигателей, которые служат для циклического переключения обмоток ШД, что заставляет вращаться его ротор. В замкнутых приводах фазового типа, использующих датчики обратной связи в виде вращающихся



трансформаторов (ВТ) или индуктосинов в режиме фазовращателей, блоки управления представляют собой преобразователи импульсов в фазу переменного тока и фазовые дискриминаторы, которые сравнивают фазу сигнала на выходе фазового преобразователя с фазой датчика обратной связи и выдают разностный сигнал ошибки на усилитель мощности привода.

В этом же блоке обычно расположены усилители для питания датчиков обратной связи, а также устройства защиты, отключающие приводы при превышении допустимой ошибки слежения.

**Датчики обратной связи** ДОС являются измерительными устройствами, служащими для определения фактического положения (абсолютного значения координаты) или перемещения (относительного значения координаты) управляемого объекта в пределах шага системы. При этом суммирование шагов производит система ЧПУ. Перемещения объекта определяют как непосредственно с помощью каких-либо линейных измерительных устройств, например, индуктосинов, так и косвенно, измеряя, например, угол поворота вала двигателя подач с помощью какого-либо углового измерительного устройства, например, обычного ВТ или резольвера (точный ВТ синусно-косинусного типа, применяемый в счетно-решающих устройствах).

Помимо индуктосинов, для непосредственного измерения линейных перемещений иногда используют и другие измерительные устройства, например, прецизионные зубчатые рейки с многополюсными ВТ, или для достижения особо высокой точности – оптические штриховые измерительные шкалы с соответствующими импульсными датчиками. Обычно одно и то же устройство ЧПУ может работать с различными типами ДОС.

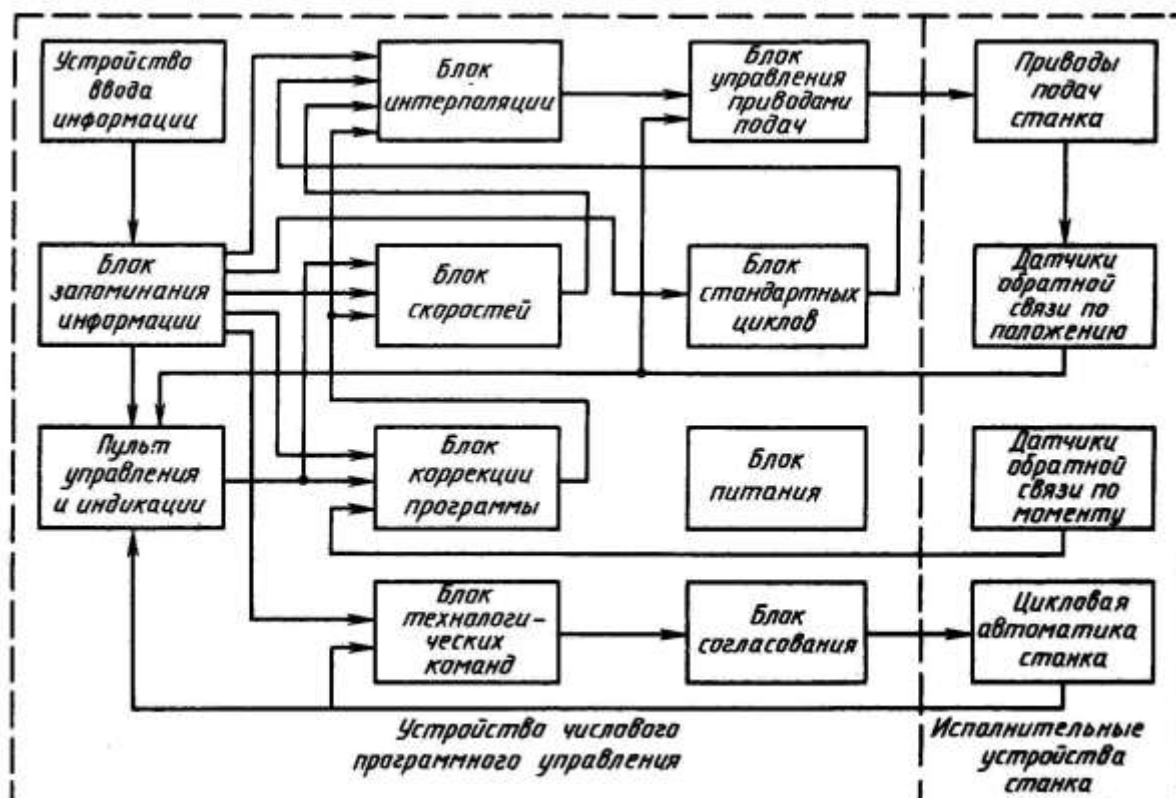


Рис. 3. Структурная схема типовой универсальной системы ЧПУ

**Блок скоростей подачи** обеспечивает заданную скорость подачи, а также разгон и торможение в начале и конце участков обработки по заданному закону, чаще всего – линейному. Скорость подачи задается либо номером скорости соответствующего ряда скоростей, составляющих геометрическую прогрессию со знаменателем порядка 1,25, либо непосредственно в миллиметрах в минуту через 1 или даже через 0,1 мм/мин. Помимо рабочих скоростей подачи, составляющих обычно 5–2000 мм/мин, этот блок выполняет, как правило, и установочное движение с повышенной скоростью, на которой производится установка координат при позиционной обработке или переход инструмента из одного участка заготовки в другой при контурной обработке. Эта скорость в современных системах ЧПУ составляет 10–15 м/мин.

**Блок коррекции программы** вместе с пультом управления служит для изменения запрограммированных параметров обработки, т. е. скорости подачи и размеров инструмента (длины и диаметра). Изменение скорости движения (обычно 5–120 %) сво-

дится к ручному изменению частоты задающего генератора в блоке подач. Изменение длины инструмента (обычно от 0 до 100 мм) сводится к изменению заданного значения перемещения вдоль оси инструмента, без изменения его начального положения.

**Блок технологических команд** предназначен для управления цикловой автоматикой станка, включающего поиск и смену достаточно большого числа инструментов (до 100), смену частоты вращения шпинделя, зажим направляющих при позиционировании и разжим их при движении, различные блокировки, обеспечивающие сохранность станка. Цикловая автоматика станка состоит в основном из исполнительных элементов типа пускателей, электромагнитных муфт, соленоидов и других электромагнитных механизмов, а также дискретных элементов обратной связи типа концевых и путевых выключателей, реле тока, реле давления и других элементов, контактных или бесконтактных, сигнализирующих о состоянии исполнительных органов. Часто эти элементы с дополнительными устройствами типа реле реализуют местные циклы (например, цикл поиска и смены инструмента), команды, на исполнение которых подаются из устройства программного управления. Современные устройства ЧПУ, как правило, осуществляют эти циклы внутри, выдавая сигналы на исполнительные элементы станка через согласующе-усилительные устройства, которые могут находиться как в станке, так и в устройстве ЧПУ. Для этого часто используют программируемые контроллеры в виде отдельного блока, размещаемого внутри или вне устройства ЧПУ.

**Блок стандартных циклов** служит для облегчения программирования и сокращения длины программы при позиционной обработке повторяющихся элементов заготовки, например, при сверлении и растачивании отверстий, нарезании резьбы и других операций.

Помимо этих блоков, применяют блоки адаптации, которые служат для увеличения точности и производительности обработки при изменяющихся по случайному закону внешних условиях (например, припуск на обработку, твердость обрабатываемого материала, затупление инструмента).

### **3. УСТРОЙСТВО ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ 2Р22**

#### **Назначение и состав устройства**

Устройство ЧПУ «2Р22» предназначено для управления металлообрабатывающим станком. По виду обработки геометрической информации устройство является контурно - позиционным с жёстким заданием алгоритмов управления на базе микро - ЭВМ «Электроника МС 1201.02». Устройство обеспечивает одновременно управление с круговой и линейной интерполяцией по двум координатам. Устройство обеспечивает нарезание резьбы на цилиндрической и конической поверхностях. Устройство обеспечивает задание следующих режимов работы с клавиатурой пульта управления: автоматический ввод; покадровый ввод; ввод констант; ввод с внешних носителей информации; поиск кадра; ручное управление; фиксированное положение; выход в исходное положение; вывод на внешние носители информации; тестовый контроль.

Устройство обеспечивает ввод информации:

- с пульта управления устройства;
- с фотосчитывающего устройства (ФСУ) от перфоленты;
- с кассетного накопителя на магнитной ленте «Искра 005-33» (в дальнейшем КНМЛ);
- с ЭВМ высшего ранга.

Устройство обеспечивает вывод информации:

- на блок отображения символьной информации (в дальнейшем БОСИ);
- на перфоратор ПЛ-150М;
- на КНМЛ «Искра 005-33»;
- на ЭВМ высшего ранга.

В качестве программноносителя используется магнитная кассета или восьмидорожечная перфорированная лента (при подключении ФСУ).

Устройство обеспечивает работу индикации на БОСИ с информационной ёмкостью 8 или 16 строк по 32 символа следующей информации:

- технологической программы;

- размера инструмента;
- смещения нуля отсчёта;
- текущей координаты;
- режимов работы;
- причины останова и сбоя.

Программное обеспечение устройства обеспечивает выполнение дополнительных функций:

- возврат на траекторию;
- цикл разгона и торможения;
- коррекцию рабочих подач;
- коррекцию скорости главного движения;
- отработку УП с повторением любой её части;
- ввод параметров станка в память;
- редактирование управляющей программы;
- режим автоматической компенсации люфта при реверсе;
- диагностику функциональных узлов;
- задание величины перемещений в абсолютных и относительных координатах с программированием десятичной точки;
- задание величины подач в миллиметрах в минуту или в миллиметрах на оборот, частоту вращения шпинделя в оборотах в минуту;
- дискретность задания перемещений 0,001 мм или 0,01 мм;
- переменную структуру слова (нули в старших разрядах можно опускать);
- время выдержки непосредственно в десятых долях секунды;
- отработку постоянных циклов, записанных в ПЗУ;
- реализацию функции электроавтоматики станка. В состав устройства входят следующие блоки:
- блок приборный;
- пульт управления;
- блок БОСИ; КНМЛ «Искра 005-33».

### **Пульт управления**

Пульт управления позволяет вести редактирование программ, задавать режимы работы устройства, производить ручной ввод данных, вести диалог с устройством и т. д. Пульт управле-

ния (рис. 4) устанавливается на суппорте станка. Он состоит из универсальной клавиатуры (латинский алфавит), а также функциональных клавиш, с помощью которых осуществляется пуск программы, продолжение цикла, позиционирование и т. д. Значения символов адресов приведены в табл. 1.

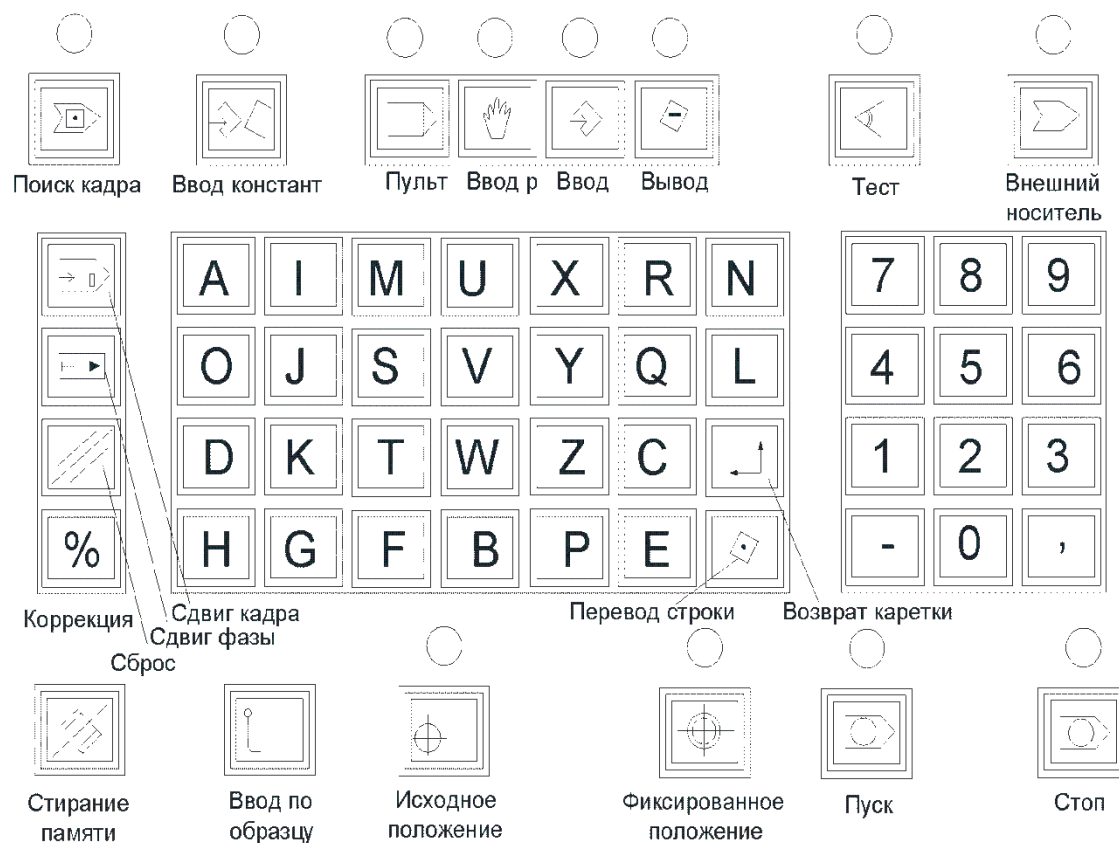


Рис. 4. Клавиатура пульта управления устройства ЧПУ 2P22

Таблица 1

## Значение символов адресов

Символ	Значение
<i>A</i>	Припуск под чистовую обработку
<i>B</i>	С какого кадра повторение
<i>C</i>	Фаска под углом 45°
<i>D</i>	Выдержка времени
<i>E</i>	Функция подачи (быстрый ход)
<i>F</i>	Функция подачи (рабочая подача)
.	.
<i>H</i>	Число повторений
<i>L</i>	Постоянные циклы
<i>M</i>	Вспомогательная функция
<i>N</i>	Номер кадра
<i>P</i>	Глубина резания, ширина резания
<i>Q</i>	Галтель
<i>R</i>	Дуга
<i>O</i>	Подготовительная функция
<i>S</i>	Скорость главного движения
<i>T</i>	Функция инструмента
<i>U</i>	Перемещение по оси X в приращениях диаметра
<i>W</i>	Перемещение по оси Z в приращениях
<i>X</i>	Перемещение по оси X в абсолютных значениях
<i>Z</i>	Перемещение по оси Z в абсолютных значениях
<i>o</i>	Конец кадра (ПС)

**Приборный блок**

Блок служит для приёма сигналов от периферийных устройств и управляемого станка, их анализа и выдачи управляющих воздействий с алгоритмом работы, заложенным в программное обеспечение на управляемый станок и периферийные устройства.

Блок обеспечивает ввод и вывод информации (как было указано ранее в работе всего устройства ЧПУ). Кроме того, блок выполняет функции связи с датчиком перемещений и резьбонарезания (возможна связь с вращающимся трансформатором, преобразователем измерительным фотоимпульсным, револьверами и др.).

Приборный блок обеспечивает также выдачу аналоговых сигналов для управления приводами подач и приводом главного

движения (цифрово-аналоговые преобразователи) и прием аналоговых сигналов (аналого-цифровые преобразователи) для целей адаптивного управления.

В постоянном запоминающем устройстве приборного блока осуществляется хранение программного обеспечения.

Используемая в блоке ЭВМ в совокупности с необходимым программным обеспечением реализует заданный состав алгоритмов управления, включая обслуживание внешних устройств ввода - вывода, вычисление траектории резца, выдачу управ. управляющих последовательностей команд выполнения стандартных и типовых технологических циклов, решение задач редактирования управляющих программ и т. д. На рис. 5. представлена структурная схема приборного блока.



Рис. 5. Структурная схема приборного блока

Блок имеет функционально-модульный принцип построения, т. е. все функциональные блоки устройства, выполнены в виде законченных устройств (модулей):

- блок ЭВМ;
- блок связи с пультом управления;



- блок связи со станком;
- таймер;
- блок связи с пультом коррекции;
- блок связи с электрифицированной пишущей машиной;
- блок связи с БОСИ;
- блок связи с фотосчитывающим устройством;
- блок связи с перфоратором;
- блок связи с кассетным накопителем на магнитной ленте;
- блок умножения и блок преобразователей кодов;
- блок связи с ЭВМ высшего ранга.

Основой модуля ЭВМ является центральный процессор (ЦП), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Связь между модулями осуществляется через единый канал обмена информацией. Интерфейсом устройства является аппаратура, выполняющая функции связи с каналом.

В устройстве единый канал связи условно разбит на две части. По нижней панели устройства проходит канал блока ЭВМ. Через интерфейс связи со станком все сигналы передаются на верхнюю панель, где проходит магистраль станочной периферии.

Связь между двумя блоками, подключенными к каналу, осуществляется по принципу «управляющий – управляемый» (или «активный – пассивный»). В любой момент времени только один блок является активным. Активный блок управляет циклами обращения к каналу, а пассивный, является только исполнителем и может принимать и передавать информацию только под управлением активного блока.

Канал обеспечивает три типа обмена данными:

- программный обмен;
- обмен в режиме прерывания программы;
- обмен в режиме прямого доступа к памяти. Программный обмен - это передача данных по инициативе и под управлением программы. В режиме программного обмена работают все блоки устройства. Обмен данными по инициативе внешнего блока может выполняться при прямом доступе к памяти (режим ПДП) и в режимах прерывания программы. Обмен в режиме ПДП является самым быстрым способом передачи

данных между памятью и внешним блоком. Он не меняет состояния центрального процессора и поэтому может выполняться и в промежутках между циклами обращения к каналу, проводимых центральным процессором. В режиме ПДП устройство работает при регенерации памяти.

Обмен данными в режиме прерывания программы – это выполнение программы обслуживания по требованию внешнего блока. После завершения выполнения программы обслуживания центральный процессор возобновляет выполнение прерванной программы с того места, где она была прервана.

#### **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чём разница между системой ЧПУ и устройством ЧПУ?
2. Назначение позиционных систем ЧПУ.
3. Назначение контурных систем ЧПУ.
4. Назначение комбинированных систем ЧПУ.
5. Назовите группы систем ЧПУ по международной системе классификации и их особенности.
6. Назовите задачи ЧПУ.
7. Состав типовой системы ЧПУ и функции её элементов.
8. Назначение состав устройства ЧПУ типа 2P22.
9. Пульт управления устройством 2P22.
10. Приборный блок устройства 2P22.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1. Ознакомиться с принципами автоматизации приточной вентиляции помещений;

1.2. Изучить устройство и принцип действия системы автоматизации приточной вентиляции с электрокалорифером, использующей в качестве управляющего устройства программируемый контроллер ОВЕН ТРМ133.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с конструкцией стенда «Система автоматизации приточной вентиляции (САПВ)» и расположением в нем элементов системы: камерой с тепловентилятором и воздуховодами, датчиками температуры, блоком управления симистором (БУСТ), контроллером ТРМ133, сигнальными элементами и органами управления стенда;

2.2. Рассмотреть структурную и принципиальную электрическую схемы и схему соединения лабораторной САПВ;

2.3. Изучить принципы программирования контроллера ТРМ133: меню прибора, программируемые параметры и их установка (настройка прибора на выполнение задач автоматизации приточной вентиляции, диагностику и обмен данными);

2.4. Провести стендовые испытания САПВ.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Назначение, структура и режимы работы САПВ;

3.2. Контроллер ТРМ133: назначение, функциональная схема, технические характеристики, входные и выходные сигналы;

3.3. Программное обеспечение системы: меню прибора ТРМ133, схема установки программируемых параметров, настройка его входов, выходов и регуляторов;

3.4. ПЭС лабораторного варианта САПВ (принципиальная схема стенда);

3.5. Результаты стендовых испытаний системы.

## 4. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 4.1. Постановка задачи автоматизации приточной вентиляции помещений

Наиболее распространены приточные системы вентиляции, которые состоят из следующих компонентов (расположенных по ходу движения воздуха от входа к выходу): воздухозаборной решетки (жалюзи), воздушного клапана, фильтра, шумоглушителя, сети воздуховодов, распределителей воздуха и систем регулирования и автоматики. Типовая автоматизированная система управления приточной вентиляцией при понижении температуры приточного воздуха открывает задвижку калорифера, следит за чистотой фильтра, управляет воздушным клапаном и обеспечивает работу системы в других необходимых режимах.

В качестве примера решения задачи автоматизации приточной вентиляции помещений с электрическим калорифером, на рис. 1 представлена САПВ на базе контроллера ОВЕН.

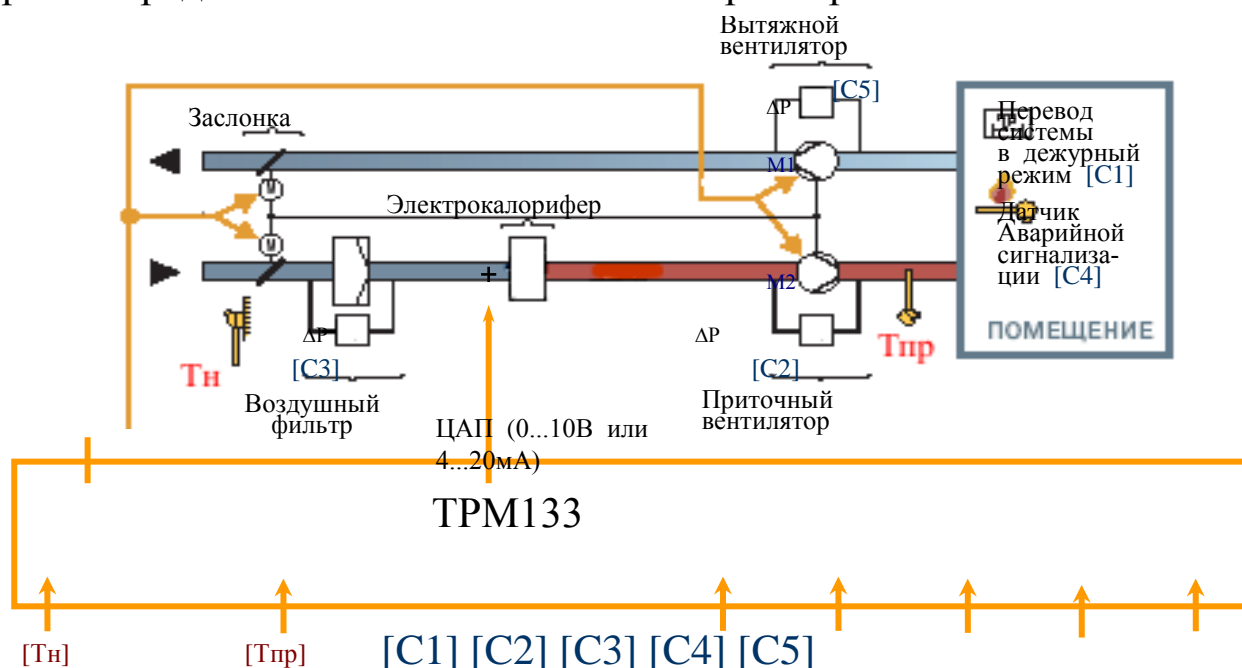


Рис. 1. Система автоматизации приточной вентиляции с электрокалорифером

На схеме приняты следующие обозначения:  $T_{\text{пр}}$ ,  $T_{\text{н}}$  – сигналы аналоговых датчиков температуры, соответственно, приточного и наружного воздуха; С1, С2, С3, С4, С5 – сигналы дискретных датчиков контроля соответственно, перевода системы в дежурный режим, исправности приточного вентилятора по потоку воздуха, засорения фильтра приточного вентилятора, пожарной сигнализации, исправности вытяжного вентилятора.

Функции управляющего устройства в системе автоматизации приточной вентиляции (см. рис. 1) выполняет микроконтроллер ОВЕН ТРМ133.

Система управления (датчики, контроллер, исполнительные механизмы) реализует следующие режимы работы приточной вентиляции:

- Регулирование температуры приточного воздуха в системе с электрокалорифером: значение  $T_{\text{пр}}$  поддерживается на уровне уставки ПИД-регулятором ТРМ133;
- Прогрев калорифера: ТРМ133 осуществляет прогрев калорифера перед началом работы. Время прогрева определяется пользователем, исходя из эксплуатационных параметров системы, вентилятор при этом выключен, заслонки закрыты;
- Режим ДЕНЬ/НОЧЬ – переключение по часам реального времени. Для поддержания комфортной температуры в помещении в дневное время и снижения её по окончании рабочего дня (в целях экономии электроэнергии) ТРМ133 автоматически переключает режимы ДЕНЬ/НОЧЬ. Переключение происходит по встроенным часам реального времени. При программировании задаются две уставки  $T_{\text{пр}}$  – дневная и ночная, а также время начала и окончания рабочего дня;
- Летний режим, это экономичный режим, поскольку регулирование температуры приточного воздуха не происходит. Электрокалорифер в этом режиме полностью выключен. Осуществляется только вентиляция помещения (заслонки открыты, вентилятор включен) и диагностика оборудования. Переключение происходит, когда температура наружного воздуха  $T_{\text{н}}$  становится выше значения  $T_{\text{уст. лет.}}$ , заданного при программировании прибора;

- Дежурный режим, когда в работе приточной вентиляции нет необходимости. В этом режиме ТРМ133 закрывает заслонки, выключает вентилятор. Переход в дежурный режим осуществляется: дистанционно с помощью внешнего коммутирующего устройства С1; по аварийному сообщению от датчиков контроля исправности вентилятора С2 или пожарной сигнализации С5.

После включения напряжения питания ТРМ133 автоматически переводит систему приточной вентиляции в один из вышеуказанных режимов работы в зависимости от измеренных значений температуры  $T_n$ ,  $T_{пр}$  и др. и от состояния датчиков на входах С1...С5.

## 4.2. Структура и элементы лабораторной системы автоматизации приточной вентиляции

### 4.2.1. Структурная схема системы автоматизации

На рис. 2. представлена функциональная структура лабораторного стенда «Система автоматизации приточной вентиляции (САПВ)».

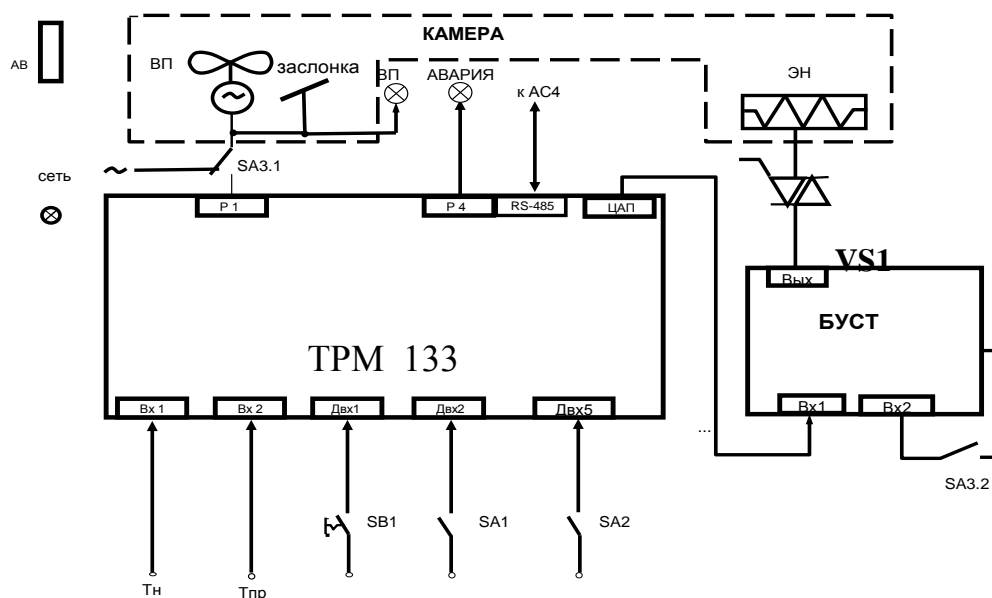





Рис. 2. Функциональная структура лабораторного стенда «Система автоматизации приточной вентиляции»

На схеме приняты следующие обозначения:

- ВП – приточный вентилятор;
- ЭН – электронагреватель;
- SA3 – переключатель режима работы приточного вентилятора;
-  ВП – индикатор работы приточного вентилятора;
-  Авария – индикатор аварийного режима;
- AC4 – адаптер сети;
- VS1 – симистер, обеспечивающий регулирование теплового потока, вырабатываемого электронагревателем;
- Тн – аналоговый датчик температуры наружного воздуха;
-  сеть – индикатор включения питания;
- АВ – автоматический выключатель;
- Т<sub>пр</sub> – датчик температуры приточного воздуха;
- SB1 – коммутирующее устройство для дистанционного перевода системы в дежурный режим;
- SA1 – дискретный датчик исправности приточного вентилятора;
- SA2 – дискретный датчик пожарной сигнализации;
- TPM 133 – микроконтроллер фирмы ОВЕН;
- БУСТ – блок управления симистером фирмы ОВЕН.

Система обеспечивает режимы управления, представленные в подразделе 4.1.

#### **4.2.2. Объект автоматизации**

Объект автоматизации представляет собой камеру в форме куба (рис. 3) с открывающейся крышкой в верхней части, в которой установлены: электрический нагреватель (ЭН) с приточным вентилятором (ВП) (рис. 4); датчик температуры приточного воздуха (Т<sub>пр</sub>) на базе термосопротивления ТСМ50М (рис. 5). К камере подведены два гофрированных алюминиевых воздухопровода, соединённые с ней переходными втулками. На входе камеры, в переходной втулке, со стороны заборного воздуха установлена заслонка с электромагнитным приводом, электрически заблокированным с приводом вентилятора ВП. Электромагнит смонтиро-

ван на боковой стенке камеры и механически, посредством рычажной системы, связан с заслонкой. В воздуховоде заборного воздуха установлен датчик наружного воздуха ( $T_n$ ) на базе термосопротивления ТСМ50М.

Камера имитирует помещение размещенным в нем приточным вентилятором, электронагревателем и датчиком температуры приточного воздуха  $T_{пр}$ .



Рис. 3. Объект автоматизации

Пунктирной линией показано расположение в камере вентилятора с электронагревателем.

Технические характеристики вентилятора с электронагревателем:

- мощность электронагревателя – 2000 Вт;
- количество ступеней регулирования мощности – 2;
- привод вентилятора – электродвигатель переменного тока 220 В.





Рис. 4. Вентилятор с электронагревателем (тепловентилятор)

#### 4.2.3. Термопреобразователи (датчики температуры)

Термопреобразователи предназначены для непрерывного измерения температуры различных сред (пар, газ, вода, сыпучие материалы, химические реагенты т. п.) не агрессивных к материалу корпуса датчика.

Принцип действия термопреобразователя сопротивления основан на свойстве проводника изменять электрическое сопротивление при изменении температуры окружающей среды

На рис. 5 изображен термопреобразователь сопротивления (ТС) типа дТС.

Технические характеристики датчиков ТСМ:

- номинальная статическая характеристика – 50М.
- диапазон измерений –  $-50...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 5. Термопреобразователь сопротивления

#### 4.2.4. Блок управления БУСТ

Блок управления предназначен для управления симисторами или тиристорами, работающими на активную нагрузку: нагрева-

тельными элементами инерционных печей, инфракрасными лампами и др.

Блок БУСТ обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматическое регулирование мощности активной нагрузки с помощью сигналов управления 0(4)...20 мА, 0...5 мА, 0..10 В, поступающих от регулятора (например, ОВЕН ТРМ133, ТРМ101, ТРМ10);
- ручное регулирование мощности с помощью внешнего переменного резистора 10 кОм;
- два метода управления симисторами или тиристорами, в зависимости от инерционной нагрузки и уровня помех в сети: фазовый или по числу полупериодов;
- защита силовых тиристоров или симисторов при возникновении аварийных ситуаций: короткого замыкания или превышения номинального тока в нагрузке;
- плавный выход на заданный уровень мощности для предотвращения резких перегрузок питающей сети: при скачкообразном изменении уровня сигнала на входе БУСТ мощность на нагрузке изменяется со скоростью 20 % в секунду;
- светодиодная индикация уровня мощности (10 уровней от 0 до 100 %);
- возможность внешней блокировки управления нагрузкой;
- работа с одно-, двух- и трёхфазной нагрузкой;

Технические характеристики прибора БУСТ представлены в табл. 1.

Прибор БУСТ (рис. 6) имеет три идентичных канала управления тиристорами или симисторами. Каждый канал соответствует одной из фаз. При управлении однофазной или двухфазной нагрузкой используется один или два первых канала.

Прибор БУСТ имеет 9 входов. Каждый канал управления имеет два входа для контроля:

- перехода напряжения фазы через 0 (используется для внутренней синхронизации устройства обработки сигналов);
- тока фазы (используется для защитного отключения);

Кроме того БУСТ имеет 3 входа, общих для всех трех каналов:

- управляющий вход;
- вход блокировки;
- вход для задания уровня защитного отключения.

Таблица 1

Технические характеристики БУСТ

Наименование	Значение
<b>Питание</b>	
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Допустимое отклонение напряжения питания от номинала	–15...+10 %
Потребляемая мощность	не более 4 ВА
<b>Входы</b>	
Входы управления	внешний переменный резистор или 0...10 В или 0...20 мА или 4...20 мА или 0...5 мА
Входное сопротивление входа управления	200 кОм
Сопротивление нагрузочного резистора $R_{вх}$	500 Ом
Максимально допустимый преобразованный трансформатором ток нагрузки на входах контроля	2 А
Напряжение низкого уровня на входе "Блокировка"	0 В...+0,4 В
Напряжение высокого уровня на входе "Блокировка"	+2,4 В... +5 В

<b>Выходы</b>	
Максимальный импульсный ток управления	не более 300 мА
Амплитуда управляющих импульсов	5 В
<b>Характеристики регулятора</b>	
Метод управления тиристорами или симисторами	фазовый или по числу полупериодов
Число используемых фаз	1...3
<b>Характеристики корпуса</b>	
Степень защиты корпуса	IP20
Габаритные размеры корпуса, мм	145x105x55
Масса прибора	не более 1 кг

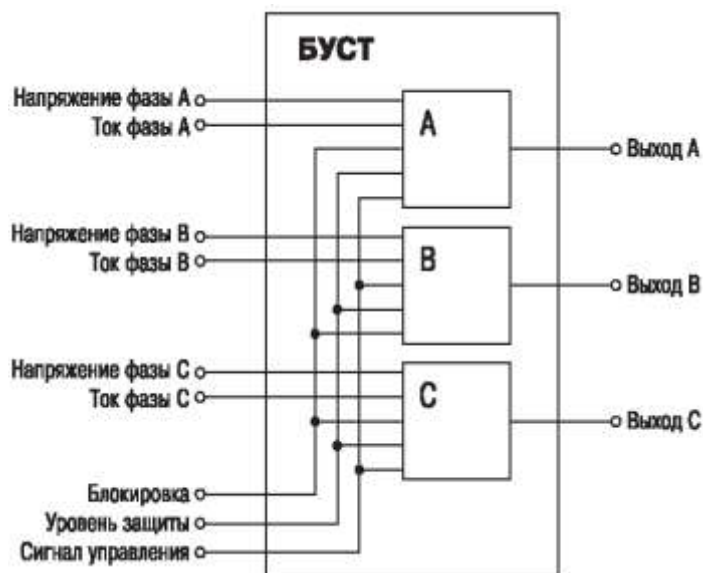


Рис. 6. Функциональная схема БУСТ

На рис. 7. изображена схема внешних подключений к прибору БУСТ

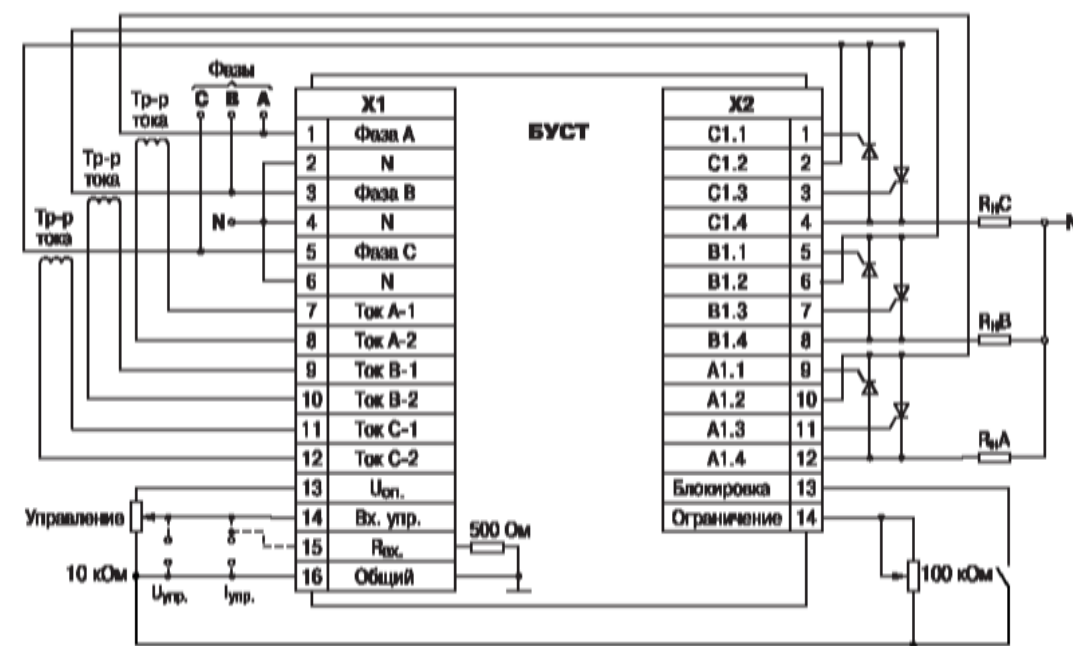


Рис. 7. Схема внешних подключений к прибору БУСТ

На рис. 8. изображена схема подключения нагрузки для симистора.

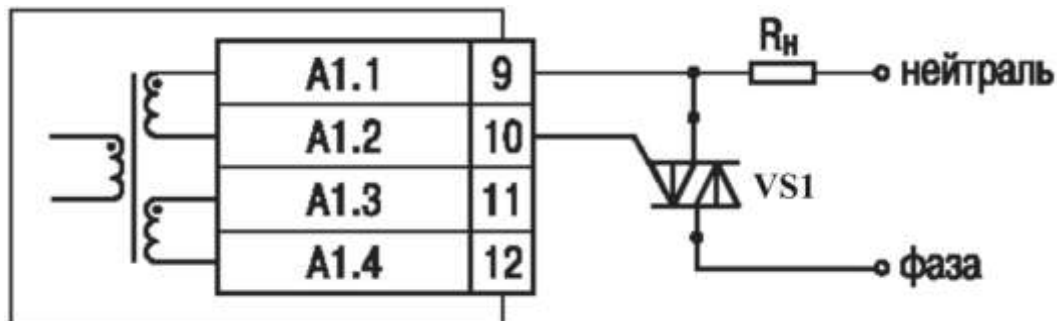


Рис. 8. Схема подключения нагрузки для симистора

БУСТ может применяться для автоматического регулирования мощности активной нагрузки. Для этого на управляющий вход БУСТА подают выходной сигнал регулятора (например, ТРМ133):

- напряжение 0...10 В;
- тока 0...20 мА, 4...20 мА или 0...5 мА.

С помощью БУСТа можно вручную управлять симисторами или тиристорами. Для этого к управляющему входу нужно подключить внешний переменный резистор 10 кОм.

Выходным устройством каждого канала является импульсный трансформатор с двумя вторичными обмотками. Это позволяет подключать к каждому каналу прибора либо симистор, либо два встречно включенных тиристора с током управления в импульсном режиме до 300 мА.

Прибор имеет функцию блокировки, позволяющую организовать аварийное или технологическое отключение нагрузки. На вход прибора «блокировка» подаётся внешний сигнал с одного из устройств: TTL – уровня, «сухого» контакта (кнопки тумблера геркона или реле), транзистора n-p-n типа. При снятии сигнала блокировки прибор плавно возвращается на заданный уровень мощности.

#### 4.2.5. Контроллер ТРМ133

Контроллер ТРМ133 (рис. 9) в комплекте с первичными преобразователями и исполнительными механизмами предназначен для контроля и регулирования температуры воздуха в помещениях, оборудованных системой приточно-вытяжной вентиляции, отображения измеренной температуры и режимов работы на встроенном индикаторе и формирования сигналов управления встроенными выходными устройствами, управляющими исполнительными механизмами.



Рис. 9. Контроллер ОВЕН ТРМ133 для систем вентиляции помещений

Контроллер ТРМ133 осуществляет следующие функции:

- управление нагревателем для нагрева приточного воздуха;
- автоматический выбор режимов работы (поддержание температуры приточного воздуха, ДЕНЬ/НОЧЬ и др.);
- автонастройка ПИД регуляторов;
- сообщение об авариях;
- встроенные часы реального времени;
- интерфейс RS-485;
- конфигурирование с ПК или с клавиатуры передней панели прибора.

Функциональная схема прибора ТРМ133 приведена на рис. 10.

Для управления жалюзи, вентилятором и аварийными устройствами в приборе имеются четыре электромагнитных реле с нормально разомкнутыми контактами реле 1... реле 4.

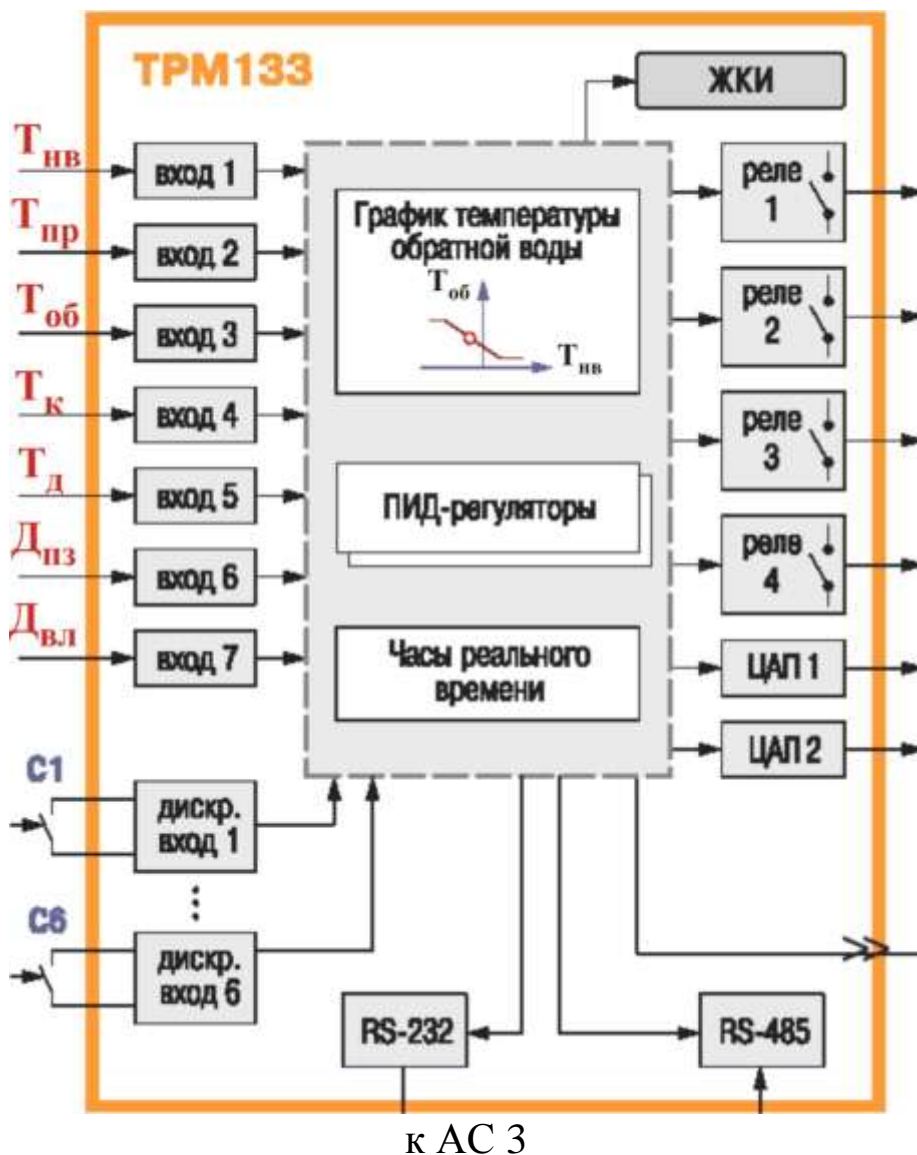


Рис. 10. Функциональная схема прибора TPM133

Для исполнительных механизмов, управляемых аналоговыми сигналами, прибор TPM133 оснащен двумя аналоговыми выходными элементами ЦАП1, ЦАП2 (управление по току 4–20 мА в модификации «И» или управление по напряжению 0–10 вольт в модификации «У»).

Прибор TPM133 имеет 7 аналоговых универсальных входов. (Вход 1...Вход 7), к которым можно подключать различные типы датчиков как отечественных, так и зарубежных: датчиков измерения температуры наружного воздуха, температуры приточного воздуха, температуры в помещении на основе термопреобразова-



теля сопротивления (50-, 100-, 500- и 1000-омные) и термопары (ТХА (К), ТХК(L)); датчиков с унифицированным сигналом тока и напряжения. Причем, к одному из семи аналоговых входов прибора (со встроенным шунтирующим резистором 100 Ом) можно подключать датчик с токовым выходом (0–5 мА; 4–20 мА; 0–20 мА) без применения дополнительных внешних элементов. Контроллер автоматически диагностирует обрыв датчика, короткое замыкание, выход за пределы измерения.

В приборе имеется шесть дискретных входов (дискр. вход 1...дискр. вход 6). С их помощью прибор диагностирует состояние системы. При выявлении неисправности контроллер автоматически переводит систему вентиляции в аварийный или дежурный режим работы, и соответствующее информационное сообщение отображается на встроенном дисплее или передаётся по сети RS-485 на контрольный диспетчерский пульт.

Количество измерительных каналов прибора может быть увеличено путём сетевого подключения аналогового модуля ввода ОВЕН МВА8, оснащённого 8-ю универсальными входами. Подключение большего, чем предусмотрено базовой конфигурацией, количества исполнительных механизмов осуществляется путём сетевого подключения модуля вывода ОВЕН МВУ8, а также использования модуля расширения ОВЕН МР1.

Одна из функций ТРМ133 – часы реального времени - осуществляет автоматическое переключение режимов ДЕНЬ/НОЧЬ для поддержания комфортной температуры в помещении в дневное время, и её снижения по окончании рабочего дня в целях экономии. Реализация этой функции с помощью ТРМ133 чрезвычайно проста: в прибор вводится два разных значения уставки, а также время действия режимов – начало и окончания рабочего дня.

Для экономии энергоресурсов в ТРМ133 предусмотрены ЛЕТНИЙ и ДЕЖУРНЫЙ режимы работы:

- ЛЕТНИЙ – температура наружного воздуха превышает заданное значение. В режиме ЛЕТНИЙ осуществляется вентиляция помещения и диагностика оборудования, а экономия топлива обеспечивается тем, что регулирование температуры приточного воздуха не осуществляется. Переход в режим происходит автома-

тически (по достижению температуры наружного воздуха, заданной пользователем).

- **ДЕЖУРНЫЙ** – в работе приточной вентиляции нет необходимости. В этом случае контроллер выключает вентилятор, закрывает жалюзи. Переход в режим осуществляется либо оператором дистанционно, либо с клавиатуры прибора, либо при срабатывании одного из дискретных входов.

В режиме РЕГУЛИРОВАНИЕ прибор открывает жалюзи, включает вентилятор и управляет тепловым потоком, поддерживая тем самым температуру приточного воздуха на заданном уровне. Для подбора коэффициентов ПИД-регуляторов в контроллере имеется режим автонастройки, значительно облегчающий работу на этапе пуска-наладки системы.

Контроллер TPM133 имеет двунаправленный интерфейс RS-485 и может работать в сети по стандартному протоколу ОВЕН. Наличие интерфейса RS-485 и OPC-драйвера позволяет вести регистрацию измеряемых величин на ПК с помощью любой SCADA-системы, поддерживающей технологию OPC. Контроллер TPM133 может быть мастером сети или подчинённым и поддерживает различные скорости обмена. Широкие сетевые возможности прибора позволяют использовать его не только для управления объектами, но и для диспетчеризации: накопления и отображения информации.

Работу с прибором TPM133 поддерживает технологическая SCADA-система OWENPROCESSMANAGEROPMv.2.

Качество функционирования системы приточной вентиляции, управляемой контроллером TPM133, достигается благодаря тому, что в приборе применена цифровая фильтрация аналоговых и защита от «дребезга» дискретных входов. Каждый канал имеет независимый цифровой фильтр, параметры которого задаются при программировании контроллера.

Безопасную работу системы приточной вентиляции обеспечивает наличие в контроллере TPM133 режима ДЕЖУРНЫЙ. В случае возникновения пожара контроллер автоматически переводит систему в этот режим. При возникновении аварийной ситуации на дисплей выводится соответствующее источнику аварии сообщение, а сигнал аварии может быть передан непосредствен-

но на внешнее сигнальное устройство или по сети на диспетчерский пульт.

В табл. 2 представлены технические характеристики ТРМ133

Таблица 2

Технические характеристики ТРМ133

Наименование	Значение
Диапазон переменного напряжения питания	90...245 В переменного тока частотой 47...63 Гц
Потребляемая мощность	не более 5 ВА
Количество каналов измерения	7
Количество дискретных входов	6
Время опроса одного канала, не более	0,5 с
Количество выходных устройств	4 реле 2 ЦАП
Интерфейс связи с компьютером	RS-485
Тип корпуса	DIN12M
Габаритные размеры прибора	157×86×58 мм
Степень защиты корпуса (со стороны лицевой панели)	IP20
Масса прибора	не более 0,5 кг
Средний срок службы	8 лет

На лицевой панели прибора размещены элементы индикации и управления (рис. 11).

На лицевой панели прибора расположен двухстрочный 16-разрядный жидкокристаллический индикатор, предназначенный для отображения цифровой и буквенной(знаки русского и латинского алфавитов) информации. На индикаторе отображаются:

- названия пунктов меню;
- значения измеряемых величин;
- наименования режимов работы системы вентиляции;
- обозначения программируемых параметров;
- сигналы об аварийных ситуациях.

Индикатор имеет подсветку лицевой панели, управляемую с помощью программируемого параметра ind. L контрастность изображения, регулируемую с помощью параметра ind.C (имеется 200 градаций).

В прибор встроена плёночная клавиатура с шестью кнопками, назначение которых приведено в табл. 3. При нажатии кнопок




звучит сигнал (подтверждение), который можно выключить с помощью программируемого параметра ВЕЕР.



Рис. 11. Элементы индикации и управления

Таблица 3

Функции клавиш лицевой панели прибора

Кнопки	Функциональное назначение	
 	Рабочий режим <sup>1</sup>	Выбор: - пункта меню - канала регулирования - дискретного входа
	Режим программирования <sup>2</sup>	Выбор программируемых параметров и изменение их значений
	Рабочий режим	Вход в главное меню и последующий переход в нужный режим программирования

Продолжение табл. 3

1	2	3
  	Режим программирования	Переход в режим редактирования параметров. Подтверждение выбора. Запись в память установленных значений параметров
	Рабочий режим	Возврат в предыдущий пункт меню
		Выход из различных пунктов меню в режим основной индикации
 	Режим программирования	Отключение аварийной сигнализации
	Режим программирования	Выход из режима программирования в главное меню при нажатии и удержании в течение ~4 секунд
	Ручной режим, режим тестирования	При одновременном нажатии кнопок меняется значение параметра в определенных режимах
	Режим программирования	Изменение даты и времени
	Длительное отсутствие питания	Принудительная перезагрузка прибора при одновременном нажатии кнопок
	Рабочий режим	Продолжительное нажатие (~4 с) переводит прибор в дежурный режим и обратно (значение параметра dutu изменяется на противоположное)
	Ручной режим	Вход/Выход из ручного режима

<sup>1</sup> Рабочий режим индикации – режим индикации, в котором отображаются текущие значения измеряемых величин, состояние оборудования, режим работы и время.

<sup>2</sup> Режим программирования – режим, предназначенный для установки значений параметров работы прибора при эксплуатации, записи их в энергозависимую память прибора, а также просмотра значений параметров.

## **5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ**

### **5.1. Меню прибора**

Программирование предназначено для установки значений программируемых параметров, прибора, определяющих его настройку и работу в процессе эксплуатации.

При производстве прибора в него записываются заводские значения параметров.

Пользователь может изменять значение параметров в соответствии с условиями и целями эксплуатации прибора. Значения программируемых параметров вносятся в энергонезависимую память прибора и сохраняются при отключении прибора.

Программирование можно производить:

- кнопками, расположенными на лицевой панели прибора;
- на персональном компьютере с помощи программы-конфигуратора.

Для программирования с помощью кнопок предназначено ГЛАВНОЕ МЕНЮ прибора, структура которого приведена в табл. 4.

ГЛАВНОЕ МЕНЮ включает в себя пункты 2-го уровня иерархии:

- Быстрый доступ
- Ручной режим
- Настройка
- О приборе...

НАСТРОЙКА включает в себя пункты 3-го уровня иерархии:

- Дата и Время
- Параметры
- Автонастройка
- Активизация
- Тестирование
- Инициализация
- Юстировка

Таблица 4

## Полная структура меню прибора

Пункты меню	Уровень иерархии
*> Главное Меню	
>> Быстрый доступ	2
>> Ручной режим	2
>> Настройка	2
>>> Дата и Время	3
>>> Параметры	3
Машина Состояний	4
Графики	4
Входы Аналоговые	4
Входы Дискретные	4
Объекты	4
Выходные устр-ва	5
ПИД-регулятор	5
Интерфейс RS-485	4
Мастер сети RS-485	4
>>> Автонастройка	3
>>> Активизация	3
>>> Тестирование	3
>>> Инициализация	3
>>> Юстировка	3
Шкалы	4
Холодного спая	4
Задвижки	4
ЦАП	4
Заводская калибровка датчика	4
>> О приборе...	2
* символ ">" обозначает уровень иерархии пунктов меню, количество символов показывает глубину вложенности данного пункта в структуру ГЛАВНОГО МЕНЮ.	

ПАРАМЕТРЫ включают в себя пункты 4-го уровня:

- Машина Состояний;
- Графики;

- Входы аналоговые;
- Входы дискретные;
- Объекты;
- Интерфейс RS-485;
- Мастер сети RS-485;

ЮСТИРОВКА включает в себя пункты 4-го уровня:

- Шкалы;
- Холодного спая;
- Задвижки;
- ЦАП;
- Заводская калибровка датчика.

ОБЪЕКТЫ включают в себя пункты 5-го уровня:

Выходные устройства

ПИД-регулятор

## **5.2. Программируемые параметры и их установка**

В табл. 5 представлены программируемые параметры ТРМ133, их заводские и лабораторные установки (значения).

На рис. 12 представлена схема установки значений программируемых параметров и режимов работы прибора. На экранах 1–3 индикатора отображаются основные режимы и значения параметров работы САПВ, на экранах 5, 8–11 – информация, при изменении уставки  $T_{пр}$  ДЕНЬ (установки ее нового значения), а на экранах 6-7 – при установке значения параметра дежурного режима *dutu*.



Таблица 5

## Программируемые параметры

//Настройка/Параметры /Объекты/obj 1	Обозначение	Диапазон значений параметра	Заводские значения	Лабораторные значения
Количество объектов	n.Obj	1	1	1
Количество каналов	n.Ch	3...6 3 – для простой системы 4 – для системы с датчиком комнатной температуры 6 – для системы с обратной связью по положению ИМ	3	3
Папка канала № 1...n.Ch	F.SAU x			

//Настройка/Параметры /Объекты/obj 1/ F.SAUx (x – номер канала)

2-й канал – регулирование температуры приточного воздуха

3-й канал – регулирование температуры обратной воды

Наличие регулятора в канале	rEGL	Yes/No	Yes	Yes
Наличие инспектора в канале	inSP		No	
Папка Вычислителя	P.CLC			
Папка Регулятора	REG			
Папка Регистратора	RTC.P			

//Настройка/Параметры /Объекты/obj 1/ F.SAUx/rEG

Зона нечувствительности	db	0...9999 [ед.изм.]	0.05	1.00
Режим работы регулятора	rEG.T	rEGL/CPr	rEGL	rEGL
Коммутатор, подключенный к регулятору	od.tP		Ctrl.1	

Продолжение табл. 5

Наличие сигнализации обрыва контура	Lba		oFF	
Папка Коммутатора	Ctrl.P			
Папка ПИД-Регулятора	rC.PR			
Папка уставок	SP.Pr			

//Настройка/Параметры /Объекты/obj 1/ F.SAUx/rEG/rC.PR

Полоса пропорциональности	pb	1...9999 [ед.изм.]	120	Устанавливаются АНР
Постоянная интегрирования отношение ПД к ПИ	ti	0...65535	0.30	
	td.ti	0...0.3	0.125	
Ограничение максимума интеграла	i.Upr	-100...100 [ед.изм.]	100	
Ограничение минимума интеграла	i.min	-100...100 [ед.изм.]	0	
Номинальная мощность	P.nom	-100...100 [ед.изм.]	0	

## //Настройка/Параметры /СЛУЖЕБНЫЕ

Периодичность обновления информации	ind.r	0...1 [с]	0.01	0.01
Номер выходного устройства для сигнала АВАРИЯ	AL.rE	2...6	4	4
Удержание сигнала «Авария» после выхода из аварийной ситуации	AL.Hd	ON/OFF	ON	ON
Состояние выходного устройства в момент аварии	AL.St	ON/OFF	ON	ON
Режим блокировки ручного управления	bL.rU	ON/OFF	OFF	OFF
Режим ожидания прибора (не активность)	idle	ON/OFF	ON	OFF
Контраст индикатора	ind.C	0...200	200	200
Подсветка индикатора	ind.L	ON/OFF	ON	ON
Звуковое подтверждение нажатия кнопок	Beep	ON/OFF	ON	ON

## //Настройка/Параметры /ВХОДЫ АНАЛОГОВЫЕ/dtx (x-номер входа)

Тип датчика	in-t		r.391	r.426
Постоянная времени сглаживающего фильтра	in.Fd	0...1800 [с]	0	0
Полоса пропускания фильтра	in.FG	0...9999 [ед.изм.]	0.0	0.0
Период опроса датчика	itrL	0,3...30 [с]	3	3
Коррекции «Сдвиг характеристики»	in.SH	-999...9999 [ед.изм.]	0.0	0.0
Коррекции «Наклон характеристики»	in.SL	0.9...1.1	1	1
Нижняя граница диапазона измерения (для активного датчика)	Ain.L	-999...9999 [ед.изм.]	0	0
Верхняя граница диапазона измерения (для активного датчика)	Ain.H	-999...9999 [ед.изм.]	100	100

## //Настройка/Параметры /ВХОДЫДИСКРЕТНЫЕ

Использование контакта дискретного датчика (нормальнозамкнутый или нормальноразомкнутый)	C.use	Open/close	Open	Close
Время задержки ВЫКлючения дискретного датчика, с	PAU.0	0...79.9	3.0	3.0
Время задержки ВКЛючения дискретного датчика, с	PAU.1	0...79.9	3.0	3.0

## //Настройка/Параметры /ИНТЕРФЕЙС RS-485/FltR<sub>00</sub>

Скорость обмена	bps	2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200 [кбит/с]	9600	
Длина слова данных	Len	7 или 8 бит	8	
Контроль по четности	Prty	NO EVEN ODD	no	
Количество стоп-бит	Sbit	1 или 2	1	
Размер сетевых адресов	A.len	8 или 11 [бит]	8	

Собственный адрес прибора	Addr	0...2047	16	
Задержка ответа, мс	rS.dL	0...50 [мс]	50	

//Настройка/Параметры /МАСТЕР СЕТИ RS-485

Режим работы	r.CO			
Период опроса	t.q			
Размер очереди опроса	nu.qu			
Имя параметра	p.chr			
Адрес опрашиваемого прибора	Adr			
Папка очереди опроса	q.n			

//Настройка/Параметры /МАШИНА СОСТОЯНИЙ

Включение дежурного режима	duty	On/off	Off	Off
Аварийная температура для приточного воздуха	t.ava	0...999.9[ед.изм.]	10.0	10.0
Уставка летней температуры	t.let	0..999.9[ед.изм.]	12.0	12.0
Время прогрева калорифера и диагностики вентилятора	t.nag	0..166.39[мин]	0.05	0.1
Время начала дня	t.day	0..23.59[час]	8.00	8.00
Время начала ночи	t.nig	0..23.59[час]	20.0 0	20.0 0
Сдвиг графика для максимума температуры обратной воды	Gr.Up	0..999.9 [ед.изм.]	5.0	
Сдвиг графика для минимума температуры обратной воды	Gr.dn	-999.9..0[ед.изм.]	-5.0	
Сдвиг для уставки летней температуры	d_1	-999.9..999.9 [ед.изм.]	5.0	5.0
Сдвиг для аварийной температуры приточного воздуха	d_2	-999.9..999.9[ед.изм.]	5.0	5.0
Сдвиг для минимума температуры обратной воды	d_3	-999.9..999.9[ед.изм.]	1.0	
Для максимума температуры обратной воды	d_4	-999.9..999.9[ед.изм.]	5.0	
Значение уставки T <sub>пр</sub> ДНЕВНОЙ	F.pri/Sp.lu	0..100.0[ед.изм.]	50.0	45
Значение уставки T <sub>пр</sub> НОЧНОЙ	F.nig/Sp.lu	0..100.0 [ед.изм.]	50.0	30

//Настройка/Параметры /ВЫХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА

Тайм-аут аварии	Alr.t			
Аварийная мощность	P.Alr			
Ограничение роста мощности	P.rES	0...100%	0	
Ограничение максимальной мощности	P.Up	-100...100%	100	100
Ограничение минимальной мощности	P.min	-100...100%	0	0
Номер фильтра для входного сигнала	F.in			
Тип характеристики преобразователей входных сигналов	Cp.t			
Входное значение по абсолютной	Abs.P			




величине				
Гистерезис преобразователя сигналов	HYS.P			
Кол-во исполнительных механизмов	nPC		1	
Папка параметров исполнительного механизма	F.PC			


//Настройка/Параметры /ВЫХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА/F.PC



Порог (нижний) преобразования сигналов	PCP			
Тип исполнительного механизма	SE.P	2.POS 3.POS	3.POS	2.POS
Зона нечувствительности для задвижек в процентах	db.F	0.05...10 [%]		
Наличие датчика положения ИМ	dLP	No/Yes		
Тип входа определения положения задвижки	t.DP			
Номер входа определения положения задвижки	i.DP		6	
Минимальное время остановки задвижки	t.StP	0:01.....16:39 [мин]		
Минимальное время работы задвижки	tP.L	0.1...10 [сек]		
Полное время хода задвижки	tP.H	0:01.....166: 9 [мин]		
Время выбора люфта задвижки	tFP	0.1...10 [сек]		
Исходное положение ИМ	LSP	0....100%		
1-й ВЭ управляющий ИМ	oP 1	2,3,5,6	2	5
2-й ВЭ управляющий ИМ (для 3-позиционного ИМ)	oP 2	2,3,5,6	3	
Папка параметров 1-го ВЭ управляющего ИМ	oU.E 1			
Папка параметров 2-го ВЭ управляющего ИМ (для 3-позиционного ИМ)	oU.E 2			

//Настройка/Параметры /ВЫХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА/F.PC/oU.E

Тип ВЭ	PoU			
Период следования импульсов при ШИМ-регулировании	tHP	0.01..1.21	0.02	
Минимальная длительность импульсов при ШИМ-регулировании	t.L	0.050..0.5	0.05	

Для установки значения любого программируемого параметра (см. табл. 5) следует войти в пункт Меню> Глав.меню> Настройка> Параметры (см. табл.4), далее кнопками выбора  и  ,  выбрать параметр, установить его значение

(или просмотреть ранее установленное) и подтвердить выбранное значение параметра нажатием кнопки  (см. на рис. 12, например «Изменение уставки  $T_{\text{пр}}$  ДЕНЬ»).

В режиме ДЕЖУРН можно просмотреть с помощью кнопок  

значения входных аналоговых и дискретных сигналов прибора и текущего значения времени.

Для удобства эксплуатации и упрощения процедуры внесения изменений в параметры прибора служит меню БЫСТРЫЙ ДОСТУП (см. рис.12). Это меню позволяет быстро выбрать и задать параметры машины состояний прибора: dutv (дежурный режим), F.pri/Sp.lu (уставка  $T_{\text{пр}}$  ДЕНЬ), F.nig/Sp.lu (уставка  $T_{\text{пр}}$  НОЧЬ), t.day (время ДЕНЬ), t.nig (время НОЧЬ), rtc (дата и текущее время).

### **5.3. Настройка измерительных и дискретных входов и выходных устройств прибора**

Для настройки измерительного входа следует войти в пункт меню Настройка>Параметры>Входы аналоговые.

Порядок настройки аналоговых входов с помощью кнопок контроллера представлен ниже. При этом на индикаторе, на каждом шаге будет отображаться следующая информация:

а) 

dt
1 <

Выбор номера датчика (параметр dt)  
Символ "<" означает изменяемое поле, отмеченное серым фоном

б) 

Int <	dt
r.426	1

Выбор типа датчика(параметр Int).  
r.426 - условное обозначение (код) датчика TCM 50 M

в) 

Int <	dt
r.426	1

Подтверждение выбранного типа датчика

Каждый тип датчика имеет определенный набор параметров, связанных с особенностями его работы. К таким параметрам относятся постоянная времени Hr – фильтра (in.Fd), период опроса датчика (itrL), калибровка нуля (in.SH) и др. По умолчанию выставляются заводские значения этих параметров, но при необходимости их можно изменять.




Если датчик отключен, то на индикаторе отображается OFF.

Чтобы изменить настройки дискретных входов необходимо выбрать пункт меню Настройка >Параметры >Входы дискретные.

Параметром d.inp выбирается номер дискретного входа от 1 до 6. Логика работы входа: open – на замыкание, close – на размыкание, off – не используется. В параметрах PAU.1 и PAU.0 задаются, соответственно, время задержки включения и отключения датчика в секундах.

Для настройки выходного устройства следует выбрать его тип который определяется параметром SE.P (тип исполнительного механизма). При использовании ИМ с аналоговым управлением 4...20 мА или 0...10 В, необходимо параметром SE.P определить тип ИМ как двухпозиционный (2.PoS). При использовании

ИМ с управлением «больше», «меньше», необходимо параметром SE.P определить тип ИМ как 3-позиционный (3.PoS).

Для установки любого параметра выходного устройства (см. табл. 5), следует войти в пункт меню Настройка > Параметры > Выходные устройства > F.PC и далее с помощью кнопок ,  и  выбрать нужный параметр, установить и подтвердить его значение.


#### 5.4. Диагностика состояния входов и аварийные ситуации


При возникновении нештатной ситуации, вызванной ошибкой измерения или изменением состояния дополнительных входов, на индикаторе в верхнем правом углу появляется сообщение с символом (см. рис. 11).

Перечень и источники аварийных ситуаций и соответствующие условные обозначения на индикаторе в поле диагностики приведены в табл. 6.

Таблица 6

Символы нештатных ситуаций

Условное обозначение	Описание нештатной ситуации
	Символ обозначает возникновение нештатной ситуации
D <sub>об</sub>	Неисправность датчика обратной воды
D <sub>пр</sub>	Неисправность датчика приточного воздуха
D <sub>н</sub>	Неисправность датчика наружного воздуха
T <sub>н</sub>	Температура наружного воздуха вышла за допустимые пределы
T <sub>об</sub>	Температура обратной воды вышла за допустимые пределы
T <sub>пр</sub>	Температура приточного воздуха вышла за допустимые пределы
C1...C6	Изменение состояния прибора, связанное с состоянием дискретных входов

На индикаторе в поле диагностики (см. рис. 11) в аварийных ситуациях сохраняется и не сбрасывается кнопкой  информа-

ция об источнике, первым приведшем к переходу в текущий аварийный режим. Это сделано для возможности выяснения причин возникновения аварийной ситуации.

При работе прибора непрерывно производится диагностика состояния измерительных входов. При возникновении нештатной ситуации код ошибки выводится на индикатор. Коды ошибок измерения приведены в табл. 7.


При восстановлении работоспособности неисправных датчиков аварийный сигнал в верхнем правом углу индикатора сохраняется. Для сброса аварийного сигнала необходимо нажать на кнопку .




Таблица 7

Символы ошибок измерения

Сообщение на индикаторе	Причина ошибки
Ad . Er	Ошибка в работе прибора
----	Обрыв датчика (термопреобразователя)
0 . 0 . 0 . 0 .	Короткое замыкание
LLLL	Измеренное значение слишком мало
NNNN	Измеренное значение слишком велико*
oCL . L	Измеренная температура холодного спая слишком мала
oCL . H	Измеренная температура холодного спая слишком велика
OFF	Текущий канал выключен (из очереди измерений)
****	Значение вычисляется от графика (предупреждение при отсутствии данных для вычисления графика)
* Аварийный сигнал формируется при $T > 199,9^{\circ}\text{C}$ .	

## 5.5. Настройка обмена данными

Для перевода прибора в режим Подчинённого/Мастера сети необходимо выполнить следующие действия:

- Войти в пункт меню Настройка > Параметры > Мастер сети > RS-485 и нажать 
- С помощью кнопки  на индикаторе выбрать «00» (общие параметры сети), подтвердить выбор нажатием кнопки  ;



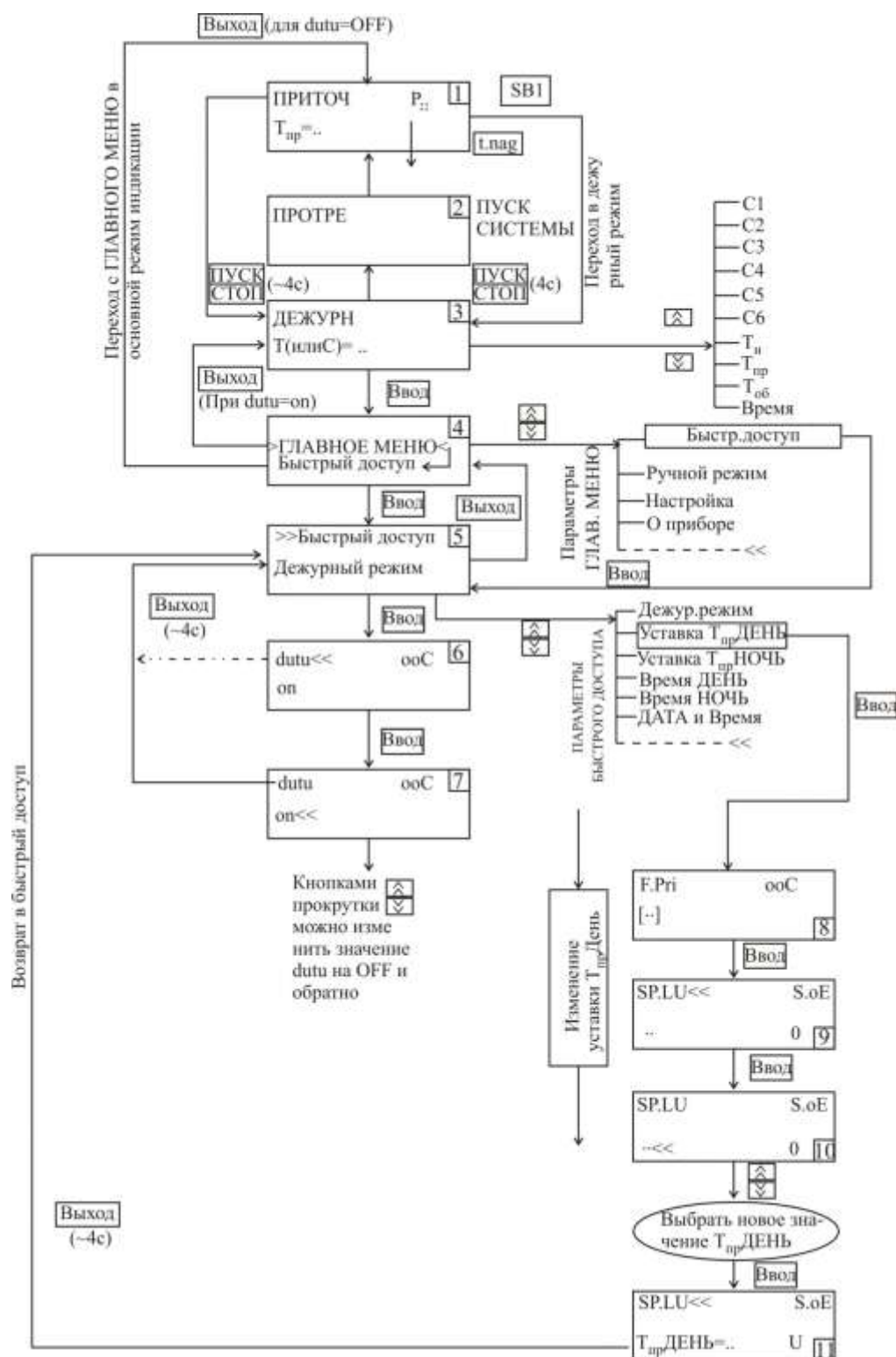









Рис. 12 Схема установки программируемых параметров TRM133 с помощью МЕНЮ, КНОПОК и ИНДИКАТОРА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ

- Режим работы Подчинённый/Мастер определяется в параметре r.CO (при работе прибора в режиме Подчинённый на индикаторе высвечивается надпись «rab», в режиме мастера – надпись «boss»). Для смены параметра r.CO подтвердить изменение этого параметра нажатием кнопки  кнопками ,  выбрать нужное значение. Затем нажатием кнопки  подтвердить изменение параметра или нажатием на кнопку  выйти из режима редактирования без изменения;
- Войти в режим выбора деревьев параметра нажатием и удержанием кнопки  ;
- Выйти из режима программирования, нажав кнопку .

## 5.6. Настройка регуляторов

Регулятор – это программный модуль, отвечающий за поддержание входной величины на заданном уровне, называемой уставкой. Выходной сигнал регулятора поступает на выходной элемент (реле или ЦАП), с помощью которого осуществляется позиционное или пропорциональное управление исполнительным механизмом (ИМ).

В ТРМ133 каждый регулятор может быть настроен для работы в режимах:

- 1) ПИД – регулятор (параметр rEG.T=rEGL);
- 2) Двухпозиционный регулятор (rEG.T=CPPr).

Режим работы регулятора задается значением параметром rEG.T.

ПИД – регулирование может быть аналоговым при работе с выходным элементом типа ЦАП или широтно-импульсным при работе с ВЭ дискретного типа (реле, транзисторный ключ). В первом случае используются ИМ с аналоговым управлением, во втором ИМ с постоянной скоростью отработки сигнала рассогласования.

Для ПИД-регулятора с аналоговым значением выходной мощности, изменяющейся в диапазоне от 0 до 100 %, задают сле-

дующие параметры ПИД-регулирования:  $P_v$  – полоса пропорциональности;  $t_i$  – постоянная интегрирования;  $t_d$ ,  $t_i$  – отношение постоянных времени дифференцирования и интегрирования. Задача определения указанных параметров ПИД-регулятора в ТРМ133 может быть выполнена в автоматическом режиме с помощью меню прибора Настройка>Параметры>АНР, где АНР – автоматическая настройка регулятора.

При работе ПИД – регулятора с ВЭ дискретного типа, с ИМ постоянной скорости его выходная мощность преобразуется в ШИМ – сигнал, характеризующийся параметрами:  $t_{HP}$  – период следования импульсов;  $t_L$  – минимальная длительность импульсов при ШИМ – регулировании.

Двухпозиционный регулятор вырабатывает выходную мощность, имеющую только два значения – 0 и 100 %. Для настройки двухпозиционного регулятора задают гистерезис и времена задержек включения и отключения.

Настройка прибора для работы с ИМ с аналоговым управлением (в САПВ – это «БУСТ – симистор – электронагреватель») осуществляется в следующем порядке:

1. Для изменения типа ИМ перевести прибор в режим ожидания – установить значение параметра  $idle = ON$ ;
2. Отключить ВЭ от регулятора – установить значения параметров  $OP1$  и  $OP2$  равными  $OFF$ , используя меню Настройки>Параметры>Выходные устройства> $F.PC$ ;
3. Задать параметру  $SE.P$  значение  $2.POS$  (ЦАП), используя меню по п. 2;
4. Подключить регулятор к аналоговому ВЭ № 5 (ЦАП1), задав  $OP1 = 5$ ;
5. Перевести прибор в рабочий режим – установить параметр  $idle = OFF$ , т. е. активизировать ТРМ133.

Для настройки прибора для работы с трехпозиционным ИМ следует выполнить операции по пунктам 1 и 2 (см. выше), в п. 3 задать  $SE.P = 3.POS$ , в п.4 подключить регулятор к дискретным ВЭ № 2 (реле 2) и № 3 (реле 3), задав  $OP1 = 2$  и  $OP2 = 3$ .

## 5.7. Принудительная перезагрузка прибора

В случае если прибор ТРМ133 в каких-либо режимах работает некорректно (это может случиться при сильных помехах, после длительного пропадания питания и др.), можно осуществить его перезагрузку, нажав одновременно кнопки:



Обычное отключение прибора от питающей сети не приведет к перезагрузке, так как информация о состоянии прибора сохраняется благодаря встроенному источнику питания (батарейка).

## 6. ЛАБАРАТОРНЫЙ СТЕНД

Размещение элементов системы на стенде

На лицевой панели стенда САПВ (рис. 13) размещены следующие элементы:

1. Автоматический выключатель АВ;
2. Индикатор работы приточного вентилятора;
3. Индикатор включения питания;
4. SA3 – переключатель режима работы приточного вентилятора;
5. Контроллер ТРМ133;
6. SB1 – коммутирующее устройство для дистанционного перевода системы в дежурный режим;
7. SA1 – тумблер (дискретный датчик исправности приточного вентилятора);
8. SA2 – тумблер (дискретный датчик пожарной сигнализации);
9. Блок БУСТ;
10. Индикатор аварийного режима.

Во внутренней части стенда САПВ (рис. 14) размещены:

1. Симистор VS1;
2. Блок питания БП 24 В;
3. Камера;
4. дТС-50М (измерение  $T_{пр}$ );
5. Переходная втулка с заслонкой;
6. дТС-50М (измерение  $T_n$ );
7. Электромагнитный привод заслонки.

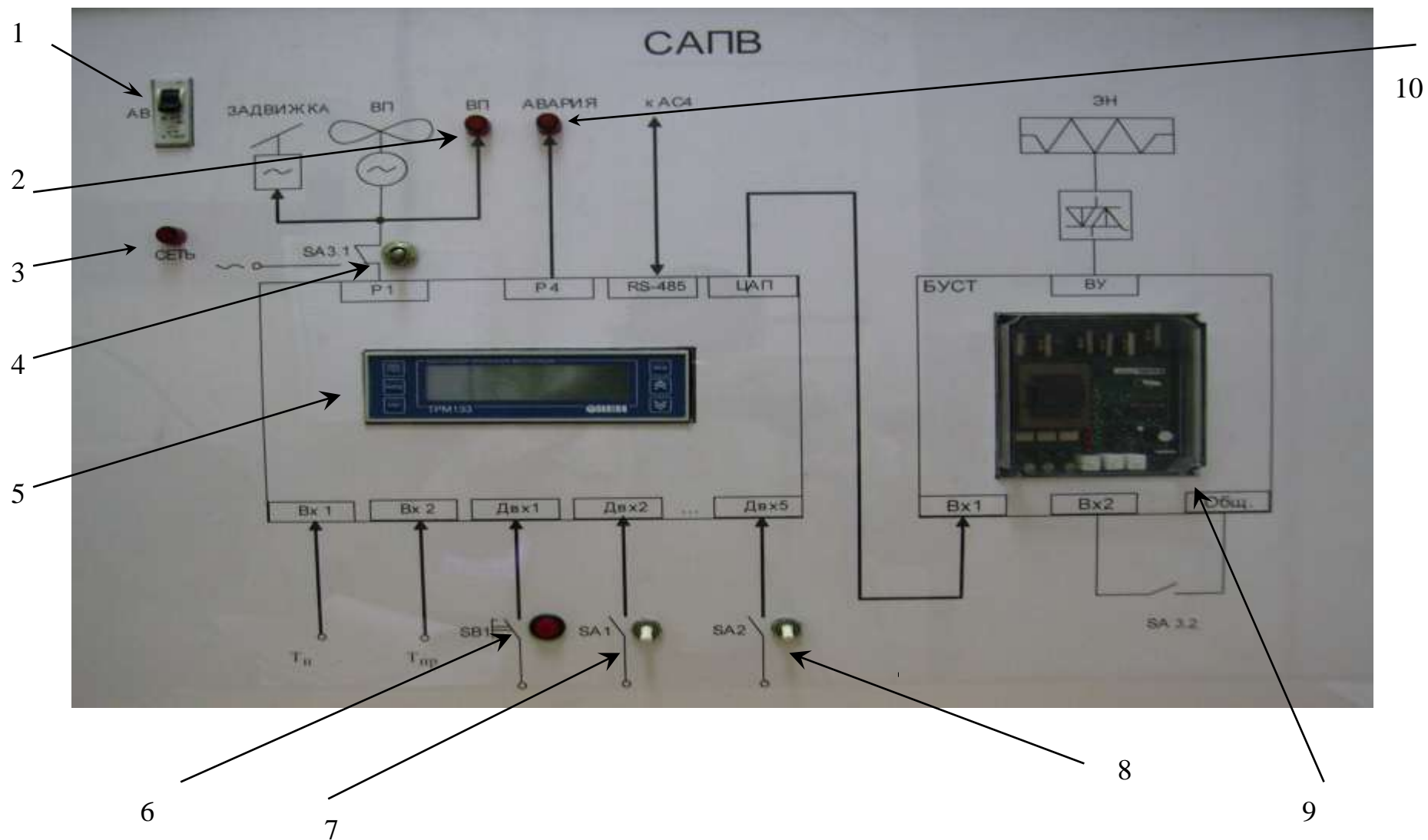


Рис. 13. Лицевая панель стенда САПВ

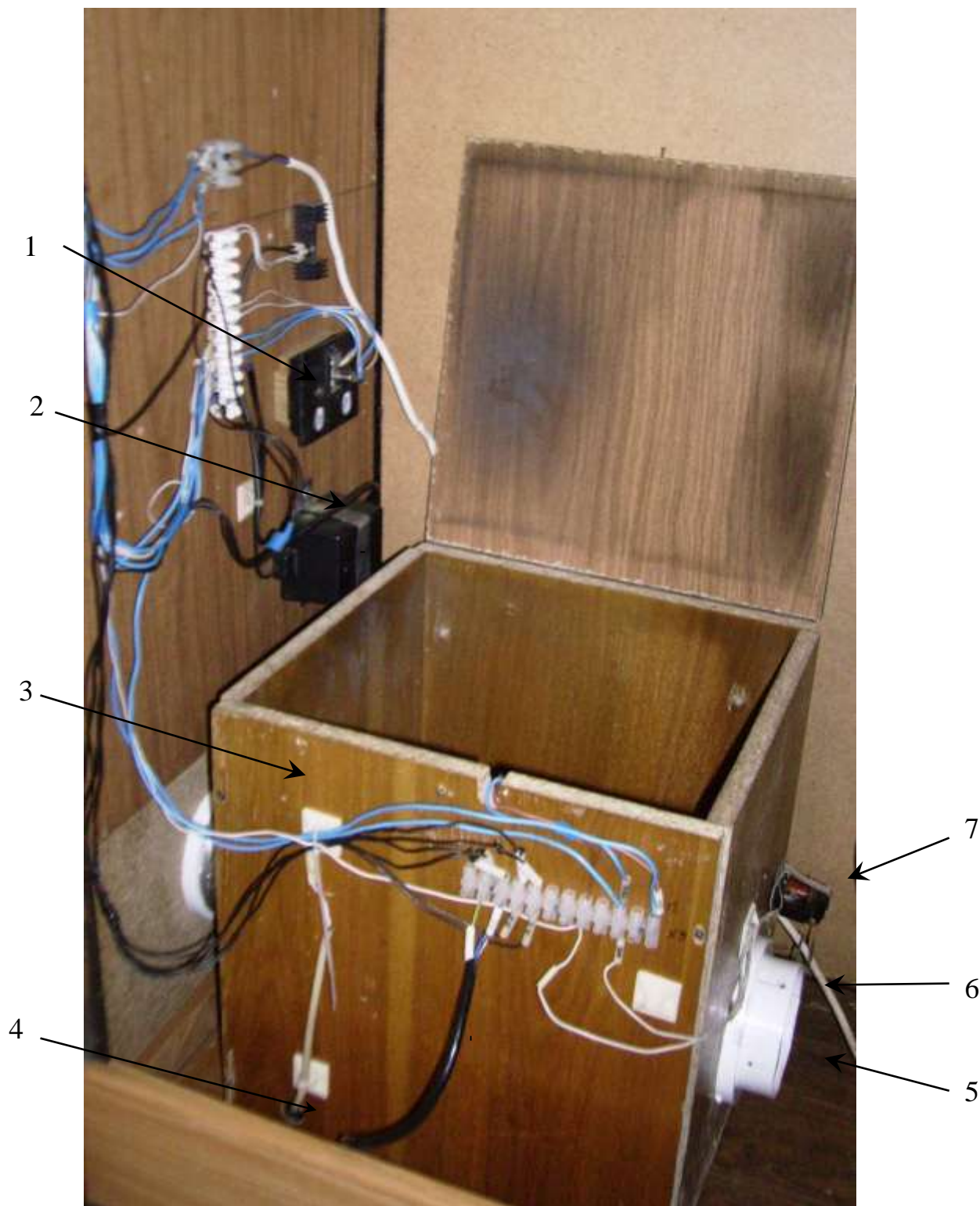


Рис. 14. Элементы внутренней части стенда САПВ



## 6.2. ПЭС и схема соединений САПВ

ПЭС лабораторного стенда системы представлена на рис. 15.

При включении автоматического выключателя QF в схему подаётся напряжение, загорается контрольная лампа HL1(сеть).

При включении тумблера SA3 в верхнее положение («Продувка»), напряжение питания через контакты тумблера SA3.1 подается на приточный вентилятор, электромагнитный привод заслонки, индикатор работы приточного вентилятора HL2. Одновременно своими контактами SA3.2 тумблер блокирует блок управления симисторами и тиристорами (БУСТ). Происходит продувка и охлаждение камеры. В этом режиме напряжение питания на электронагреватель Rэн не подаётся (симистор VS1 закрыт). Переключением тумблера SA3 в нижнее положение схема переходит в режим «Работа». Тумблер своими контактами подключает приточный вентилятор М и электромагнитный привод заслонки к цепи выходного элемента P1(TPM 133). Одновременно контактами SA3.2 снимается блокировка с прибора БУСТ, и он выдаёт управляющие импульсы на симистор VS1. Симистор VS1 открываясь, регулирует мощность нагревателя Rэн. Кнопка SB1 служит для дистанционного перевода в дежурный режим САПВ. Тумблер SA1 служит для имитации аварии приточного вентилятора. Тумблер SA2 служит для имитации срабатывания пожарной сигнализации. При имитации аварийной ситуации срабатывает реле Р4 (TPM133) и своими контактами подаёт напряжение питания на индикатор HL3 «Авария».

Для выполнения монтажа системы автоматизации необходима схема соединений её элементов, на которой они показывают проводные связи между элементами, маркировку соединительных проводов и мест подключений.

Схема соединений элементов лабораторного стенда САПВ приведена на рис.16. На ней изображены следующие элементы:

- БУСТ – блок управления симисторами и тиристорами;
- QF – автоматический выключатель;
- VS1 – симистор;

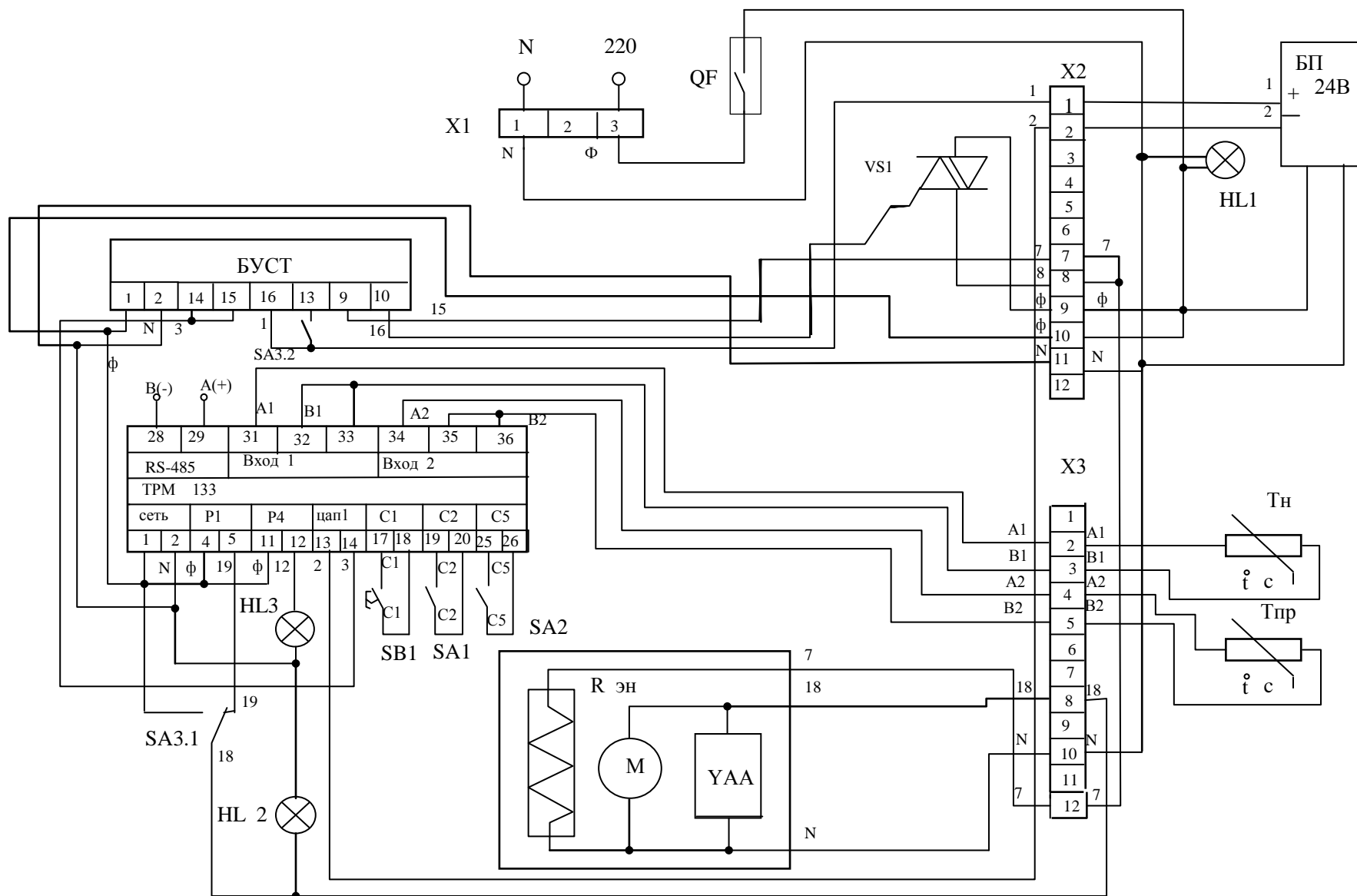


Рис. 16. Схема соединений элементов стенда



- X1, X2, X3 – клеммные колодки;
- БП – 24 В – источник электропитания;
- HL1, HL2, HL3 – арматура светосигнальная;
- SA1, SA2, SA3 – тумблеры;
- SB1 – кнопка;
- ТРМ133 – микроконтроллер приточной вентиляции;
- $T_n$ ,  $T_{пр}$  – термометры сопротивления типа дТС-50М.


### 6.3. Исследование системы

Цель лабораторной работы – ознакомить студентов с функциональными возможностями и приёмами программирования контроллера приточной вентиляции ТРМ133 и блоком управления симисторами и тиристорами БУСТ.

Порядок выполнения лабораторной работы:

1. Перед началом работы следует убедиться в том, что на лицевой панели стенда тумблеры SA1, SA2, SA3 (см. рис. 13) находятся в выключенном состоянии (рукоятки вниз), кнопка SB1 находится в отжатом состоянии;

2. Автоматическим выключателем АВ подать электропитание на стенд САПВ. При этом на дисплее ТРМ133 высвечивается ДЕЖУРНЫЙ РЕЖИМ и загорается индикатор СЕТЬ;

3. Запуск системы приточной вентиляции из режима ДЕЖУРН осуществляется нажатием и удержанием кнопки  не менее четырёх секунд. При этом подаётся звуковой сигнал. На дисплее ТРМ133 высвечивается режим ПРОГРЕВ. Продолжительность режима ПРОГРЕВ задаётся пользователем, исходя из рабочих характеристик системы, при программировании ТРМ133 в параметре t.nag.

Выход из режима прогрева осуществляется автоматически по истечении времени прогрева. После прогрева ТРМ133 включается в режим регулирования температуры приточного воздуха. Включается вентилятор, срабатывает электропривод заслонки (при этом слышится характерный щелчок), на лицевой панели стенда загорается индикатор работы приточного вентилятора (ВП). На дисплее ТРМ133 отображается информация: в верхней

строке – текущий режим работы системы вентиляции (в данном случае регулирование по  $T_{пр}$ ) и выходная мощность ПИД-регулятора, а в нижней строке - название измеряемого параметра, его измеренное значение, и уставка по измеряемому параметру. На светодиодной шкале прибора БУСТ высвечивается уровень мощности, выдаваемый на нагрузку.

Через некоторое время значение температуры  $T_{пр}$  достигнет уровня уставки. Далее контроллер будет поддерживать значение  $T_{пр}$  в пределах уставки;



4. Перевести систему в режим «Продувка» (рукоятку тумблера SA3 установить в верхнее положение);

5. Задать контроллеру новое значение уставки (на 10–15 °C выше исходной): войти в меню БЫСТРЫЙ ДОСТУП >  $T_{пр}$  ДЕНЬ > F.Pri > SP.LU (см. рис.12);

6. Перевести рукоятку тумблера SA3 в нижнее положение, и запустить вновь САПВ (см. п. 3) на дисплее высветится новое значение уставки  $T_{пр}$  и выходной мощности регулятора P;

7. Сравнить выходную мощность регулятора по первой и второй и уставке, сделать выводы.

8. Установить исходную уставку  $T_{пр}$ , запустить САПВ и осуществить её аварийное отключение. Для этого следует в рабочем режиме (регулирование  $T_{пр}$ ) перевести рукоятку тумблера SA1 в верхнее положение, имитируя аварию приточного вентилятора. При этом система перейдёт в ДЕЖУРНЫЙ РЕЖИМ, отключится вентилятор, закроется заслонка, загорится индикатор «Авария», на дисплее высветится в правом верхнем углу информация об источнике, приведшем к переходу в аварийный режим (см. табл. 6);

9. Перевести рукоятку тумблера SA1 в нижнее положение, кнопкой  сбросить информацию об источнике аварии, кнопкой  запустить систему вентиляции. Имитация аварии по датчику пожарной сигнализации SA2 проводится аналогично.

10. Включить кнопку SB1 (дистанционный перевод системы в дежурный режим), загорится встроенный в кнопку индикатор,

система перейдет в ДЕЖУРНЫЙ РЕЖИМ. Выключить кнопку SB1: Система автоматически перейдет в режим ПРИТОЧ.

11. Перевести рукоятку тумблера SA3 в верхнее положение «Продувка» для охлаждения камеры.

12. Перевести систему (см. рис. 12) в режим настройки ГЛАВНОЕ МЕНЮ > НАСТРОЙКА. Установить рукоятку тумблера SA3 в нижнее положение. Выключится приточный вентилятор, закроется заслонка, отключится индикация режима регулирования ПРИТОЧ.

По окончании работы на стенде необходимо вернуть управляющие органы в исходное состояние и отключить напряжение питания стенда автоматическим выключателем АВ; должны погаснуть дисплей контроллера ТРМ133 и индикатор СЕТЬ.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные элементы лабораторного стенда САПВ.

2. Режимы работы САПВ, обеспечиваемые контроллером автоматически после запуска системы.

3. Какие входы и выходы используются в контроллере ТРМ133 в лабораторной САПВ?

4. Для каких режимов работы может быть настроен каждый регулятор в приборе ТРМ133?

5. Какие программируемые параметры используются для настройки измерительных входов контроллера?

6. Какие программируемые параметры используются для настройки дискретных входов контроллера?

7. Поясните порядок изменения установки регулятора  $T_{пр}$  ДЕНЬ.

8. Поясните порядок установки программируемых параметров выходных устройств контроллера.

9. Какие сообщения появляются на индикаторе прибора при возникновении аварийных ситуаций, вызванных ошибками измерения или неисправностью измерительных датчиков?

10. С помощью каких средств прибор ТРМ133 осуществляет обмен данными с внешними устройствами: компьютером, контроллерами?

11. Назовите программируемые параметры машины состояний прибора.

12. Назначение и принцип работы блока БУСТ.

13. Поясните работу принципиальной электрической схемы лабораторной САПВ.

14. Какие аварии имитируются на стенде САПВ?

15. Сигнальные элементы стенда, их назначение.

16. Какие датчики температуры применены на стенде?

17. Как изменяется выходная мощность регулятора температуры приточного воздуха с увеличением уставки  $T_{пр}$  ДЕНЬ?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Контроллер ТРМ 133. Паспорт и руководство по эксплуатации. – Москва: ОВЕН, 2007. – 67 с.

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19. САУ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить устройство и принцип действия САУ погружным насосом на базе прибора САУ-М2.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Изучить принципы построения систем автоматического поддержания уровня воды в резервуаре.

2.2. Ознакомиться с устройством стенда «САУ погружным насосом» на базе прибора САУ-М2.

2.3. Провести стендовые испытания САУ погружным насосом – проверить на стенде работоспособность системы.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Наименование и цель работы.

3.2. Функциональная схема стенда «САУ погружным насосом» на базе прибора САУ-М2.

3.3. Назначение, технические характеристики и функциональная схема прибора САУ-М2.

3.4. Временные диаграммы работы САУ-М2 в режиме заполнения резервуара (поддержания уровня воды в нем).

## **4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В РЕЗЕРВУАРЕ**

Система (рис. 1) работает по принципу двухпозиционного регулирования, т. е. включение погружного насоса при достижении нижнего уровня воды, на котором установлен соответствующий электрод датчика уровня, и отключение погружного насоса при достижении верхнего уровня воды, на котором установлен соответствующий электрод датчика уровня.



Рис. 1. Структурная схема САУ уровнем воды в резервуаре:  $h_{зад}$ ,  $h_{изм}$  – заданный и измеренный уровень воды;  $Q_n$  – производительность насоса,  $м^3/ч$ ;  $Q_p$  – расход воды,  $м^3/ч$ ;  $h$  – уровень воды в резервуаре;  $U_p$  – управляющий сигнал регулятора; ДУ – датчик уровня

Ниже на рис. 2. изображены временные диаграммы работы САУ уровнем воды.

На данных диаграммах видно следующее:

- в интервале времени от  $0-t_1$  насос включается и заполняет резервуар до верхнего заданного уровня;
- в интервале времени от  $t_1-t_2$  наблюдается расход (потребление) воды, насос отключен;
- при достижении нижнего заданного уровня включается насос и в интервале времени от  $t_2-t_3$  происходит заполнение резервуара от нижнего заданного уровня до верхнего заданного уровня;
- в интервале времени от  $t_3-t_4$  наблюдается расход (потребление) воды, насос отключен;
- в интервале времени  $t_4$  происходит включение насоса и заполнение резервуара от нижнего заданного уровня до верхнего заданного уровня.

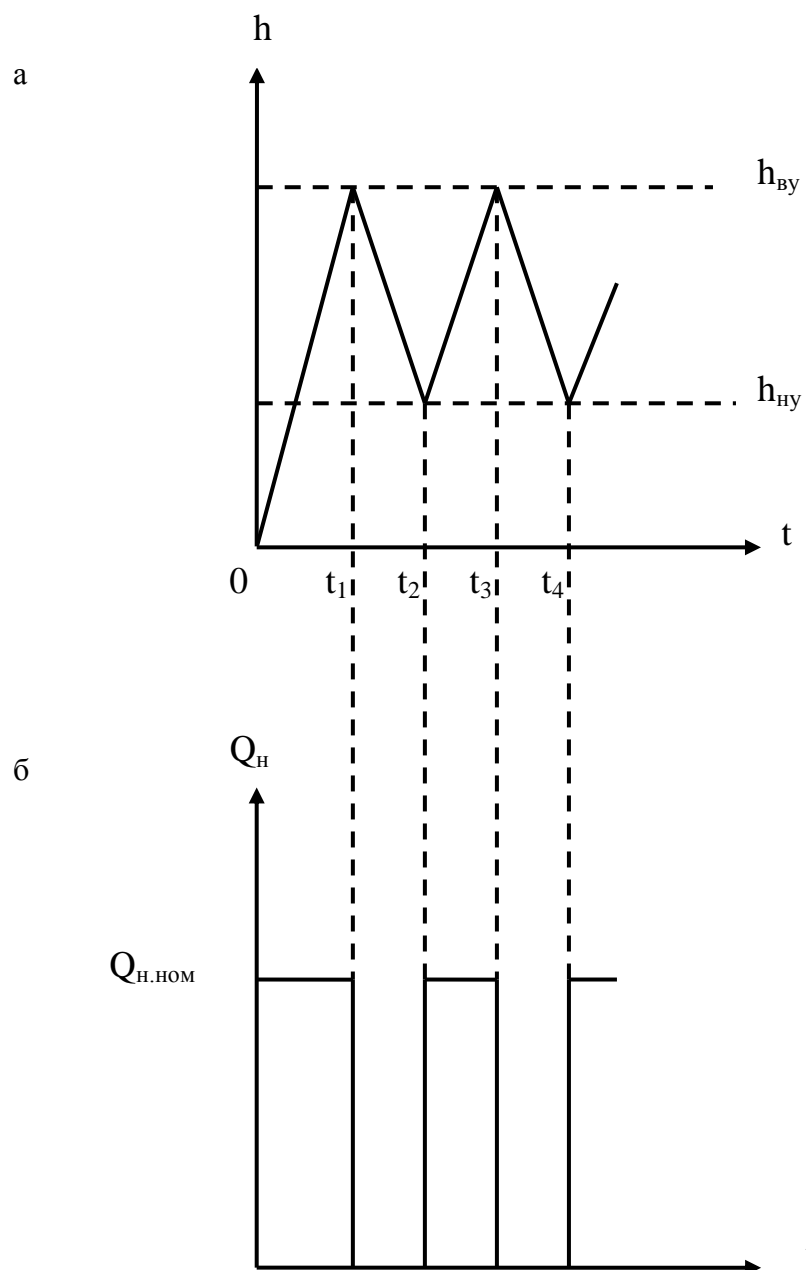


Рис. 2. Временные диаграммы работы САУ: а – изменение уровня воды в резервуаре потребителя; б – изменение производительности насоса:  $h_{\text{вy}}$ ,  $h_{\text{нy}}$  – заданные значения уровня воды в резервуаре, соответственно, верхнего и нижнего;  $Q_{\text{н.ном}}$  – номинальная производительность насоса

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Стенд «САУ погружным насосом» представлен двумя ёмкостями – баками, соответственно, заполняемой ёмкостью Б1 и ёмкостью Б2 для отбора воды (скважиной), в которой размещен погруженный насос ПН, управляемый прибором САУ-M2 по сигналам дискретных датчиков уровня воды ДУ1, ДУ2 (рис. 3).

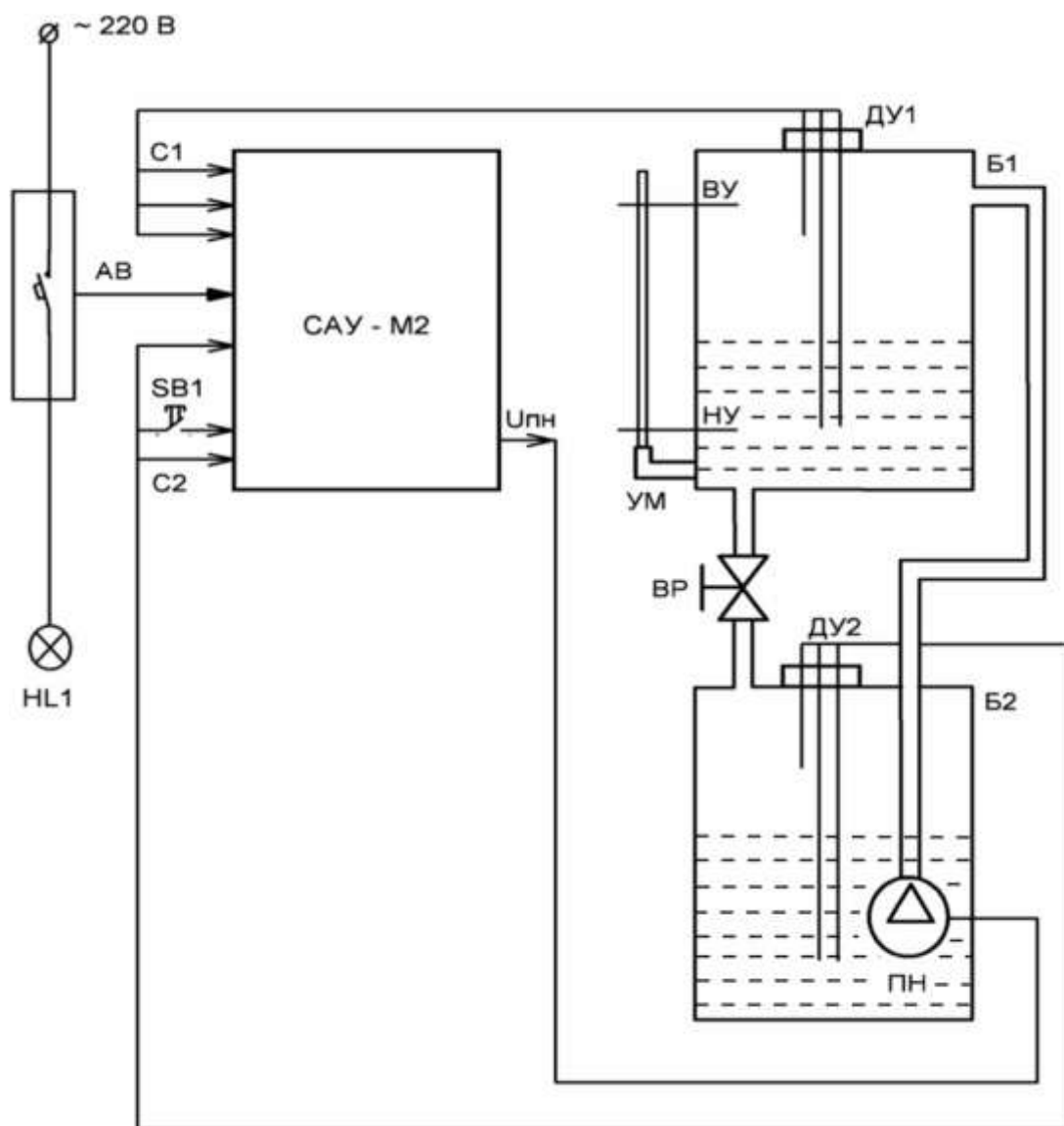


Рис. 3. Функциональная схема стенда  
«САУ погружным насосом»



На схеме (см. рис. 3) приняты следующие обозначения:

- AB – автоматический выключатель;
- HL1 – индикаторная лампа «Сеть 220 В»;
- САУ-М2 – прибор для управления погружным насосом;
- С1–С2 – дискретные сигналы датчиков уровня в резервуарах;
- SB1 – кнопка «сухой ход»;
- Упн – сигнал управления погружным насосом;
- Б1 – бак (заполняемая емкость) объемом 40 л;
- Б2 – бак (емкость для отбора воды) объемом 30 л;
- ВР – вентиль расходный для задания расхода потребляемой воды;
- ПН – погружной насос;
- ДУ1 – датчик уровня воды в баке;
- ДУ2 – датчик уровня воды в скважине;
- УМ – уровнемер для визуального контроля заполнения бака Б1;
- ВУ, НУ – верхний и нижний уровни воды в баке Б1.

В качестве погружного насоса установлен электронасос БВ-О, 12-40-У5 «Малыш», предназначенный для подъема воды из колодцев и скважин, для полива огородов, приусадебных участков и индивидуального водоснабжения.

Вибрационный электронасос состоит из трех основных элементов: ярмо, вибратор и основание. В основании имеются отверстия, прикрытые резиновым клапаном. На выводном патрубке крепится шланг. Подача воды осуществляется из напорной камеры, ограниченной резиновым клапаном и поршнем, при возвратно-поступательном движении поршня в результате вибрационных колебаний электромагнитного привода. Далее вода поступает в кольцевое пространство между основанием и вибратором и через патрубок – в шланг электронасоса.

Технические характеристики насоса

Напряжение переменного тока, В	220
Номинальная мощность, Вт	245
Ток, А, не более	3,7
Объемная подача воды, л/ч:	

с глубины 20 м	1000
30 м	830
40 м	432

Габаритные размеры, мм:

высота не более 267

диаметр не более 99

Масса, кг, не более 3,5

Режим работы насоса не более 12 ч в сутки с отключением через каждые два часа работы на 15–20 минут.

В качестве датчиков на стенде установлены трехэлектродные кондуктометрические датчики уровня жидкости (рис. 4). Трехэлектродные датчики обеспечивают контроль двух уровней жидкости в резервуарах открытого типа. Материал электродов датчика сталь нерж. 12Х18Н10Т. Датчики предназначены для комплектации приборов контроля жидких и сыпучих веществ, обладающих электрической проводимостью и не агрессивных к материалу датчиков.



Рис. 4. Датчик уровня кондуктометрический

### Технические характеристики

Тип датчиков	кондуктометрический
Напряжение на электродах датчика уровня	не более 12 В пост. тока
Сопротивление жидкости (воды), вызывающее срабатывание датчика	не более 500 кОм
Максимальное рабочее давление, МПа (кГс/см <sup>2</sup> )	0,098 (1,0)
Максимальная температура жидкости, °С	85

### Прибор управления САУ-M2

Прибор для управления погружным насосом САУ-M2 предназначен для создания систем автоматического поддержания уровня жидкости в резервуарах, накопительных емкостях и т. п. На рис. 5. показан внешний вид прибора.



Рис. 5. Прибор САУ-M2

Прибор обеспечивает реализацию следующих функций:

- Автоматическое управление заполнением резервуара. Когда уровень жидкости в резервуаре (баке) достигает до нижней отметки, на которой установлен длинный электрод датчика уровня в баке, прибор включает насос и резервуар автоматически запол-

няется до верхнего уровня, на котором установлен короткий электрод датчика уровня;

- Автоматическое управление осушением резервуара. При использовании САУ-М2 для осушения резервуара к входу прибора подключается только один датчик уровня жидкости в осушаемой емкости. Насос отключается прибором при осушении длинного электрода (т. е. электрода нижнего уровня);

- Настройка прибора на электропроводность жидкости. САУ-М2 имеет регулятор чувствительности, позволяющий изменять уровень опорных сигналов компараторов. Вращением ручки регулятора на лицевой панели прибор легко настраивается для работы с различными по электропроводности жидкостями;

- Защита погружного насоса от «сухого хода». При осушении длинного электрода датчика уровня, установленного в емкости забора воды, прибор выключает насос (работа насоса блокируется). На лицевой панели прибора при этом загорается светодиод «блокировка».

Принцип действия прибора САУ-М2 основан на использовании токопроводящих свойств жидкости. При соприкосновении жидкости с соответствующими электродами датчика уровня на вход прибора поступают электрические сигналы, они обрабатываются по заданному алгоритму и формируют команды управления исполнительным реле, подающим питание на электропривод насоса. Прибор САУ-М2 может работать с различными по электропроводности жидкостями: водопроводной, загрязненной водой, молоком и пищевыми продуктами (слабокислотными, щелочными и пр.).

На лицевой панели прибора расположены три светодиодных индикатора, постоянная засветка которых означает:

«Сеть» – наличие питания на приборе;

«Насос» – включение электропривода насоса;

«Блокировка» – блокирование работы насоса при осушении датчика уровня в скважине.

Ручка потенциометра-регулятора чувствительности служит для первоначальной настройки прибора в зависимости от электропроводности жидкости. Технические характеристики прибора САУ-М2 приведены в таблице.

Наименование	Значение
Номинальное напряжение и частота питания	220 В, 50 Гц
Допустимое отклонение напряжения питания от номинального значения	–15 %...+10 %
Потребляемая мощность, не более	3 ВА
Количество встроенных выходных реле	1
Макс. допустимый ток, коммутируемый контактами встроенного реле	8 А при 220 В 50 Гц
Тип корпуса настенный	Н
Габаритные размеры корпуса	130×105×56 мм
Степень защиты корпуса	IP44
Прибор предназначен для эксплуатации в следующих условиях окружающей среды: Температура окружающей среды Относительная влажность	+1...+59 °С 80 % (при 35 °С)

На рис. 6. представлена функциональная структура прибора.

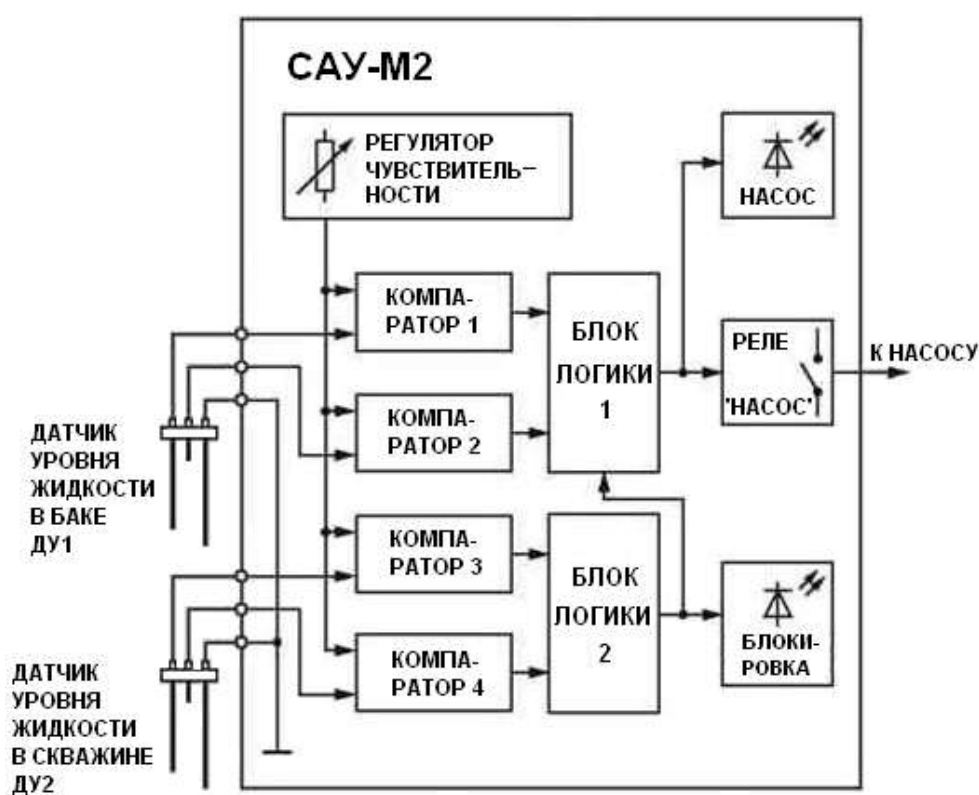


Рис. 6. Функциональная схема прибора САУ-М2

К входам САУ-М2 подключаются два трехэлектродных кондуктометрических датчика:

- датчик уровня ДУ1 жидкости в баке Б1 (заполняемой емкости);
- датчик уровня ДУ2 жидкости в Б2 (емкости, предназначенной для забора воды).

Компараторы 1...4 сравнивают значение входного сигнала с опорным значением и выдают (в соответствии с условиями блока логики 1) сигнал на включение или выключение реле «насос», к которому подключен электропривод насоса.

Реле «насос» работает следующим образом:

- включается при осушении электрода нижнего уровня (т. е. длинного электрода) датчика ДУ1;
- выключается при заполнении электрода верхнего уровня (короткого электрода) датчика ДУ1.

На рис. 7 изображены временные диаграммы работы САУ-М2 в режиме заполнения резервуара.

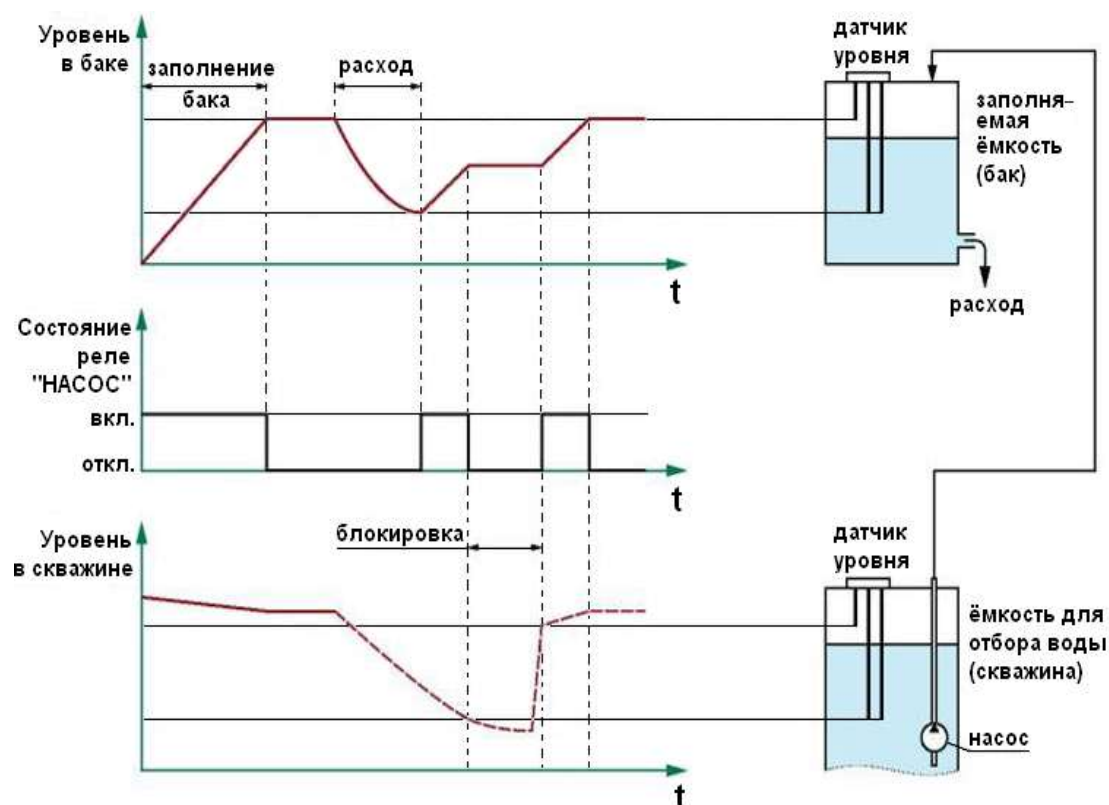


Рис. 7. Временные диаграммы работы САУ-М2 в режиме заполнения резервуара

На рис. 8. показана схема соединения элементов САУ погружным насосом.

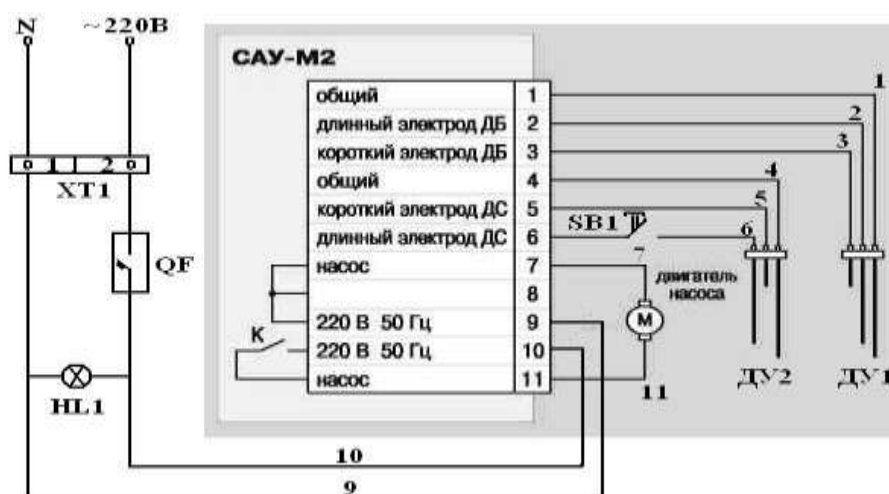


Рис. 8. Схема соединений элементов стенда «САУ погружным насосом»

Схема стенда содержит следующие элементы:

ХТ – клеммная колодка;

QF – автоматический выключатель;

HL1 – индикаторная лампа «Сеть 220 В»;

САУ-M2 – прибор для управления погружным насосом;

SB1 – кнопка для имитации «сухой ход» насоса;

М – двигатель насоса;

ДУ1 – датчик уровня в баке Б1 (заполняемой емкости);

ДУ2 – датчик уровня в баке Б2 (скважине).

## 6. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ САУ ПОГРУЖНЫМ НАСОСОМ

Цель испытаний заключается в проверке работоспособности и выполнения заданных функций САУ погружным насосом.

Испытания системы на стенде выполняются следующим образом.

1. Включить питание стенда нажатием последовательно на электрораспределительном шкафу лаборатории кнопок «Общий» и № 3.

2. Включить автоматический выключатель АВ на лицевой панели стенда САУ погружным насосом. При этом загорается индикаторная лампа «Сеть 220 В», что сигнализирует о наличии напряжения на стенде. На лицевой панели прибора САУ-М2 загорается светодиодная индикация «Сеть» и «Насос», что сигнализирует о наличии питания на приборе и включении насоса. Наблюдается процесс забора воды погружным насосом из бака Б2 (скважина) в бак Б1 (заполняемая емкость) до заданного уровня. При достижении водой верхнего электрода датчика уровня ДУ1 на вход прибора САУ-М2 поступает электрический сигнал, где он обрабатывается по заданному алгоритму и формирует команду управления исполнительным реле на отключение насоса. При этом на лицевой панели прибора САУ-М2 гаснет светодиод «насос», что сигнализирует об отключении насоса. Затем открытием вентиля расходного имитируем расход воды. Как только уровень воды упадет до отметки нижнего уровня, на которой установлен длинный электрод датчика уровня ДУ1, на вход прибора поступает другой электрический сигнал, который обрабатывается также по заданному алгоритму и формирует команду управления исполнительным реле на включение насоса. На лицевой панели прибора САУ-М2 при этом загорается светодиод «насос», что сигнализирует о включении насоса.

3. При нажатии на лицевой панели стенда кнопки «Сухой ход» разрывается электрическая цепь на длинный электрод датчика уровня ДУ2 в бака Б2, тем самым имитируя так называемый «сухой ход» насоса (работа насоса без воды в скважине), что приводит к останову насоса. При этом на лицевой панели прибора САУ-М2 загорается светодиод «Блокировка», сигнализирующий о прекращении работы насоса с целью предотвращения выхода из строя его подшипников.

## **7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Поясните управление погружным насосом по принципу «Включить/Выключить».

2. Какие датчики используются в САУ погружным насосом? Их технические характеристики.



3. Назначение прибора САУ-М2.
4. Назовите функциональные элементы прибора САУ-М2, их назначение.
5. Поясните принципы защиты погружного насоса от состояния «Сухой ход», реализуемые прибором САУ-М2.
6. Чем отличается реализация режима управления заполнением резервуара от режима управления его заполнением ?
7. Технические характеристики прибора САУ-М2.
8. Временные диаграммы, поясняющие работу САУ погружным насосом в режиме поддержания уровня воды в заполняемом резервуаре

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ**

## **1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Изучить принципы построения и работы системы автоматизации компрессорной установки (САКУ), выполненной на базе многоканального микропроцессорного измерителя-регулятора ТРМ138, программируемого реле времени УТ24, датчиков давления и температуры и поршневого компрессорного агрегата АС9316.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

2.1. Ознакомиться с конструкцией, расположением элементов системы и принципиальной электрической схемой стенда САКУ.

2.2. Изучить структуру и функции системы автоматического управления поршневым компрессорным агрегатом.

2.3. Произвести просмотр и записать в рабочую тетрадь значения программируемых параметров управляющего устройства системы: измерителя-регулятора ТРМ138 и реле времени УТ24, используя принципы программирования этих приборов на выполнение задачи пользователя, изложенные в [1] и [3], а также в методических указаниях к лабораторным работам по данным приборам [2], [4].

2.4. Провести стендовые испытания САКУ.

## **3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

3.1. Функциональная и принципиальная электрическая схемы лабораторного варианта (стенда) САКУ. Функции системы автоматизации.

3.2. Схема конфигурации ТРМ138 и значения основных программируемых параметров ТРМ138 и УТ24, установленные

для выполнения задачи автоматического контроля, управления и регулирования компрессорного агрегата (см. Приложения 1 и 2).

### 3.3. Результаты стендовых испытаний системы:

а) графики изменения во времени выходных сигналов УТ24, управляющих электропневмоклапанами ЭПК1 (клапан разгрузки компрессора при пуске и регулирования давления воздуха в его ресивере при работе) и ЭПК2 (клапан продувки конденсата из ресивера) в течение 8–10 минут работы компрессора. Представить фактические значения временных параметров системы:  $T_x$  – время работы компрессора вхолостую при запуске,  $T_v$ ,  $T_{\Pi}$  – параметры продувки – время включенного и выключенного (пауза) состояния ЭПК2;

б) график  $P_v(t)$  регулирования давления воздуха в ресивере при работе компрессора с нагрузкой, задаваемой вентилем расходным ВР таким образом, чтобы частота переключений клапана ЭПК1 равнялась некоторой величине в диапазоне 0,1–0,2 Гц. Представить фактические значения параметров процесса регулирования: уставка  $P_{взд}$ ,  $\Delta P$  – зона гистерезиса,  $P_{v1}$ ,  $P_{v2}$  – параметры переключения двухпозиционного регулятора, соответственно, нижний и верхний;

в) действие автоматической защиты (аварийный останов компрессора) и аварийной сигнализации, критические значения давления и температуры сжатого воздуха и температуры масла в компрессоре.

## 4. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

### 4.1. Объект автоматизации

Объектом автоматизации является поршневой компрессорный агрегат воздушного охлаждения АС9316 фирмы Sturm.

Поршневой компрессорный переносной агрегат АС9316 (в дальнейшем по тексту – компрессор) предназначен для снабжения сжатым воздухом различного пневматического оборудования, пневматических инструментов.

На рис. 1 представлен поршневой компрессорный агрегат, включающий в свой состав следующие основные элементы:

- 1 – электродвигатель;
- 2 – компрессор;
- 3 – накопительный бак (ресивер);
- 4 – манометр давления в баке;
- 5 – пробка слива конденсата;
- 6 – защитный кожух;
- 7 – воздушный фильтр;
- 8 – штуцера подключения с воздушным шлангом;
- 9 – глазок для контроля уровня масла.

Технические характеристики компрессора:

- Сжимаемый газ – атмосферный воздух
- Температура окружающей среды – не ниже 5 °C
- Мощность – 1600 Вт
- Производительность – 250 л/мин
- Объем накопительного бака – 24 л
- Максимальное рабочее давление – 115 PSI / 0,8 МПа
- Количество цилиндров – 1

Правила безопасности при работе с компрессором

- Не превышайте максимально разрешенное давление.
- Запрещается использовать компрессор при температуре ниже 5°C
- Будьте осторожны – рабочие части компрессора могут стать горячими во время работы
- Запрещается использование бензина и других легковоспламеняющихся жидкостей для очистки компрессора. Пары могут воспламениться от искры и привести к взрыву
- Перед проведением сервисного обслуживания или устранения неисправности убедитесь, что компрессор выключен из сети и давление в баке стравлено
- Не отсоединяйте никакие соединительные части, когда бак компрессора находится под давлением
- Никогда не вынимайте вилку из розетки для того чтобы остановить компрессор, пользуйтесь только выключателем



Рис. 1. Поршневой компрессорный агрегат воздушного охлаждения АС9316

## 4.2. Структурная схема и функции системы

Расход воздуха из ресивера компрессора может меняться по условиям потребления, поэтому необходимо изменять подачу воздуха так, чтобы она соответствовала расходу из агрегата. При этом в сети должно поддерживаться давление, требуемое потребителем. Такое регулирование подачи называют регулированием на постоянное давление. Как указывалось выше, задача регулирования заключается в таком воздействии на компрессор, которое выравнивает подачу его с расходом воздуха потребителями.

Система автоматизации компрессорной установки (САКУ) должна обеспечивать:

- работу компрессорных агрегатов с максимальным экономическим эффектом;
- частичное или полное исключение обслуживающего персонала;
- стабилизацию давления, на уровне требуемом для оптимального проведения технологических процессов;
- автоматическое отключение компрессора при возникновении предаварийных ситуаций;
- сигнализацию работы агрегатов.

На рис. 2 представлена функциональная структура лабораторного стенда «Система автоматизации компрессорной установки», на которой изображены следующие элементы:

ВФ – воздушный фильтр;

К – компрессор масляный;

КМ – магнитный пускатель электродвигателя М;

ВС – воздухосборник (ресивер);

ВР – вентиль расходный (задание расхода воздуха);

ОК – обратный клапан;

Р1 – прибор – указатель давления воздуха в ВС;

ЭПК 1, ЭПК 2 – электромагнитные пневмоклапаны, соответственно, разгрузочный н. о. и продувки конденсата н. з.;

АВ – автоматический выключатель (для защиты и аварийного отключения);

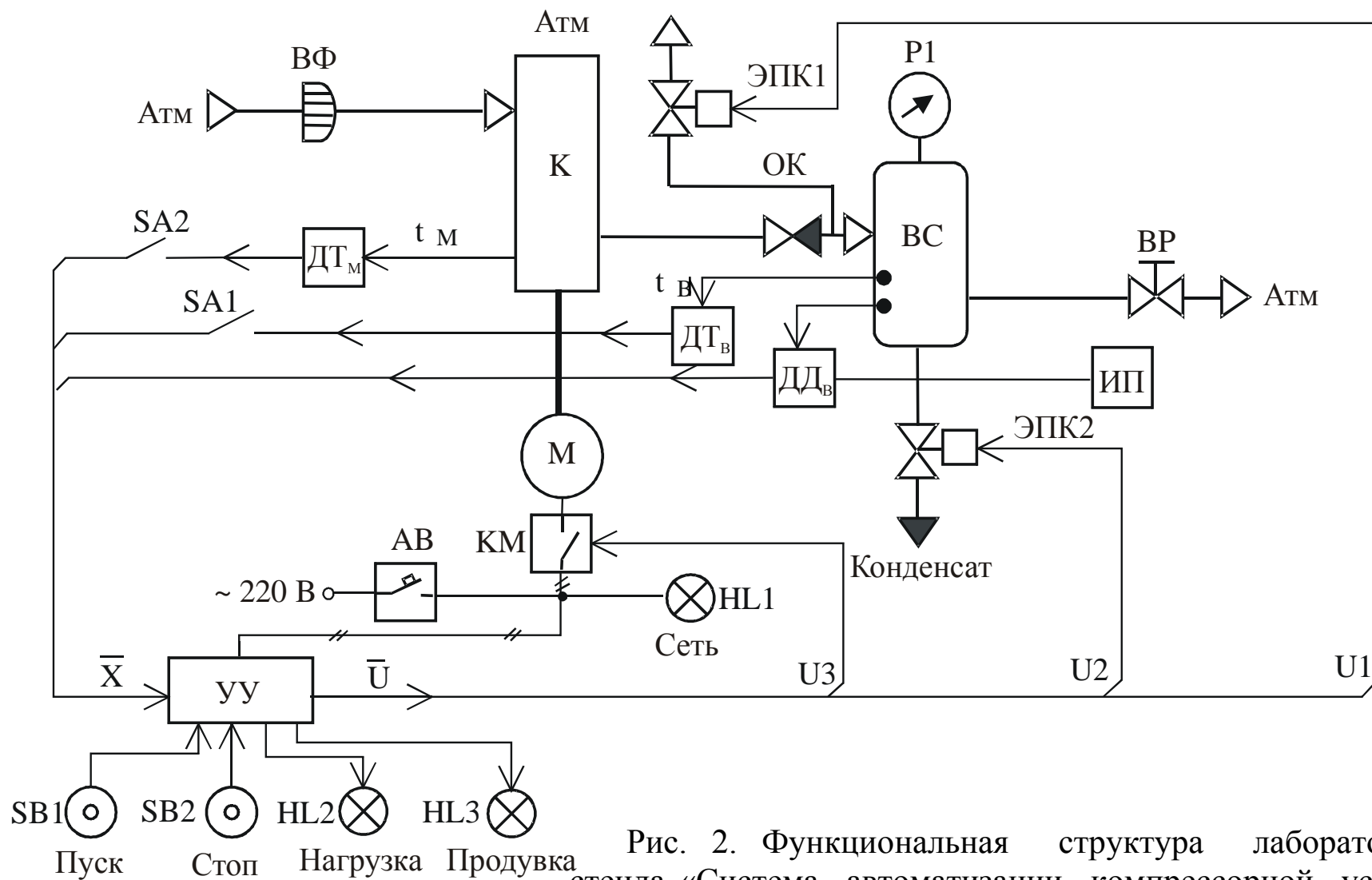


Рис. 2. Функциональная структура лабораторного  
стенда «Система автоматизации компрессорной установ-  
ки»

УУ – управляющее устройство компрессорной установки (ТРМ 138 и микропроцессорное реле времени УТ 24);

ДД<sub>В</sub> – аналоговый активный датчик давления (4...20 мА) воздуха в ВС;

ДТ<sub>М</sub> и ДТ<sub>В</sub> – датчики ТС температуры масла в компрессоре и воздуха в магистрали (в ВС);

SB1, SB2 – кнопки ПУСК и СТОП компрессора;

ИП – источник питания аналогового датчика давления воздуха;

U3, U2, U1 – дискретные сигналы («сухой» контакт) управления магнитным пускателем КМ и электромагнитами ЭПК 2, ЭПК 1;

$P_B$ ,  $t^\circ_M$ ,  $t^\circ_B$  – непрерывно контролируемые параметры давления воздуха, температуры масла и воздуха;

HL1, HL2, HL3 – сигнальные лампы, соответственно, СЕТЬ, НАГРУЗКА, ПРОДУВКА.

Система автоматизации компрессорной установки (см. рис. 2) обеспечивает следующие режимы работы:

**1. Запуск компрессора:** при нажатии кнопки SB1 (ПУСК) срабатывает контактор КМ – компрессор запускается в режиме холостого хода (клапан ЭПК 1 открыт). Через несколько секунд ( $T_X$ ) ЭПК 1 закрывается (на него будет подано напряжение), что приведет к загрузке компрессора.

**2. Останов компрессора:** нажать кнопку SB2 (СТОП) – отключается КМ откроется клапан ЭПК 1 (с него будет снято напряжение), компрессор остановится, а его ресивер соединиться с атмосферой.

**3. Автоматическое поддержание давления в воздухохоборнике** осуществляется по двухпозиционному принципу: при давлении воздуха в воздухохоборнике  $P_B \geq P_{B1}$  компрессор переходит с рабочего режима в режим холостого хода (клапан ЭПК 1 открывается), а при  $P_B \leq P_{B2}$  компрессор возвращается из холостого режима в рабочий режим (клапан ЭПК1 закрывается). Здесь  $P_{B1}$ ,  $P_{B2}$  заданные значения давления сжатого воздуха для отключения/включения клапана ЭПК 1. Этот принцип позволяет избежать частых пусков и тем самым продлить срок службы компрессорной установки.



**4. Защита** (аварийный останов компрессора): при критических значениях одного из контролируемых параметров  $P_B \geq P_{Bmax}$ ,  $t^\circ_B \geq t^\circ_{Bmax}$ ,  $t^\circ_M \geq t^\circ_{Mmax}$  компрессор автоматически отключается пускателем КМ, а ресивер соединится с атмосферой.

**5. Аварийная сигнализация:** при аварийном отключении компрессора (срабатывание любой из защит по п. 4), а также при имитации обрыва цепей датчиков  $t^\circ_B$ ,  $t^\circ_M$  включается сигнализация на ТРМ138;

**6. Автоматическая продувка конденсата** из воздухоотборника осуществляется в функции времени по командам таймера: при работе компрессора через интервал продувки (время паузы)  $T_{II}$  открывается клапан ЭПК 2 (на него подается напряжение), а закрывается он через время включенного состояния (время продувки)  $T_B$ .

Параметрами настройки УУ являются:

$P_{B1}$  – верхнее давление сжатого воздуха;

$P_{B2}$  – нижнее давление сжатого воздуха;

$P_{Bmax}$  – критическое значение давления сжатого воздуха;

$t^\circ_{Bmax}$  – критическое значение температуры сжатого воздуха;

$t^\circ_{Mmax}$  – критическое значение температуры масла;

$T_X$  – время работы компрессора в холостую перед его нагружением после пуска (таймер 1);

$T_{II}, T_B$  – параметры настройки (таймер 2) – время паузы и включенного состояния клапана продувки ЭПК 2.

В системе автоматизации установки используются следующие сигналы:

1. Командные – 5 (SB1, SB2, SA1, SA2, SA3);
2. Входные аналоговые – 3 ( $P_B$ ,  $t^\circ_B$ ,  $t^\circ_M$ );
3. Выходные дискретные – 2 (ТРМ138) + 2 (УТ24);
4. Световые – 3 (СЕТЬ, НАГРУЗКА, ПРОДУВКА) + 7 (ТРМ138) + 4 (УТ24).

### 4.3. Датчики и исполнительные элементы

В лабораторном стенде САКУ применены следующие датчики и исполнительные элементы:



Рис. 3. Сапфир-22М

1. Преобразователь измерительный типа Сапфир-22М. Этот прибор предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование значения избыточного давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовой выходной сигнал дистанционной передачи. Он служит для работы со вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления, работающими от стандартного выходного сигнала. Используется в лабораторном стенде САКУ для измерения давления сжатого воздуха.

Основные технические данные и характеристики Сапфир-22М:

- сокращенное наименование модели – ДИ 2150;
- верхний предел измерения, МПа – 0,6;
- исполнение по материалам – 02;
- климатическое исполнение – УХЛ3,1;
- абсолютное значение предела допускаемой основной погрешности, % – 0,5;
- выходной сигнал, мА – 4–20;
- пределы перенастройки, МПа – 0,4/2,5;
- напряжение питания, В –  $36 \pm 0,72$ ;
- потребляемая мощность, Вт –  $\leq 0,8$ ;
- пределы температуры окружающего воздуха, °С –  $5 \div 50$ ;
- масса прибора, кг – 3.

2. Источник вторичного электропитания ИПБ-1 встраиваемый, предназначенный для питания стабилизированным напряжением электроизмерительных приборов, в частности – преобразователя давления Сапфир-22М.



Рис. 4. Источник электропитания ИПБ-1

Основные технические характеристики и данные источника вторичного электропитания ИПБ-1:

- вид климатического исполнения – УХЛ4;
- температура окружающего воздуха, °С – 1÷50;
- напряжение питания, В –  $\sim 220^{+44}_{-33}$ ;
- номинальные значения выходных напряжений и токов нагрузки, В (А) – 5 (4,0), 5 (0,8), 12 (0,3), 12 (0,3), 26 (0,2),  $\sim 6 (0,2)$ ;
- масса прибора, кг –  $\leq 0,79$ .

3. Термопреобразователи сопротивления с кабельным выводом типа дТС074-50М (рис. 5, а) для непрерывного измерения температуры воздуха в ресивере и типа дТС014-50М (рис. 5, б) для непрерывного измерения температуры масла в компрессоре.

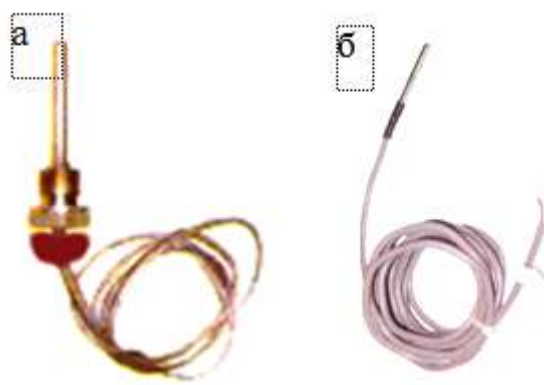


Рис. 5. Термометры сопротивления

Технические характеристики датчиков ТСМ:

- номинальная статическая характеристика (НСХ) – 50М;
- 
- рабочий диапазон измеряемых температур, °С –  $-50 \div +150$ ;
- величина рабочего тока в измерительной цепи, мА –  $\leq 5$ ;
- показатель тепловой инерции, с –  $\leq 10 \div 30$ ;
- количество чувствительных элементов, шт. – 1;
- схема соединения внутренних проводников – 2-проводная;
- допустимые отклонения, °С –  $\pm 0,25$ .



Рис. 6. Электромагнитный пневмоклапан (ЭПК)

4. Электромагнитные пневмоклапаны (ЭПК) дискретного действия типа ПР-Э 3,25 (рис. 6) предназначены для управления пневматическими цепями сигнализации и позиционного регулирования технологических параметров, в нашем случае – регулирования давления сжатого воздуха (исполнения н.о.) и продувки конденсата (исполнения н.з.).

#### Технические характеристики

ЭПК:

- климатическое исполнение – УХЛ4;
- диаметр условного прохода ( $D_u$ ), мм – 2,5;
- давление переключаемого сжатого воздуха ( $P_m$ ), МПа –  $\leq 1$ ;
- входной электрический сигнал, В –  $\sim 220$ ;
- расход воздуха,  $m^3/ч$  – 0,16;
- масса ЭПК, кг – 0,3.

5. Вентиль расходный (ВР) типа РРВ-2 (рис. 7) предназначен для задания расхода воздуха, подаваемого к пневмопотребителю из воздухохранилища (ресивера).



Рис. 7. Вентиль расходный

Технические характеристики ВР:

- давление на входе, МПа –  $\leq 1$ ;
- пропускная способность,  $m^3/ч$  – 0,25;
- количество выходов – 2;
- масса прибора, кг – 0,1.

### 4.4. Управляющее устройство

Управляющее устройство (УУ) системы автоматизации компрессорной установки состоит из универсального измерителя-регулятора ТРМ138 и микропроцессорного реле времени УТ24. Устройство, программирование функций и работа этих приборов детально описаны в [1, 3], а их применение и испыта-

ния на стенде САКУ – в методических указаниях к лабораторным работам в [2, 4].

Значения программируемых параметров регулятора ТРМ138 и реле времени УТ24, установленные при настройке УУ на выполнение функций контроля управления и регулирования компрессорной установки, представлены в приложениях П1 и П2.

## **5. ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД**

### **5.1. Размещение элементов системы на стенде**

Общий вид лабораторного стенда «Система автоматизации компрессорной установки» показан на рис. 8.

Размещение элементов стенда на лицевой панели изображено на рис. 9.

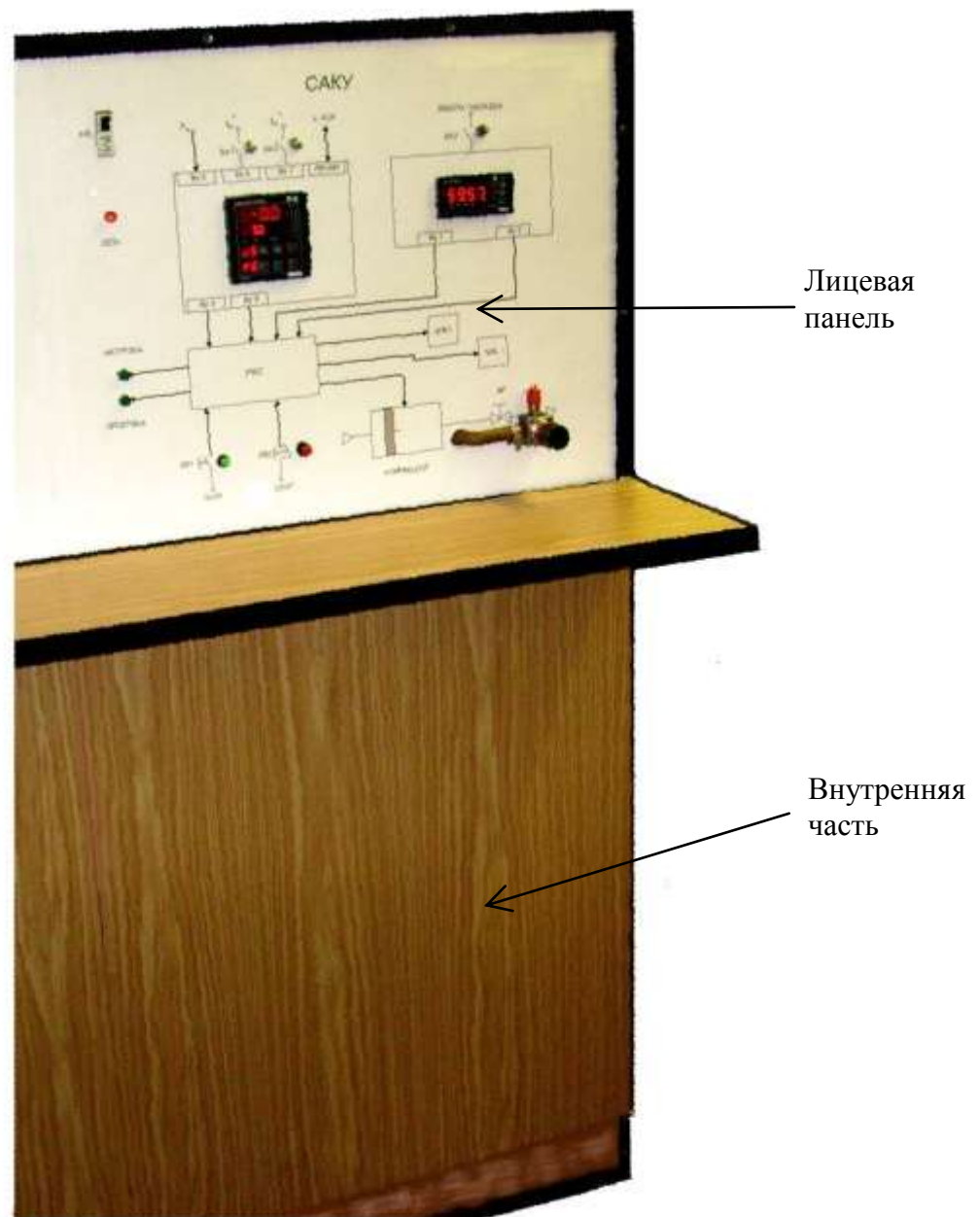


Рис. 8. Общий вид стенда САКУ

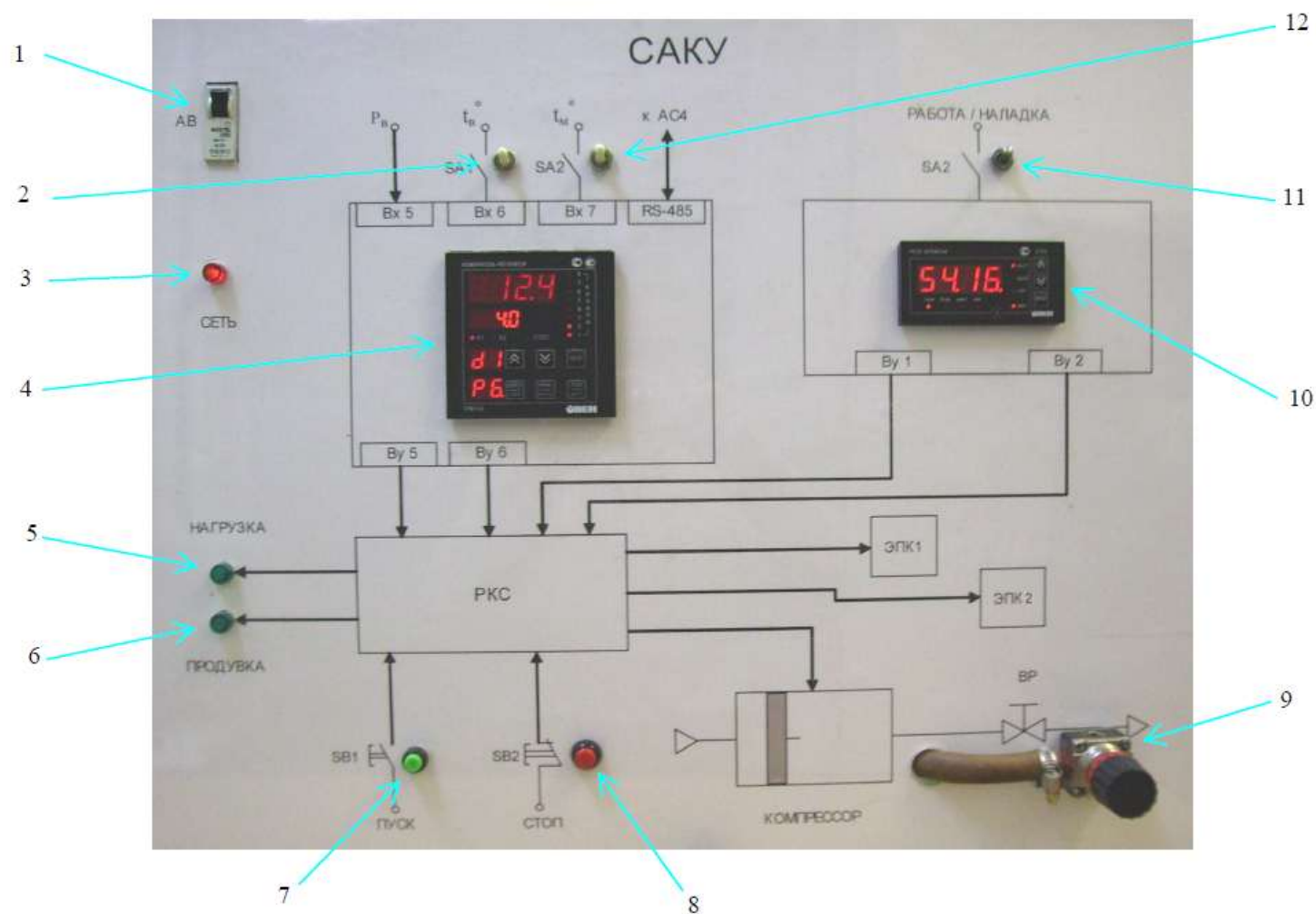


Рис. 9. Лицевая панель стенда САКУ

На лицевой панели стенда САКУ размещены следующие элементы:

- 1 – автоматический выключатель АВ;
- 2 – тумблер SA1 (имитация обрыва цепи датчика  $t^{\circ}_B$ );
- 3 – сигнальная лампа СЕТЬ;
- 4 – измеритель-регулятор ТРМ 138;
- 5 – сигнальная лампа НАГРУЗКА;
- 6 – сигнальная лампа ПРОДУВКА;
- 7 – кнопка SB1 – ПУСК;
- 8 – кнопка SB2 – СТОП;
- 9 – вентиль расходный ВР;
- 10 – реле времени УТ 24;
- 11 – тумблер SA3 (РАБОТА/НАЛАДКА);
- 12 – тумблер SA2 (имитация обрыва цепи датчика  $t^{\circ}_M$ ).

Размещение элементов стенда внутренней части изображено на рис. 10, где:

- 1 – преобразователь САПФИР-22М (измерение  $P_B$ );
- 2 – пробка масляная с дТС-50М (измерение  $t^{\circ}_M$ );
- 3 – компрессор;
- 4 – штуцер отбора давления воздуха на САПФИР;
- 5 – штуцер подключения продувки конденсата;
- 6 – дТС-50М (измерение  $t^{\circ}_B$ );
- 7 – штуцер подключения регулирования давления;
- 8 – указатель давления воздуха в ресивере;
- 9 – источник электропитания ИПБ-1;
- 10 – ЭПК 1 (регулирование давления воздуха);
- 11 – ЭПК 2 (продувка конденсата);
- 12 – магнитный пускатель электродвигателя компрессора.





Рис. 10. Элементы внутренней части стенда САКУ

## 5.2. ПЭС и схема соединений САКУ

Принципиальные электрические схемы (ПЭС) определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств (а также связь между ними), действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации.

На рис. 11 изображена ПЭС лабораторного стенда САКУ.

При включении автоматического выключателя QF в схему подается напряжение, загорается контрольная лампа HL1 (СЕТЬ).

При нажатии кнопки SB1 (ПУСК), через нормально закрытые контакты ВУ6 (ТРМ 138), SB2 (СТОП), SA3.1 и SA3.2 (РАБОТА/НАЛАДКА), срабатывает магнитный пускатель КМ и запитывается реле времени УТ 24. КМ своими контактами КМ1.1 и КМ1.2 включают мотор М компрессора, КМ2 – блокирует кнопку SB1, КМ3 – подготавливает цепь ВУ5 (ТРМ 138), УТ1 (УТ24) для регулирования давления воздуха электропневмоклапаном YA1 (ЭПК1 н.о.). О работе YA1 сигнализирует лампа HL2 (НАГРУЗКА).

Цепь УТ2 (УТ 24), YA2 (ЭПК2 н.з.) обеспечивает продувку конденсата, о чем сигнализирует лампа HL3 (ПРОДУВКА).

Тумблера SA1 и SA2 используются в схеме измерений ТРМ 138 при имитации обрыва датчиков, соответственно,  $t^{\circ}_{\text{В}}$  и  $t^{\circ}_{\text{М}}$ .

Отключение производится кнопкой SB2 (СТОП), либо контактом ВУ6 (при достижении предаварийных параметров) в автоматическом режиме.

Для выполнения монтажа системы автоматизации необходимы схемы соединений ее элементов. Они показывают проводные связи между элементами, маркировку соединительных проводов и места подключений. Схема соединений лабораторного стенда САКУ приведена на рис. 12 на ней изображены следующие элементы:

- САПФИР – преобразователь измерительный Сапфир-22М;
- ТСМ1 и ТСМ2 – термометры сопротивления типа дТС-50М;
- SA1, SA2, SA3 – тумблеры;
- ТРМ138-Р – измеритель-регулятор универсальный;
- УТ24 – микропроцессорное реле времени;
- ТРМ138-Р – измеритель-регулятор универсальный;
- УТ24 – микропроцессорное реле времени;

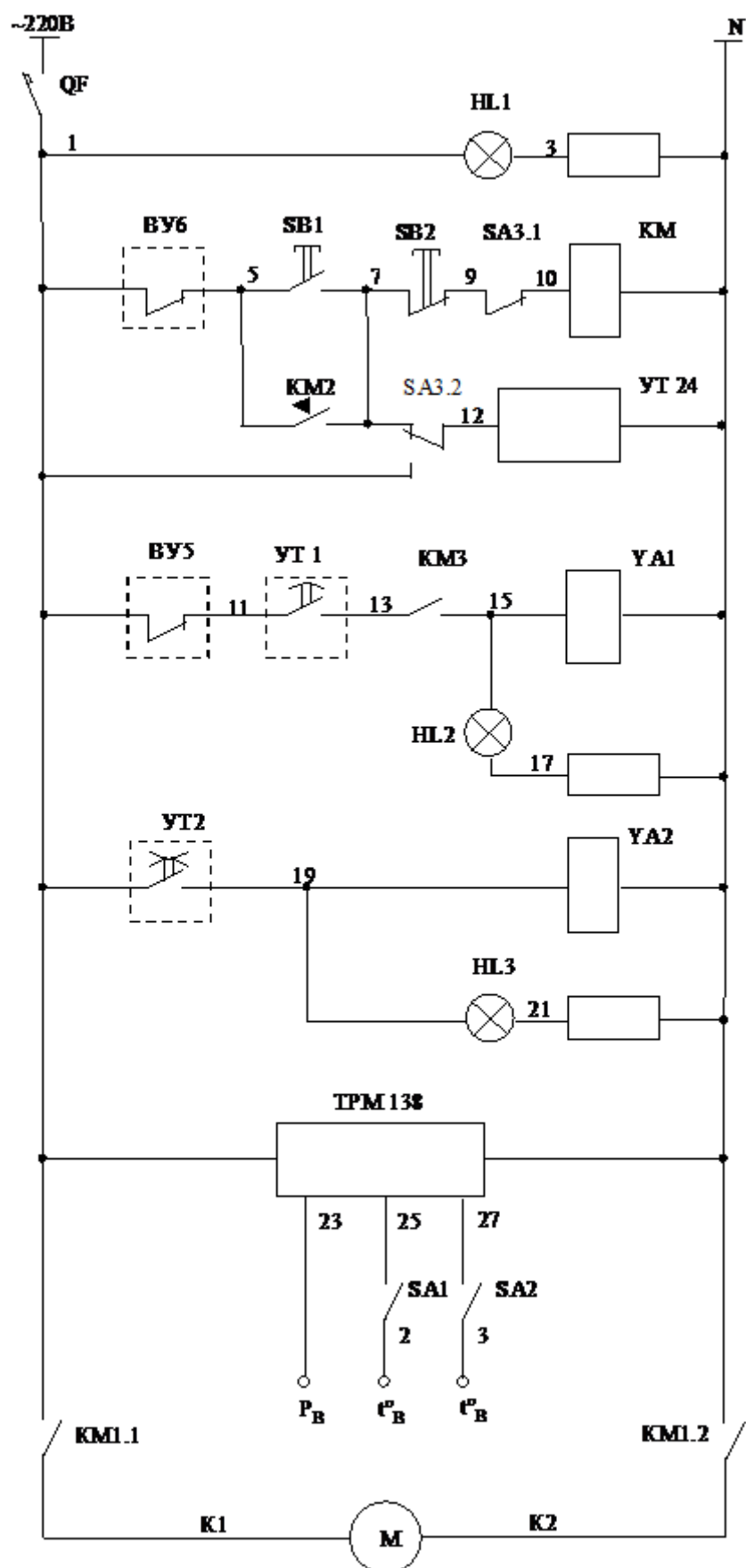


Рис. 11. ПЭС лабораторного стенда САКУ



HL1, HL2, HL3 – арматура светосигнальная;  
KM – электромагнитный пускатель;  
SB1, SB2 – кнопки управления ПУСК, СТОП;  
YA1, YA2 – электропневмоклапаны типа ПР-Э 3.25.

Монтаж электропроводки выполнен проводом типа ПВ1 сечения  $1,5 \text{ мм}^2$ .

### 5.3. Исследование системы

Порядок проведения лабораторной работы:

1. Перед началом работы следует убедиться в том, что на лицевой панели стенда тумблеры SA1 и SA2 (см. рис. 11) находятся во включенном состоянии («хвостики» вверх); тумблер SA3 выключен («хвостик» вниз); вентиль регулирующий ВР закрыт (см. по стрелке на рукоятке).

2. Включением автоматического выключателя АВ подать электропитание на стенд САКУ. При этом загораются цифровые индикаторы на ТРМ 138 и контрольная лампа СЕТЬ.

3. **Запуск компрессора** происходит при нажатии кнопки SB1 (ПУСК): включается компрессор и начинает отработывать программу (рис. 13) реле времени УТ24 (загорается цифровой индикатор на нем). О состоянии контактов реле времени можно судить по светодиодам Вых.1 и Вых.2 на его лицевой панели: горит – замкнуто, не горит – разомкнуто. При этом на цифровом индикаторе отображается время, оставшееся до конца цикла выбранного канала. Первый канал реле времени управляет клапаном ЭПК1 (при пуске осуществляет режим холостого хода компрессора в течение заданного времени  $T_X$ ). Вторым канал управляет клапаном ЭПК2 (осуществляет управление продувкой конденсата через заданные промежутки времени  $T_B, T_{II}$ ).

При продувке конденсата слышен характерный щелчок срабатывания клапана ЭПК2, шум стравливаемого воздуха и загорается лампа ПРОДУВКА на лицевой панели стенда (рис. 9).

Задание студентам по работе реле времени УТ24: произвести замеры времени  $T_{II}$  и  $T_B$  и нарисовать график работы каналов УТ24 и сравнить с параметрами его уставок.

**Автоматическое поддержание давления воздуха в воздухо-сборнике.** При работе компрессора необходимо подобрать расход

воздуха через вентиль расходный ВР таким образом, чтобы частота срабатывания электромагнитного пневмоклапана ЭПК1 (при его включении раздается характерный щелчок, прекращается звук стравливаемого воздуха и загорается лампа НАГРУЗКА на лицевой панели стенда) составляла один раз в 4–8 секунд.

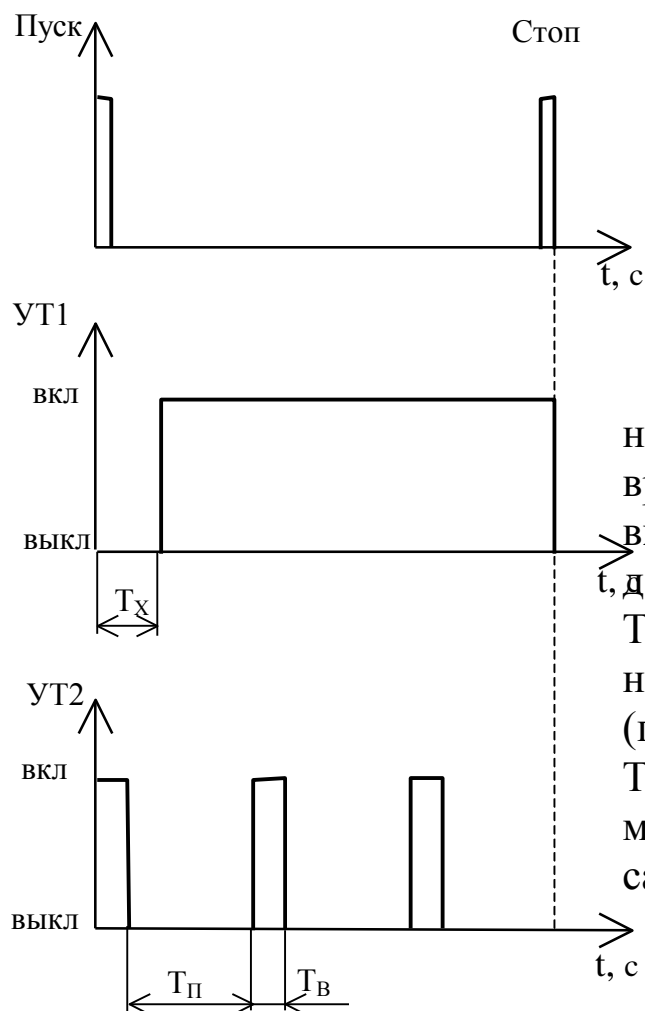





Рис. 13. Параметры настройки Т24:  $T_x = 10$  с – время работы компрессора вхолостую при запуске (задержка включения ЭПК1);  $T_b = 3$  с – время включенного состояния ЭПК2 (продувка конденсата);  $T_{\Pi} = 4$  мин – время паузы между продувками конденсата (ЭПК2 закрыт)

Этап 1. Переключить ТРМ 138 (см. рис. 9) кнопкой  с циклического режима в статический (при этом загорится светодиод

СТОП). Кнопками  и  выбрать канал датчика d5 ( $P_B$  – давление воздуха) на цифровом индикаторе ЦИ-3. На ЦИ-1 будет отображаться значение давления воздуха в воздухосборнике (в реальном времени), на ЦИ-2 – значение уставки регулирования ( $3 \text{ кгс/м}^2$ ), светодиод К1 будет сигнализировать (светится при включении) о состоянии выходного устройства ВУ5 (Р5), обозначенного на ЦИ-4, а так

же горит светодиод КАНАЛ 5 (показывающий номер связанного логического устройства ЛУ). При превышении уставки давления срабатывает выходное устройство ВУ5 (Р5), загорается светодиод К1 и обесточивается н.о. электропневмоклапан ЭПК1, гаснет лампа НАГРУЗКА и слышится шум стравливаемого воздуха.

При снижении давления сжатого воздуха ниже заданного значения ВУ (Р5) замыкает свой контакт, гаснет светодиод К1, включается клапан ЭПК1 и стравливание воздуха прекращается. На рис. 14 изображены график изменения давления воздуха в ресивере и график состояния клапана ЭПК1.

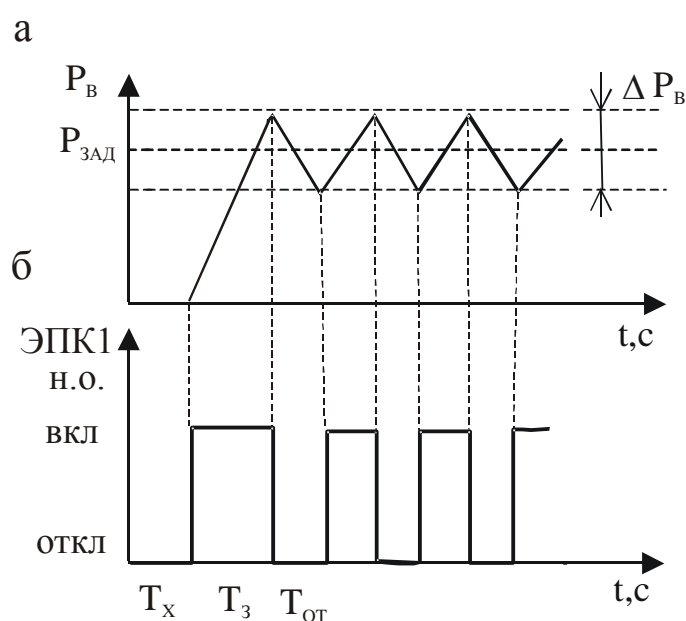




Рис. 14. Графики регулирования давления (а) и работы ЭПК1 (б):  $T_x$  – время холостого хода компрессора при пуске;  $T_{от}$  – время открытого состояния ЭПК1;  $T_з$  – время закрытого состояния ЭПК1;  $\Delta P_{в}$  – зона гистерезиса ЛУ

Задание студентам: снять показания давления воздуха и значения времени  $T_{от}$  и  $T_з$ , нарисовать графики изменения давления воздуха и состояния клапана ЭПК1 в реальном времени.

Этап 2. Изменить расход воздуха через вентиль ВР и повторить этап 1. Сравнить полученные значения и графики обоих этапов. Сделать выводы.

4. Аварийное отключение компрессора. Кнопками  и  на лицевой панели ТРМ 138 переводим показания индикаторов ЦИ-3 в  $d_b$  ( $t^\circ_{в}$ ), на ЦИ-1 – отобразиться значение температуры воздуха в ресивере, на ЦИ-2 – значение уставки аварийного отключения, на ЦИ-4 – номер выходного устройства ВУ (Р6), и засвечен светодиод КАНАЛЫ 7 (номер ЛУ). Выключаем тумблер SA1 (имитация обрыва


датчика). При этом после задержки времени происходит полный останов компрессорного агрегата. Включается мигающая засветка светодиода КАНАЛЫ 7, на ЦИ-1 выводится заставка с указанием порядкового номера неисправного датчика (d - - 6). Кроме того на ЦИ-2 выводится сообщение о причине неисправности ( - - - - ). Перечень причин неисправностей датчиков приведен в табл. 1.

Таблица 1


Причина неисправности	Сообщение на ЦИ-2
Короткое замыкание ТС	0.0.0.0.
Обрыв ТС или ТП	- - - -
Выход ТС, ТП или активного датчика за нижнюю границу диапазона контроля (кроме типов 11, 12, 13 по табл.П3.2)	LLLL
Выход ТС, ТП или активного датчика за верхнюю границу диапазона контроля	HHHH
Перегрев свободных концов ТП	OtCL
Отказ измерительного устройства	AdEr
Заданный в параметре <b>C.in (PL-2)</b> номер датчика программно отключен установкой <b>in-t (PL-2) = oFF</b>	in.oF

Проверка отключения компрессора по обрыву датчика температуры масла (на ЦИ-3 – «d7») проходит аналогично при помощи тумблера SA2.

Для проверки отключения компрессора по превышению аварийного значения давления воздуха переключаем ЦИ-3 в индикацию d5, ЦИ-4 – P5, КАНАЛЫ ЛУ5. Переводим ЛУ5 в ручное управление

кратковременным нажатием кнопки  на лицевой панели ТРМ 138 и контролируем перевод по появлению мигающей засветки на инди-

каторе ЦИ-4. После этого отключаем ВУ (P5) кнопками  или

, отключении ВУ (P5) контролируем по прекращению засветки светодиода К1. После отключения ВУ (P5) (контакт реле н.з.) закрывается клапан ЭПК1 – давление воздуха в компрессоре начинает увеличиваться. Достигнув значения аварийной уставки (5 кгс/м<sup>2</sup>) ТРМ138 своим контактом отключит электромагнитный контактор



КМ – компрессор остановится. Световая индикация о достижении аварийного значения давления аналогична индикации при обрыве датчика. Перевод ЛУ5 и ВУ5 в режим автоматического управления



производится нажатием кнопки и контролируется по снятию мигающей засветки ЦИ-4.

5. Останов компрессора в штатном режиме осуществляется нажатием кнопки СТОП (SB2) на лицевой панели стенда. При этом откроется клапан ЭПК1 и закроется – ЭПК2.

По окончании работы на стенде необходимо вернуть управляющие органы в исходное состояние и отключить напряжение автоматическим выключателем АВ, должны погаснуть все цифровые индикаторы на ТРМ138 и сигнальная лампа СЕТЬ.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состав и функции системы управления компрессорной установки.
2. Назначение и технические характеристики датчиков системы.
3. Поясните схему конфигурации прибора ТРМ138.
4. Параметры настройки процесса двухпозиционного регулирования давления сжатого воздуха.
5. Временные параметры настройки УТ24, определяющие операции пуска компрессора и продувки ресивера.
6. По каким параметрам в системе осуществляется автоматическая защита (аварийное отключение компрессора)?
7. Как изменяются частота колебаний регулируемой величины  $P_v(t)$  при увеличении нагрузки компрессора (расхода воздуха)?
8. Назначение цифровых и световых индикаторов лицевой панели ТРМ138.
9. Назначение цифровых и световых индикаторов лицевой панели УТ24.
10. Назначение и работа принципиальной электрической схемы (ПЭС) стенда САКУ.
11. Назначение схемы соединений элементов САКУ.
12. Назначение и технические характеристики электропневмоклапанов в САКУ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Руководство по эксплуатации измерителя-регулятора универсального восьмиканального ТРМ138. – Москва: НПО ОБЕН, 2005. – 58 с.
2. Паспорт и руководство по эксплуатации реле времени УТ24. – Москва: НПО ОБЕН, 2005. – 52 с.

## Параметры пользователя настроек регулятора ТРМ 138

В качестве исходной принята стандартная конфигурация Pr 5 [1]: восьмиканальный двухпозиционный регулятор с датчиками типа ТСМ 50М.

Разработанная конфигурация представлена на рис. П.1.

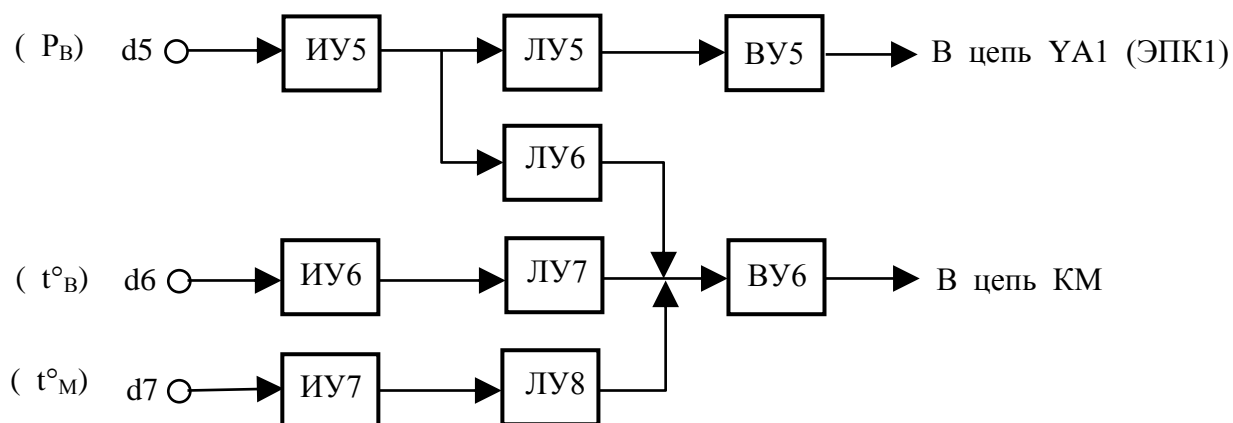


Рис. П.1. Конфигурация ТРМ 138:

ИУ, ЛУ, ВУ – устройства измерительное, логическое и выходное функциональной схемы прибора [1, 3]

### Параметры пользователя ЛУ5:

- заданное значение контролируемого параметра (уставки) (C.SP) – 3;
- зона гистерезиса компаратора (HYSt) – 0,001;
- зона оперативного изменения уставки ( C.SP.o) – 0;
- минимальное время удержания ВУ во включённом состоянии (Ht.on) – 0;
- минимальное время удержания ВУ в выключенном состоянии (Ht.of) – 0;
- время задержки включения ВУ (dL.on) – 0;
- время задержки выключения ВУ (dL.of) – 0;
- блокировка выхода в начале работы (bl.St) – 0;
- состояние ЛУ при аварии (Er.St) – 0;

### Продолжение П1

- входной сигнал ЛУ (C.in) – 5;
- положение запятой на цифровом индикаторе (dP\_\_) – 1;
- нижняя граница параметра при его регистрации (Ao.L) – 0;
- верхняя граница параметра при его регистрации (Ao.H) – 6;
- позиционный номер выходного устройства (C.dr) – 5;
- заданное время для аварии LBA (C.Lbt) – 0;
- минимальный уровень изменения входного параметра для аварии LBA (C.LbA) – 0,1;
- выходная характеристика ЛУ (AI.t) – 2;
- предупредительная сигнализация о включении ВУ (AL.oy) – 1.

### Параметры пользователя ЛУ6:

- заданное значение контролируемого параметра (уставки) (C.SP) – 5;
- зона гистерезиса компаратора (HYSt) – 0,01;
- зона оперативного изменения уставки (C.SP.o) – 0;
- минимальное время удержания ВУ во включённом состоянии (Ht.on) – 1;
- минимальное время удержания ВУ в выключенном состоянии (Ht.of) – 1;
- время задержки включения ВУ (dL.on) – 0;
- время задержки выключения ВУ (dL.of) – 0;
- блокировка выхода в начале работы (bl.St) – 0;
- состояние ЛУ при аварии (Er.St) – 1;
- входной сигнал ЛУ (C.in) – 5;
- положение запятой на цифровом индикаторе (dP\_\_) – 1;
- нижняя граница параметра при его регистрации (Ao.L) – 0;
- верхняя граница параметра при его регистрации (Ao.H) – 6;
- позиционный номер выходного устройства (C.dr) – 6;
- заданное время для аварии LBA (C.Lbt) – 0;
- минимальный уровень изменения входного параметра для аварии LBA (C.LbA) – 1;
- выходная характеристика ЛУ (AI.t) – 2;
- предупредительная сигнализация о включении ВУ (AL.oy) – 0

**Параметры пользователя ЛУ7:**

- заданное значение контролируемого параметра (уставки) (C.SP) – 40;
- зона гистерезиса компаратора (HYSt) – 1;
- зона оперативного изменения уставки ( C.SP.o) – 0;
- минимальное время удержания ВУ во включённом состоянии (Ht.on) – 1;
- минимальное время удержания ВУ в выключенном состоянии (Ht.of) – 1;
- время задержки включения ВУ (dL.on) – 0;
- время задержки выключения ВУ (dL.of) – 0;
- блокировка выхода в начале работы (bl.St) – 0;
- состояние ЛУ при аварии (Er.St) – 1;
- входной сигнал ЛУ (C.in) – 6;
- положение запятой на цифровом индикаторе (dP\_\_) – 1;
- нижняя граница параметра при его регистрации (Ao.L) – 0;
- верхняя граница параметра при его регистрации (Ao.H) – 50;
- позиционный номер выходного устройства (C.dr) – 6;
- заданное время для аварии LBA (C.Lbt) – 0;
- минимальный уровень изменения входного параметра для аварии LBA (C.LbA) – 1;
- выходная характеристика ЛУ (AI.t) – 2;
- предупредительная сигнализация о включении ВУ (AL.oy) – 0.

**Параметры пользователя ЛУ8:**

- заданное значение контролируемого параметра (уставки) (C.SP) – 50;
- зона гистерезиса компаратора (HYSt) – 1;
- зона оперативного изменения уставки ( C.SP.o) – 0;
- минимальное время удержания ВУ во включённом состоянии (Ht.on) – 1;
- минимальное время удержания ВУ в выключенном состоянии (Ht.of) – 1;
- время задержки включения ВУ (dL.on) – 0;
- время задержки выключения ВУ (dL.of) – 0;
- блокировка выхода в начале работы (bl.St) – 0;
- состояние ЛУ при аварии (Er.St) – 1;

## Окончание П1

- входной сигнал ЛУ (C.in) – 7;
- положение запятой на цифровом индикаторе (dP\_\_) – 1;
- нижняя граница параметра при его регистрации (Ao.L) – 0;
- верхняя граница параметра при его регистрации (Ao.H) – 100;
- позиционный номер выходного устройства (C.dr) – 6;
- заданное время для аварии LBA (C.Lbt) – 0;
- минимальный уровень изменения входного параметра для аварии LBA (C.LbA) – 1;
- выходная характеристика ЛУ (Al.t) – 2;
- предупредительная сигнализация о включении ВУ (AL.oy) – 0.

## Приложение П2

### Параметры пользователя настроек реле времени УТ 24

#### Параметры пользователя таймера 1:

- номер таймера (Cn) – 1;
- количество исполняемых шагов цикла (StnX) – 1;
- время задержки начала выполнения программы (tXdl) – 10;
- приращение длительности импульса (dXon) – 0;
- приращение длительности паузы (dXof) – 0;
- количество циклов в программе (nX) – 1;
- режим индикации выбранного канала (IndX) – 2;
- состояние селектора входа (Inp) – 7;
- режим перезапуска таймера (rESt) – 1;
- защита от несанкционированного изменения параметров (SEC) – 1;
- коррекция точности отсчёта (Corr) – 100;
- контроль питания (InIt) – 1;
- номер выполняемого шага (SttX) – 1;
- время включения состояния таймера (tXon) – 1 час;
- время выключения состояния таймера (tXof) – 0.

#### Параметры пользователя таймера 2:

- номер таймера (Cn) – 2;
- количество исполняемых шагов цикла (StnX) – 1;
- время задержки начала выполнения программы (tXdl) – 0;
- приращение длительности импульса (dXon) – 0;

- приращение длительности паузы (dXof) – 0;
- количество циклов в программе (nX) – CYCL;
- режим индикации выбранного канала (IndX) – 2;
- состояние селектора входа (Inp) – 7;
- режим перезапуска таймера (rESt) – 1;
- защита от несанкционированного изменения параметров (SEC) – 1;
- коррекция точности отсчёта (Corr) – 100;
- контроль питания (InIt) – 1;
- номер выполняемого шага (SttX) – 1;
- время включения состояния таймера (tXon) – 3 с;
- время выключения состояния таймера (tXof) – 4 мин.